Miguel Thompson
Eloci Peres Rios

Walter Spinelli
Hugo Reis
Blaidi Sant'Anna

Vera Lúcia Duarte de Novais
Murilo Tissoni Antunes

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.
Código da coleção:
0199P21203
Código da obra:
0199P21203138

CONEXÕES

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Universo, materiais e evolução

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

MODERNA

MODERNA

MIGUEL THOMPSON
Doutor em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Ciências (Biologia) pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Professor.

ELOCI PERES RIOS
Doutora em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Mestra em Ciências (Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professora.

WALTER SPINELLI
Doutor em Educação (Área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Educação (Área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo. Professor.

HUGO REIS
Doutor em Ciências (Área de concentração: Física de Partículas Elementares) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências (Área de concentração: Física de Partículas Elementares) pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor.

BLAIDI SANT'ANNA
Licenciado em Física pela Universidade de São Paulo. Diretor, coordenador pedagógico e professor.

VERA LÚCIA DUARTE DE NOVAIS
Mestre em Educação (Área de concentração: Currículo) pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Bacharela e licenciada em Química pela Universidade de São Paulo. Professora.

MURILO TISSONI ANTUNES
Licenciado em Química pela Universidade de São Paulo. Professor.

CONEXÕES

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Universo, materiais e evolução

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

Coordenação geral: Maria do Carmo Fernandes Branco
Edição executiva: Glaucia Teixeira, Rita Helena Bröckelmann
Edição: Thiago Macedo de Abreu Hortêncio, Daniel Hohl, Luiz Alberto de Paula, Kátia Paulilo Mantovani, Juliana Albuquerque, Ana Carolina de Almeida Yamamoto, Lara Vieira Leite, Paula Hirata
Assessoria didático-pedagógica: Fernando Luis Leite Carreiro, Priscilla Andressa de Sousa Silva, Luciana Keler Machado, Luiz Guilherme Basílio de Novais
Preparação: Vero Verbo Serviços Editoriais
Assistência editorial: Elizangela Gomes Marques
Gerência de *design* e produção gráfica: Everson de Paula
Coordenação de produção: Patricia Costa
Suporte administrativo editorial: Maria de Lourdes Rodrigues
Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite
Projeto gráfico: Bruno Tonel
Capa: Daniela Cunha
Ilustrações: Otávio dos Santos, Daniela Cunha
IhorZigor/Shutterstock; Sazhnieva Oksana/Shutterstock; A-spring/Shutterstock
Coordenação de arte: Aderson Oliveira, Wilson Gazzoni
Edição de arte: Marcel Hideki Yonamine, Eliazar Alves Cavalcanti Junior, Nilza Shizue Yoshida
Editoração eletrônica: Setup Bureau Editoração Eletrônica
Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo
Coordenação de revisão: Camila Christi Gazzani, Elaine Cristina del Nero, Maristela S. Carrasco
Revisão: Ana Maria Marson, Fausto Barreira, Márcio Della Rosa, Nilce Xavier, Salvine Maciel, ReCriar Editorial, Renato da Rocha
Coordenação de pesquisa iconográfica: Sônia Oddi, Luciano Baneza Gabarron
Pesquisa iconográfica: Fabiana Nogueira, Enio Lopes, Vanessa Trindade, Márcia Mendonça, Camila D'Angelo, Renata Martins
Suporte administrativo editorial: Flávia Bosqueiro
Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues
Tratamento de imagens: Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa
Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro
Impressão e acabamento:

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

Conexões : ciências da natureza e suas tecnologias : manual do professor / Miguel Thompson ... [et al.]. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Outros autores: Eloci Peres Rios, Walter Spinelli, Hugo Reis, Blaidi Sant'Anna, Vera Lúcia Duarte de Novais, Murilo Tissoni Antunes
Área do conhecimento: Ciências da natureza e suas tecnologias
Obra em 6 vol.
Conteúdo: Matéria e energia -- Energia e ambiente -- Saúde e tecnologia -- Conservação e transformação -- Terra e equilíbrios -- Universo, materiais e evolução

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio) I. Thompson, Miguel. II. Rios, Eloci Peres. III. Spinelli, Walter. IV. Reis, Hugo. V. Sant'Anna, Blaidi. VI. Novais, Vera Lúcia Duarte de. VII. Antunes, Murilo Tissoni

20-39326 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

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

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
Todos os direitos reservados

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

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

MODERNA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

SUMÁRIO

Orientações gerais

Introdução ..... **IV**

Legislação educacional ..... **IV**

A BNCC do Ensino Médio e as áreas de conhecimento V

Interdisciplinaridade V

As competências e habilidades segundo a BNCC VI

A BNCC e as culturas juvenis VII

Temas contemporâneos transversais (TCTs) VIII

Pressupostos teórico-metodológicos ..... **IX**

A contextualização e a problematização em Ciência e Tecnologia IX

O tratamento matemático XI

A experimentação XII

A segurança no laboratório de Ciências XII

O papel do professor XIII

Trabalho em grupo: como e quando fazer XIV

Estudantes de diferentes perfis: como lidar XV

Trabalhando temáticas de direitos humanos, inclusão e respeito ao longo do ano XV

As TDICs e a educação XVII

O pensamento computacional XVII

Planejamento de aula ..... **XVIII**

Cronogramas XIX

Organização bimestral XIX

Organização trimestral XIX

Organização semestral ou anual XIX

Avaliação ..... **XIX**

Tipos de avaliação e avaliações para diferentes perfis XXI

Avaliação referente a norma XXI

Avaliação referente a critério XXI

Avaliação somativa XXI

Avaliação formativa XXI

Avaliação personalizada XXI

Organização da obra ..... **XXII**

Estruturação de cada volume ..... **XXII**

Ponto de partida XXII

Para começo de conversa XXII

Interligações XXII

Caixa de ferramentas XXII

Atividades XXII

Atividades práticas XXIII

Atenção XXIII

Comunicando ideias XXIII

Fique por dentro XXIII

Atividades finais XXIII

Próximos passos XXIII

Ponto final XXIII

Bibliografia ..... **XXIV**

Orientações específicas ..... **XXVII**

MODERNA

Introdução

Este **Suplemento do Professor** propõe-se a contribuir para um melhor aproveitamento da obra e para a contínua formação dos professores nos termos dos aspectos didático-pedagógicos do ensino, possibilitando atualização e reflexão sobre as práticas de ensino. Para tanto, são descritos a organização geral da coleção, as estratégias e os recursos de ensino, os pressupostos teóricos que a fundamentam e os objetivos da proposta didático-pedagógica da obra. Além disso, oferece orientações que buscam concretizar o trabalho por área de conhecimento na escola, com possibilidades de articular os conteúdos dos volumes entre si, com outros componentes curriculares e com outras áreas do conhecimento.

No material, diferentes instrumentos de avaliação são apresentados ao professor como possibilidade de utilização ao longo do processo de ensino e aprendizagem. E ainda são oferecidos recursos complementares na forma de indicações de *sites*, livros e filmes e de atividades de ampliação temática que não constam no **Livro do Estudante**.

Legislação educacional

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica e, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional-LDB (Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996), tem como pressuposto desenvolver no estudante uma formação "indispensável para o exercício da cidadania", além de "fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores" (art. 22).

Com a finalidade de alcançar tais objetivos, desde 2009, o MEC implantou o Programa Ensino Médio Inovador-ProEMI (instituído pela Portaria nº 971, de 9 de outubro de 2009), que busca integrar as ações do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), com a intenção de apoiar e fortalecer propostas inovadoras em termos curriculares, que atendam às expectativas e demandas dos estudantes e às necessidades da atual sociedade, de modo a promover melhorias na qualidade do Ensino Médio.

O ProEMI responde à necessidade de traçar políticas educacionais para os adolescentes e jovens propondo um Ensino Médio cujas políticas estejam afinadas com uma organização curricular para o desenvolvimento de ações que promovam uma educação científica e humanística em que se valoriza a cultura, a relação teoria-prática, o uso de recursos de tecnologia e estratégias que prezam pelo desenvolvimento da autonomia intelectual.

Na edição mais recente do ProEMI, tem-se buscado compatibilidade entre as diretrizes e metas do Plano Nacional de Educação (2014-2024) – PNE (Lei nº 13.005/2014) e a reestruturação proposta para o Ensino Médio apresentada na Medida Provisória nº 746, instituída em 22 de setembro de 2016. Nessa nova proposta curricular, a organização dos arranjos curriculares depende do contexto local, sendo formados segundo as orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e dos itinerários formativos. Isso foi regulamentado pela Lei nº 13.415 de 16 de fevereiro de 2017, que alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. A organização das etapas do Ensino Médio ficou definida como apresentada no quadro a seguir.

Estrutura do Novo Ensino Médio

FORMAÇÃO GERAL BÁSICA

- Carga horária total máxima até 1.800 horas
- Baseada na BNCC EM que define as competências e habilidades das áreas de conhecimento
- Possibilidade de interdisciplinaridade entre as áreas do conhecimento

Áreas de conhecimento

- Linguagens e suas Tecnologias
- Matemática e suas Tecnologias
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias
- Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

ITINERÁRIOS FORMATIVOS

Áreas de conhecimento e Formação Técnica e Profissional

- Linguagens e suas Tecnologias
- Matemática e suas Tecnologias
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias
- Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
- Formação Técnica e Profissional

Eixos Estruturantes

- Investigação Científica
- Processos Criativos
- Mediação e Intervenção Sociocultural
- Empreendedorismo

- Carga horária total mínima de 1.200 horas.
- As redes ofertarão itinerários formativos de acordo com suas possibilidades e os alunos poderão escolhê-los conforme seus interesses.
- Os itinerários serão organizados a partir de combinações entre as áreas de conhecimento, a formação técnica e profissional e os eixos estruturantes, formando múltiplas possibilidades para serem ofertadas.

Fontes: TODOS PELA EDUCAÇÃO. *Ensino Médio*: reestruturação da proposta de escola. Disponível em: <https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2020/09/Grafica-07-02-2020.pdf>; CONSELHO NACIONAL DE SECRETARIAS DE EDUCAÇÃO. *Guia de implementação do Novo Ensino Médio*. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br/resources/downloads/pdf/Guia.pdf>. Acessos em: 12 abr. 2021.

Com isso, considera-se a perspectiva de uma formação integral dos estudantes no que se refere aos aspectos físicos, cognitivos e socioeconômicos.

Esta coleção assume os princípios orientadores da legislação educacional brasileira, atentando para as recentes mudanças apontadas pelas discussões a respeito da qualidade no Ensino Médio e para a importância da conclusão da Educação Básica. Entende-se que, nesta etapa da escolarização, consolida-se o preparo dos estudantes para a vida, sua qualificação para a cidadania e sua capacitação para o aprendizado permanente, de modo que prossigam seus estudos e entrem no mundo do trabalho.

Este material busca colaborar com a atualização formativa do professor e propõe uma organização curricular com a intenção de alcançar os objetivos esperados para esta etapa do ensino, em termos das aprendizagens essenciais que, aos estudantes, devem ser garantidas em todas as etapas da Educação Básica. Ele foi concebido para os quatro campos de conhecimento: trabalho, ciência, cultura e tecnologia, para que os estudantes ampliem sua visão a respeito de aspectos sociais, econômicos e políticos.

A BNCC do Ensino Médio e as áreas de conhecimento

A Base Nacional Comum Curricular é o documento normativo mais recente da educação brasileira e visa orientar a organização do currículo a ser desenvolvido pelas escolas ao longo da Educação Básica. Essa norma foi apresentada como um "conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais" (MEC, 2017, art. 1, p. 50) que todos os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica escolar. Entendida como um documento que pretende conduzir as equipes pedagógicas na construção dos currículos locais, a BNCC não deve ser compreendida como o currículo em si, mas como uma ferramenta normativa que visa instruir a construção de um currículo que possibilitará uma formação humana e integral dos estudantes.

Para a etapa do Ensino Médio, a BNCC define as aprendizagens fundamentais para o desenvolvimento dos estudantes, preparando-os para o exercício de sua cidadania e qualificando-os para o trabalho. No artigo 2º da Resolução nº 4 de 17 de dezembro de 2018, são apresentadas as aprendizagens essenciais, sendo elas "conhecimentos, habilidades, atitudes, valores e a capacidade de os mobilizar, articular e integrar" (BRASIL, 2018, p. 2). A intenção é que essas aprendizagens sejam expressas na forma de competências que, no artigo 3º do mesmo documento, são definidas como "a mobilização de conhecimento (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas cognitivas e socioemocionais), e atitudes e valores, para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho" (BRASIL, 2018, p. 3-4).

A organização da BNCC do Ensino Médio é por áreas do conhecimento, sendo que o currículo desta etapa do processo de escolarização deve ser fomentado com o "contexto histórico, econômico, social, ambiental, cultural local, do mundo do trabalho e da prática social" (art. 10), implicando o fortalecimento da contextualização para a compreensão dos fenômenos. A sistematização dos conteúdos entrelaçando diferentes áreas de conhecimentos possibilita o diálogo entre os saberes dos componentes curriculares que as constituem enquanto área e favorece o entendimento dos fenômenos de estudo, considerando suas complexidades. Dessa forma, ainda que se tenha uma intersecção na formação dos estudantes, as especificidades e os saberes próprios de cada uma delas são preservados.

Para cada área de conhecimento prevista para o Ensino Médio, são descritas as competências específicas que devem ser desenvolvidas ao longo dessa etapa de ensino. A organização do currículo por área não desconsidera o papel e a importância de cada disciplina (ou componente curricular), mas considera fundamentalmente o diálogo entre elas e as relações interdisciplinares.

Interdisciplinaridade

O trabalho interdisciplinar pressupõe uma prática pedagógica em que o conteúdo específico de cada disciplina não é propriedade reservada, exclusiva dela, pois esse mesmo conteúdo pode receber as contribuições de outras disciplinas. Nesse contexto, é importante que o planejamento da sequência de ensino seja feito não apenas individualmente pelos professores, mas que também haja um planejamento coletivo entre os professores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e os das outras áreas do conhecimento, construído de forma cooperativa, pensando nas necessidades dos estudantes.

Desta forma, a interdisciplinaridade busca superar a fragmentação das disciplinas, sem desconsiderar a importância de cada uma delas. Para os estudantes não é diferente, pois essa abordagem do conhecimento provoca neles a percepção de que existe uma relação entre as disciplinas; por isso, podemos dizer que temos áreas de conhecimento, possibilitando um estudo com conexão, relação.

Com relação à interdisciplinaridade, a resolução CNE/CEB nº 3/98 orienta as escolas ao mencionar que:

> II – o ensino deve ir além da descrição e procurar constituir nos alunos a capacidade de analisar, explicar, prever e intervir, objetivos que são mais facilmente alcançáveis se as disciplinas, integradas em áreas de conhecimento, puderem contribuir, cada uma com sua especificidade, para o estudo comum de problemas concretos, ou para o desenvolvimento de projetos de investigação e/ou de ação.

No caso específico da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, o documento normativo orienta para a análise dos fenômenos naturais e dos processos tecnológicos, a elaboração de argumentos para explicar as situações-problema e a tomada de decisões éticas e responsáveis, "utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais, nacionais 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)" (art. 11).

A ciência e a tecnologia são indispensáveis para o desenvolvimento da sociedade. Elas estão presentes em todos os setores produtivos, desde a extração de materiais da natureza até o processamento dos produtos finais. São também determinantes na área da saúde, dos transportes, da educação e da cultura. Diversos objetos, como os celulares, equipamentos eletrônicos e uma infinidade de utensílios de plástico, metais, cerâmicas, entre outros, estão cada vez mais inseridos em nosso dia a dia e têm influenciado nosso modo de vida.

EM ABERTURA

Debater essa questão e a forma como a produção, o consumo e o descarte de materiais têm provocado impactos ambientais e sociais já justificam o seu estudo no Ensino Médio.

A dificuldade principal do currículo fragmentado em disciplinas é reduzir o ensino à exposição oral dos conteúdos factuais e ao material informativo do livro didático, sem considerar o processo de investigação, os modos de pensar a que as disciplinas recorrem, a funcionalidade desses conteúdos para a análise de problemas e situações concretas e para a vida cotidiana. É daí que se postula que uma atitude interdisciplinar mobiliza o professor a transitar do conhecimento integrado ao especializado e deste ao integrado, do território da disciplina às suas fronteiras e vice-versa.

Conhecer as necessidades do passado, do presente e do futuro requer mais do que especialização em um único campo do saber, pois demanda versatilidade, harmonizando formação especializada com saberes que requerem sólida cultura geral e grande capacidade de aprender (autoaprendizagem). Nessa mesma concepção, a interdisciplinaridade consiste em metodologia de ensino, o que implica a postura de um professor que não fica fechado em seu campo de conhecimento, reconhecendo nos demais a possibilidade de aprender e interagir, o que inclui uma postura de humildade, reconhecendo-se um eterno estudante que pouco sabe, diante do imenso universo de conhecimentos que cresce diariamente de modo exponencial. Na interação com outros professores, a integração pode se dar de modo recíproco, o que inclui objetivos, conceitos, conteúdos – temas de projeto com olhares disciplinares distintos –, estratégias, recursos e formas de organização e sistematização de procedimentos.

Atitude interdisciplinar

A atitude interdisciplinar requer uma mudança conceitual no pensamento e na prática docentes, pois os estudantes não conseguirão pensar interdisciplinarmente se o professor lhes oferecer um saber fragmentado e descontextualizado. Uma mudança de atitudes dos professores diante da rigidez da organização disciplinar implica compreender a prática da interdisciplinaridade em três sentidos: como atitude, como forma de organização administrativa e pedagógica e como prática curricular (LIBÂNEO, 2007).

A organização escolar interdisciplinar é um modo de efetivar a atitude interdisciplinar que se expressa na elaboração coletiva do projeto pedagógico e nas práticas de organização da escola. Como prática curricular, há muitas formas de viabilização, conforme as sugestões a seguir.

- Reunir disciplinas cujos conteúdos permitam tratamento pedagógico-didático interdisciplinar, após levantamento de características da realidade local e da identificação de problemas mais significativos para o grupo de estudantes.
- Propor temas geradores que possibilitem a compreensão mais globalizante da realidade dos estudantes por meio da contribuição de várias disciplinas.
- Desenvolver práticas de ensino não convencionais que ajudem os estudantes a aprender a pensar, a ter maior flexibilidade de raciocínio.
- Orientar o estudo de um assunto para abordá-lo em todos os seus aspectos, ligações, relações internas e externas, e fazer a correlação com os problemas sociais e cotidianos.

As competências e habilidades segundo a BNCC

Conforme mencionado no tópico anterior, a BNCC define um conjunto de aprendizagens essenciais que os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas da Educação Básica. Esse conjunto de aprendizagens essenciais deve assegurar o desenvolvimento de dez competências gerais que perpassam por todas as áreas de conhecimento e pelas etapas da Educação Básica.

As dez competências gerais descritas na BNCC trabalham não só o desenvolvimento intelectual dos estudantes, mas também o social, o físico, o emocional e o cultural, buscando promover a educação integral. Resumidamente, pretende-se com as dez competências uma formação que considera a/o:

1. valorização dos conhecimentos historicamente construídos;
2. exercício do ensino por investigação, cujas premissas são investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver situações-problema;
3. valorização e participação das/nas diferentes manifestações artísticas e culturais;
4. utilização das diferentes linguagens verbal (oral ou visual-motora e escrita), corporal, visual, sonora e digital, além das linguagens artística, matemática e científica;
5. compreensão, utilização e criação de tecnologias digitais de informação e comunicação de forma reflexiva e ética;
6. valorização da diversidade de saberes e vivências culturais;

7. argumentação com base em fatos, dados e informações confiáveis para formulação, negociação e defesa de ideais, pontos de vista e decisões comuns;
8. autoconhecimento e autoapreciação e cuidado com a saúde física e emocional;
9. exercício da empatia, do diálogo e da cooperação para resolução de conflitos;
10. ação pessoal e coletiva com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação.

Adentrando no âmbito das áreas de conhecimento, o documento da BNCC traz, ainda, a descrição das competências específicas e habilidades a serem desenvolvidas para cada uma das áreas. As competências específicas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias **resumidamente** trabalham a:

1. análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos com base nas interações e relações entre matéria e energia, buscando diminuir impactos e promovendo melhorias nas condições de vida;
2. elaboração de interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para a construção de argumentos, realização de conjecturas e tomada de decisões éticas e responsáveis;
3. investigação de situações-problema e avaliação das aplicações do conhecimento científico e tecnológico no mundo e suas implicações, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza.

As competências gerais estão relacionadas com o que se espera que os estudantes adquiram ao longo de todo seu percurso na Educação Básica. As competências específicas, por outro lado, são degraus de cada etapa dessa trajetória. Para cada uma das competências específicas são apontadas as habilidades esperadas, que são desdobramentos delas e estão mais direcionadas para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Portanto, cada competência específica envolve a mobilização de várias habilidades para o seu desenvolvimento.

O ensino com base em competências e habilidades exige da escola e do professor uma mudança de paradigma em relação ao processo de ensino, agora não mais calcado nos conteúdos conceituais, mas sim nas competências gerais e nas específicas e suas habilidades. O foco não é mais só o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, mas o desenvolvimento das habilidades práticas e socioemocionais, das atitudes e dos valores para resolver demandas complexas.

A BNCC e as culturas juvenis

A juventude deve ser considerada em suas múltiplas dimensões, com suas particularidades, as quais não estão relacionadas às dimensões biológicas e etárias, mas articuladas com diversos atravessamentos sociais e culturais, culminando em variadas culturas juvenis e, por consequência, muitas juventudes. Ao considerar esse posicionamento, para alcançar o protagonismo juvenil, tanto a escola quanto o professor necessitam criar um ambiente e situações que promovam a participação dos estudantes.

Segundo o documento do MEC PGM 3: *Mobilização e Participação na Escola Jovem*:

> [...] é essencial que os alunos tenham voz (e vez) na escola, através da concepção e elaboração de projetos curriculares, da organização de atividades que levem à reflexão e busca de soluções de forma coletiva e compartilhada.
>
> Muitas são as competências construídas quando os alunos se mobilizam e têm espaço para participar do cotidiano da escola: saber ouvir e respeitar a opinião do outro, trabalhar em grupo, interagindo com o diferente, selecionar o que é significativo, aprender a aprender, experimentar, argumentar, criticar, tomar decisões.
>
> Uma das maneiras de estimular sua participação é integrar à vivência escolar aspectos de suas culturas. É preciso que os jovens tenham identidade com a escola. Neste sentido, é necessário que ela conheça seus alunos e os novos padrões culturais dos jovens, articulando-os aos seus desenhos curriculares.
>
> [...]
>
> **Fonte:** BRASIL. Ministério da Educação. *Mobilização e participação na Escola Jovem*. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/mobiliza.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2020.

Nesse cenário, é desejável que o professor valorize todas as etapas de atividades que desenvolvam o protagonismo juvenil (criação, pesquisa, organização, envolvimento etc.), e não somente o produto final. Essas atividades podem contemplar apresentação oral, comunicação de ideias, comunicação de projetos, artigo de opinião, produções coletivas, discussão oral, debate, simulação de júri, projeto de intervenção social e ambiental, carta aberta, carta de reclamação, parecer, enquete, entre outras.

Outro aspecto que precisa ser considerado é o que se denomina culturas juvenis – conjunto de múltiplas formas de expressão cultural dos grupos juvenis das sociedades contemporâneas. Por serem sujeitos em transformação e em estado de inquietação e entusiasmo, os jovens experimentam e transitam por diferentes grupos e constantemente reelaboram suas identidades, posturas e visões de mundo, produzindo práticas e significados muitas vezes carregados de mensagens. Transformam sua forma de vestir, falar, agir em modos e formas de se afirmar perante o mundo ou extravasar angústias e dúvidas. Conhecendo essa realidade, a escola e o professor precisam reconhecer essa pluralidade e acolher as diversidades promovendo o respeito e o direito à sua manifestação.

Por fim, olhar para os estudantes dessa etapa da Educação Básica como sujeitos em transformação, protagonistas das próprias histórias e com aspirações presentes e futuras, significa também assegurar condições para que eles possam definir e desenvolver seus projetos de vida.

> [...] o projeto de vida é o que os estudantes almejam, projetam e redefinem para si ao longo de sua trajetória [...] é papel da escola auxiliar os estudantes a aprender a se reconhecer como sujeitos, considerando suas potencialidades e a relevância dos modos de participação e intervenção social na concretização de seu projeto de vida. É, também, no ambiente escolar que os jovens podem experimentar, de forma

MODERNA

mediada e intencional, as interações com o outro, com o mundo, e vislumbrar, na valorização da diversidade, oportunidades de crescimento para seu presente e futuro.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/SEB, 2018.

Entendendo esse contexto, o professor no desenvolvimento das competências gerais, das competências específicas e das habilidades da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, bem como os conteúdos conceituais, socioemocionais, os valores e atitudes, deve colaborar

[...] para formar esses jovens como sujeitos críticos, criativos, autônomos e responsáveis, cabe às escolas de Ensino Médio proporcionar experiências e processos que lhes garantam as aprendizagens necessárias para a leitura da realidade, o enfrentamento dos novos desafios da contemporaneidade (sociais, econômicos e ambientais) e a tomada de decisões éticas e fundamentadas. O mundo deve lhes ser apresentado como campo aberto para investigação e intervenção quanto a seus aspectos políticos, sociais, produtivos, ambientais e culturais, de modo que se sintam estimulados a equacionar e resolver questões legadas pelas gerações anteriores – e que se refletem nos contextos atuais –, abrindo-se criativamente para o novo.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/SEB, 2018.

Temas contemporâneos transversais (TCTs)

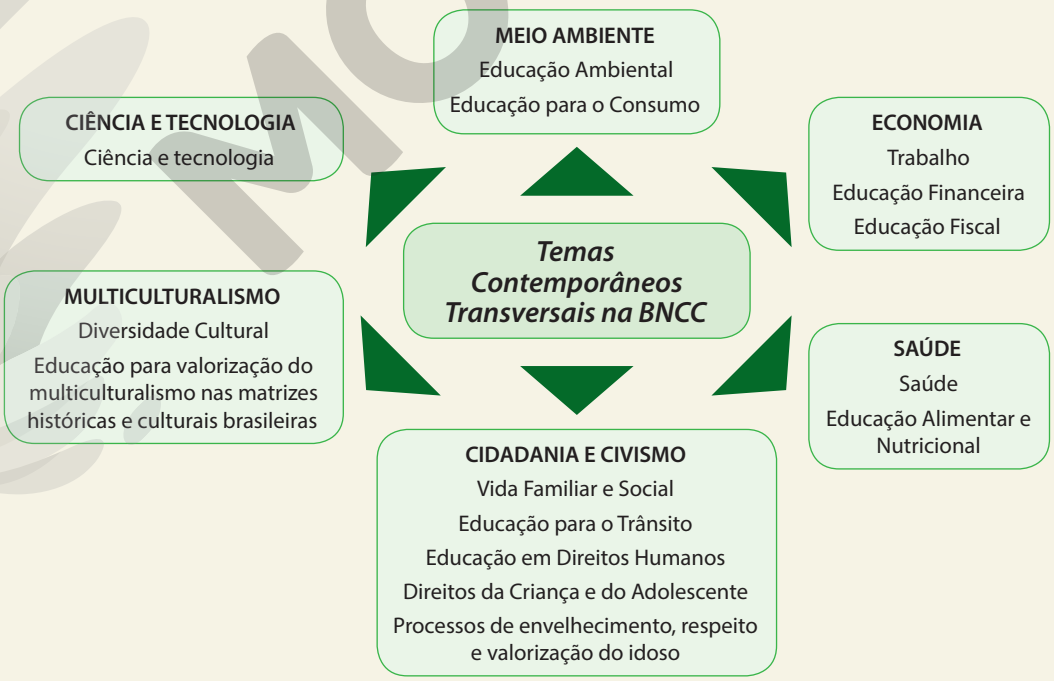
Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) são assim denominados por serem assuntos da modernidade que não pertencem a um componente curricular específico: são pertinentes a todos e, ao mesmo tempo, perpassam por todos. Esses temas devem ser abordados no conjunto de todas as áreas do conhecimento, ao longo de todo o ciclo do Ensino Básico.

[...] TCTs, no contexto educacional, são aqueles assuntos que não pertencem a uma área do conhecimento em particular, mas que atravessam todas elas, pois delas fazem parte e a trazem para a realidade do estudante. Na escola, são os temas que atendem às demandas da sociedade contemporânea, ou seja, aqueles que são intensamente vividos pelas comunidades, pelas famílias, pelos estudantes e pelos educadores no dia a dia, que influenciam e são influenciados pelo processo educacional.

[...]

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Temas contemporâneos transversais da BNCC*: contexto histórico e pressupostos pedagógicos. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

Na BNCC, são definidos 15 temas distribuídos em seis macroáreas temáticas, conforme o esquema a seguir.



Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Temas contemporâneos transversais da BNCC*: contexto histórico e pressupostos pedagógicos. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

MODERNA

Esses temas são regidos por legislações específicas e devem ser incorporados na elaboração ou adequação dos currículos e das propostas pedagógicas para serem trabalhados de forma transversal. Apesar do seu caráter obrigatório, cabe às escolas escolher a melhor forma de inserção em suas propostas de ensino.

O trabalho transversal pressupõe uma abordagem transdisciplinar e um diálogo entre os campos de saberes de cada componente curricular promovendo a integração e acolhendo as contribuições de cada um. Além disso, o trabalho com os TCTs também pressupõe um trabalho entre escola e comunidade, incluindo as famílias, visto que os conceitos e os valores trabalhados neles têm seu início no contexto familiar.

Pressupostos teórico-metodológicos

O cenário atual apresenta desafios que requerem da educação formal competências compatíveis, diretamente relacionadas ao desenvolvimento da cidadania e ao desenvolvimento mundial sustentável. A complexidade social na qual nos encontramos é desafio constante na busca pela ampliação de conhecimentos e na tentativa de compreender os fenômenos científicos e políticos do mundo em que vivemos.

Para promover melhorias nas escolas hoje, há de se manter o foco na construção de um currículo mais flexível. A flexibilidade é por considerar a possibilidade de os estudantes assumirem um papel de protagonismo nas decisões curriculares. O conhecimento é elemento fundamental na composição curricular, entretanto, considerar as relações sociais em sua elaboração também é primordial para a busca da superação das circunstâncias vividas pelas pessoas em nossa sociedade. O currículo almejado é aquele que propicia a "legitimação da prática docente, do desenvolvimento profissional, visto que é (re)construído em função das necessidades dos educandos, aproximando os conceitos e os conhecimentos de suas experiências cotidianas" (SCHIABEL; SILVA, 2019, p. 36).

A especificidade do currículo de Ensino Médio nas diferentes realidades sociais, econômicas e culturais brasileiras, para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, deve considerar as transformações contemporâneas, a velocidade de propagação e a globalização das informações nos sistemas de comunicação. Essa complexidade coloca em questionamento verdades instituídas e a cultura do individualismo e da conformidade. Torna-se necessário substituí-la pela liderança, pela ação transformadora de realidades, pela compreensão dos fenômenos que regem as relações humanas e pela capacidade de construir um referencial viável e efetivo de si mesmo.

Diante desse contexto, como desenvolver capacidades nos estudantes para que venham a transformar o conhecimento científico elaborado pelos cientistas em ferramentas de superação dos desafios do cotidiano, para que assumam um posicionamento pautado na argumentação científica?

No caso da competência científica, aqui entendida como a capacidade de empregar o conhecimento científico, questioná-lo e vivenciá-lo para que as conclusões sejam baseadas nos dados, é fundamental que o professor desenvolva um ensino centrado na figura dos estudantes. A sua participação ativa no processo de aprendizagem os levará a ter condições de desenvolver as habilidades necessárias para a tomada de decisões sobre o mundo natural e compreensão das modificações que a atividade humana provocou e provoca no mundo natural (PEREZ; VILLAGRA, 2020).

Cabe ao professor então considerar que o conhecimento é resultado de experiências significativas, que se ampliam no trabalho compartilhado e no engajamento. Baseada nisso, a coleção convida ao exercício de uma relação respeitosa com o mundo natural em todas as suas dimensões, contemplando o conhecimento científico escolar e sua divulgação em aliança com o desenvolvimento social.

A coleção valoriza o respeito da natureza do conhecimento, a autonomia intelectual e a colaboração social, e se assumem valores políticos para a construção de uma sociedade mais justa e democrática.

A contextualização e a problematização em Ciência e Tecnologia

A contextualização no ensino vem sendo defendida por diversos educadores e pesquisadores como um meio de possibilitar aos estudantes uma educação para a cidadania concomitantemente à aprendizagem significativa de conteúdos, seja ela pensada como um modo de ensinar conceitos das ciências ligados à vivência dos estudantes, na forma de recurso pedagógico, seja como princípio norteador do processo de ensino.

Silva (2007, p. 121), em seu trabalho de pesquisa voltado ao entendimento da palavra **contextualização**, elencou três perspectivas educacionais para seu significado:

> (i) a contextualização como exemplificação, entendimento, ou informação do cotidiano – que pode ser caracterizada por compreensão de situações problemáticas, aplicação de conteúdos científicos emoldurados por situação do dia a dia do aluno, com ênfase na informação, e não no desenvolvimento de competências, atitudes ou valores;
>
> (ii) a contextualização como entendimento crítico de questões científicas e tecnológicas relevantes que afetam a sociedade – essa orientação é característica do movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que em geral propõe a abordagem de temas de interesse social que permitam o desenvolvimento de atitudes e valores para que os alunos enfrentem um mundo cada vez mais tecnológico e possam atuar, com responsabilidade, frente a questões problemáticas da ciência e da tecnologia relacionadas à sociedade, e
>
> (iii) contextualização como perspectiva da transformação da realidade social – caracterizada pela ênfase no entendimento crítico dos aspectos sociais e culturais ligados à ciência e tecnologia, em outras palavras, a inserção da prática social no ensino com vistas à transformação social.

A primeira forma de contextualização é a mais simples e também uma forma de "dourar a pílula", quando são usados apenas exemplos do cotidiano que se relacionam com o objeto de estudo. Já a segunda e a terceira estão relacionadas ao desenvolvimento de atitudes e valores de modo a inserir as questões científicas e tecnológicas no campo social. A terceira pressupõe, ainda, um posicionamento político.

A BNCC defende a necessidade da contextualização dos conhecimentos na realidade vivenciada pelos estudantes, a fim de atribuir-lhes sentido e, assim, contribuir para a aprendizagem significativa.

EM OFERTA

Para isso, articula as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura. A contextualização é compreendida como a inserção do conhecimento disciplinar em uma realidade plena de vivências, buscando o enraizamento do conhecimento explícito na dimensão do conhecimento tácito.

O ensino contextualizado é um importante meio de estimular a curiosidade e fortalecer a confiança dos estudantes. Por outro lado, sua importância está condicionada à possibilidade de levar os estudantes a terem consciência sobre seus modelos de explicação e compreensão da realidade, reconhecê-los como equivocados ou limitados a determinados contextos, enfrentar o questionamento, colocá-los em xeque num processo de desconstrução de conceitos e reconstrução/apropriação de outros.

Contextualizar é dar sentido ao que se ensina, é inserir os estudantes num universo amplo, é encadear ideias. O sentido de contextualizar os conteúdos ministrados na sala de aula é permitir que os estudantes encontrem aplicabilidade, utilidade para aquilo que aprenderam. O professor, ao trazer para a sala de aula experiências pessoais, sociais e culturais, faz com que os estudantes saiam da condição de espectadores passivos e estabeleçam relações de reciprocidade entre eles e o objeto de conhecimento, configurando uma aprendizagem significativa (QUEIROZ, 2003).

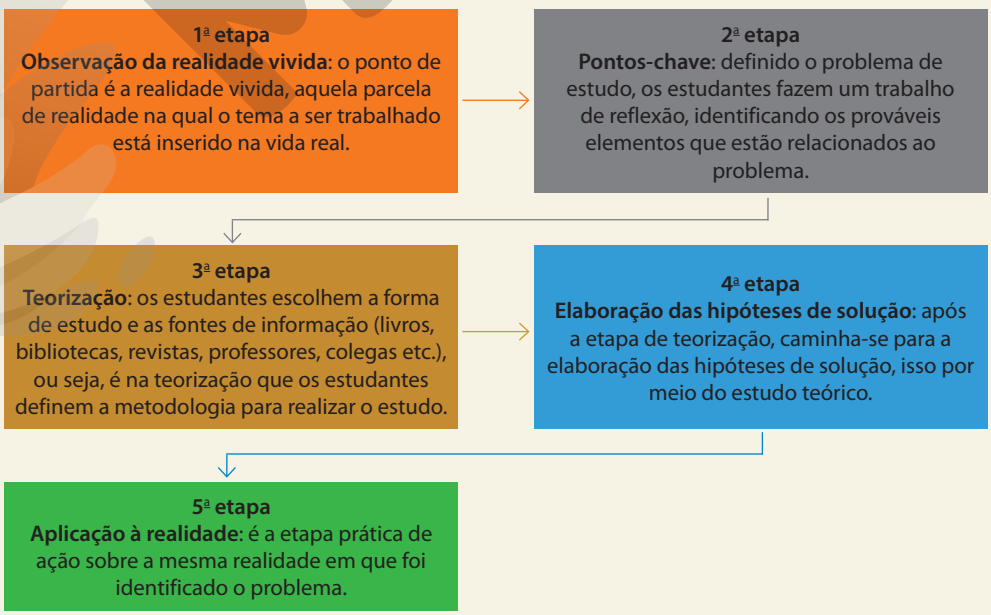
Ao lado da contextualização, nesta obra é utilizada a problematização. A problematização é entendida aqui como uma maneira de colocar a realidade para ser refletida e os estudantes para pensarem juntos propostas de avanços e mudanças para tal situação. Os estudantes precisam reconhecer que o problema formulado pelo professor, enquanto recurso pedagógico, deve ser significativo para eles, a ponto de sentirem a necessidade de solucioná-lo e, para tal, exigirá deles o desenvolvimento do conhecimento científico escolar.

Mori e Cunha (2020, p. 176) definem que "problematizar é estabelecer um 'diálogo' entre os conhecimentos, colocando em discussão a interpretação dos estudantes sobre determinada realidade e as teorias científicas, ou seja, problematiza-se tanto o conhecimento dos estudantes quanto o conhecimento científico em discussão". Portanto, ainda nas palavras dos autores, problematização é "todo processo de discussão gerado quando um problema é proposto em atividade pedagógica e que leve o estudante à construção do conhecimento por meio da reflexão, do diálogo e da participação ativa" (MORI; CUNHA, 2020, p. 176).

Desse modo, a problematização pode ser uma estratégia potencial para a construção do conhecimento e sua apropriação pelos estudantes. Portanto, Francisco (2008, p. 20) considera que seja "no diálogo da realidade observada, na problematização e na reflexão crítica de professores e estudantes que se faz o conhecimento".

Na intenção de preparar os estudantes para tomar consciência de seu mundo e participar intencionalmente para transformá-lo, a problematização os torna participativos no processo de transformação da sociedade para que as pessoas possam ter uma vida com mais qualidade. Usar a problematização como uma maneira de fazer com que os estudantes conheçam a realidade que os cerca e as demandas do cenário ao qual estão inseridos para que juntos em sala de aula possam pensar formas de superá-los. Claro que a observação das diferentes situações depende da visão de mundo e das experiências de cada estudante, podendo diferir de um para outro.

Uma proposta ao professor seria o planejamento de uma atividade que se fundamenta pelo caminho didático do Arco de Maguerez. De acordo com Mori e Cunha (2020, p. 177), esse caminho é estabelecido pelas etapas listadas a seguir.



De forma resumida, um problema da realidade é selecionado e, sobre ele, faz-se um estudo, investigam-se as variáveis, discutem-se os dados obtidos e, ao final, torna a observar a mesma realidade, agora para propor ações que sejam capazes de modificá-la de alguma forma. Ao longo de todos os volumes da coleção, há situações-problema, muitas vezes apresentadas na seção *Interligações*, que você poderá aplicar os passos do Arco de Maguerez. Essa divisão da realidade em partes também favorecerá o desenvolvimento do pensamento computacional.

A importância desse tema tem sido bastante destacada no ensino, ainda que seja complexo porque abrange diferentes referenciais teóricos com métodos e objetivos de ensino variados. Ainda assim, existe um consenso de que a proposição de um problema é fundamental para auxiliar na aprendizagem dos estudantes. Entre as propostas que consideram a necessidade da existência de problematizações no ensino, as abordagens Ciência, Tecnologia e Sociedade-CTS mostram-se frutíferas para tal (SOLINO; SASSERON, 2019).

Oliveira (2019, p. 200) cita o pesquisador Cutcliffe (2004) para conceituar CTS como sendo "uma cultura cujo centro se baseia em analisar e entender a ciência e a tecnologia como um conceito social complexo, que incide diretamente em questões culturais, políticas, econômicas e de teoria geral". O mesmo autor menciona Acevedo (1996) para complementar a definição sobre CTS afirmando ser uma "opção transversal, anteferindo os conteúdos atitudinais (cognitivos, afetivos e valorativos) e axiológicos (valores e normas)".

A coleção se inspira na construção de um currículo comprometido com o desenvolvimento de conhecimentos, procedimentos e atitudes que promovam contribuições para a vida dos estudantes. Portanto, considera-se a responsabilidade social e ambiental e busca-se envolver os estudantes em processos coletivos de tomada de decisão relacionados à Ciência, à Tecnologia e à Sociedade (CTS).

O ensino na vertente CTS contribui para a aproximação do conteúdo científico à realidade dos estudantes na medida em que promove uma reflexão sobre as relações existentes entre os campos da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade. Por exemplo, de que maneira o desenvolvimento científico-tecnológico tem afetado direta ou indiretamente a vida em sociedade, e como a participação social pode contribuir para esse avanço, entre outros assuntos (SANTOS; AULER, 2011). Pode-se dizer que, na abordagem CTS, o ensino do conteúdo de ciências dá-se em um contexto autêntico de seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes devem integrar os conhecimentos científicos e tecnológicos com as experiências cotidianas.

Ao ampliar um pouco mais essa perspectiva, na abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA, inclui-se a educação ambiental como um aspecto que deve ser estudado e discutido em sala de aula (PINHEIRO, 2007). Nesse sentido, a sociedade e o ambiente tornam-se cenários de aprendizagem, nos quais seria possível identificar temas ou problemas, potencialmente relevantes, para serem estudados e investigados. Com isso, pretende-se a apropriação dos conhecimentos científico e tecnológico, em busca de soluções para determinadas problemáticas sociais e/ou ambientais e/ou de outra natureza, contribuindo para a construção de um juízo de valor e de uma tomada de decisão (RICARDO, 2007).

Ao ensinar os conteúdos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na vertente CTS, espera-se uma construção conceitual correlacionada com aspectos do âmbito político, econômico, tecnológico, social e ambiental. Considera-se que o estudo dos conteúdos científicos e tecnológicos não devam ser aprendidos como um fim em si mesmo, mas como parte de um processo que leva a uma formação que pode tornar os estudantes capazes de agir como cidadãos na vida em sociedade. Para isso, é necessário que o ensino ocorra dentro de um contexto e que este não seja usado, apenas, como uma forma de ilustrar o conhecimento científico escolar, mas como uma estratégia para se desenvolver a elaboração dos conhecimentos conceituais, atitudinais e procedimentais, formando os estudantes para o exercício consciente da cidadania (SANTOS; SCHNETZLER, 2000).

Assim, reafirmamos que "ensinar é desencadear um programa de interações com um grupo de estudantes, a fim de atingir determinados objetivos educativos relativos à aprendizagem de conhecimentos e à socialização" (TARDIF, 2004, p. 118). Nessa perspectiva, entendemos que ensinar pode ser assumir o desafio de mudança de prática, considerando novas abordagens para o processo de ensino e aprendizagem, mais coerente com o modelo de sociedade atual.

O tratamento matemático

A realização de pesquisas na área das ciências exige, quase sempre, um tratamento matemático adequado. Muitas vezes, esse tratamento é desenvolvido especialmente para a adequação dos dados analisados no momento, enquanto há casos que exigem apenas ferramentas estatísticas auxiliares na organização e interpretação dos resultados obtidos. Mesmo que de formas distintas para uma ou outra área, para um ou outro tipo de pesquisa, relatórios de conclusão apresentam, geralmente, análises estruturadas com base em dados numéricos. Especialmente no caso da Física e da Química, é rotineira a mobilização de sofisticadas ferramentas matemáticas pelo pesquisador, seja na preparação de seu trabalho, seja na interpretação dos resultados, seja nas conclusões que divulga. Assim, no âmbito daqueles que se dedicam às ciências, a Matemática desempenha papel de grande relevância.

Consideramos a importância da Matemática em sua capacidade de exprimir de maneira sintética e precisa o conhecimento dos fenômenos, tanto no espectro de ação do pesquisador da ciência quanto no do aprendiz. Guardadas, naturalmente, as evidentes diferenças entre curiosidades e necessidades de um e outro.

Assim, se, por um lado, não concebemos o desenvolvimento de um curso de Ciências de Ensino Médio desarticulado do aparato matemático necessário, por outro, reconhecemos a necessidade de identificar com clareza o grau dessa articulação, para que, em primeira e última instâncias, a prioridade do trabalho recaia sobre a construção do conhecimento.

Alguns dos temas de estudo parecem exigir maior vinculação aos conhecimentos matemáticos, a julgar pelo modo com que, outrora, alguns cursos eram estruturados. No grupo de conteúdos desses temas, identificamos, por exemplo: na Física, a Cinemática e a Óptica; na Química, o cálculo estequiométrico; e na Biologia, o estudo das populações.

EM OBRA

Um dos riscos comuns consiste em priorizar a análise matemática em detrimento da compreensão dos conceitos associados. Situações-problema específicas podem exigir a aplicação de ferramentas matemáticas mais elaboradas, e precisamos sempre nos perguntar se tais casos são imprescindíveis, se perseguimos os objetivos de nosso planejamento. Não podemos deixar de apresentar, com a devida atenção, esses conteúdos, todavia, devemos fazê-lo sem a preocupação de simular situações fictícias, nas quais a aplicação de fórmulas pode vir a suplantar em importância a real compreensão conceitual.

O papel da Matemática, como elemento estruturador do conhecimento, relaciona-se a um aspecto bastante importante especialmente na concepção das atividades que apresentamos para os estudantes: os **contextos** sobre os quais se desenvolvem as ações.

A experimentação

A inclusão da experimentação no ensino de Ciências da Natureza é justificada pela importância de seu papel investigativo e pedagógico de auxiliar os estudantes no entendimento dos fenômenos e na construção dos conceitos. Para que os experimentos tenham importância no desenvolvimento cognitivo dos estudantes é fundamental que eles integrem uma sequência didática (constituída de várias outras atividades) e que provoquem reflexões e discussões de ideias, norteando-os no sentido da compreensão de conceitos.

Para Suart, Marcondes e Carmo (2009), as atividades de caráter investigativo buscam uma questão problematizadora que, ao mesmo tempo, desperte a curiosidade e oriente a visão dos estudantes sobre as variáveis relevantes do fenômeno a ser estudado, fazendo com que eles levantem suas próprias hipóteses e proponham possíveis soluções.

Nos livros desta coleção, os experimentos ocupam posições variáveis na sequência de cada capítulo. No entanto, fica a critério do professor, diante da estratégia adotada e da motivação dos estudantes, a opção por utilizá-lo no momento que julgar mais oportuno.

Em alguns casos, o experimento se inicia com uma questão que será esclarecida com as reflexões a respeito das observações realizadas; em outros, os estudantes vão construir o conhecimento com base nas etapas propostas na atividade.

A sugestão é que os experimentos sejam feitos em grupos (o ideal é que tenham, no máximo, cinco estudantes). Isso porque, mais importante que a própria manipulação de materiais e coleta de observações, é a troca de opiniões e a cooperação entre os indivíduos do grupo em busca da elaboração de hipóteses, conclusões e modelos explicativos.

As atividades experimentais, além de permitirem a aquisição de habilidades relativas à manipulação de materiais, têm a função pedagógica de "propiciar oportunidade para que os estudantes elaborem hipóteses, testem-nas, organizem os resultados obtidos, reflitam sobre o significado de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido" (PCN+, 2002, p. 52).

Para as atividades práticas sugeridas na coleção, foram escolhidos materiais de fácil aquisição e que possam ser utilizados com segurança no ambiente escolar.

Em alguns experimentos, há o quadro *Atenção*, que traz orientações importantes para o desenvolvimento da atividade ou para a segurança na manipulação dos materiais.

A segurança no laboratório de Ciências

Algumas atividades que envolvem experimentos não precisam de salas especiais, podendo ocorrer em salas de aulas regulares quando a escola apresenta problemas estruturais, como a falta de um laboratório, sempre privilegiando a segurança dos alunos. Também é necessário considerar a hipótese de o professor não contar com recursos e drogas de laboratório; nesses casos, para a realização dos experimentos propostos nos livros-texto, são necessários apenas materiais caseiros e/ou comprados em farmácias, supermercados, casas de materiais de construção etc. No caso de haver dificuldade de comprar alguns materiais no comércio local, é possível adquiri-los via internet.

Tanto na realização de experimentos em sala de aula quanto no laboratório – e, neste último caso, isso se torna mais importante –, é fundamental que o professor favoreça um ambiente de responsabilidade pela segurança de todos, propiciando que os alunos entendam que a falta de seriedade pode causar riscos.

Investigações reforçam as já conhecidas constatações de que demonstrações em Ciências podem constituir cenários que priorizam aspectos emocionais dos estudantes, potencializando o aprendizado de conceitos.

As aulas com demonstrações objetivam a transposição dos limites frios do ensino formal, descritivo e axiomático, em direção a um cenário rico em estímulo e interativo. As observações iniciais têm indicado que os estudantes participantes deste ensino apresentam maiores interesses na busca de explicações e dos significados subjacentes aos fenômenos demonstrados. Os principais elementos presentes nas demonstrações costumam ser: o inesperado, o curioso, o desafio a ser vencido, a quebra e/ou substituição de paradigmas, o inacreditável, o mágico/lúdico e o previsível.

A realização de experimentos geralmente desperta nos estudantes um maior interesse pelo estudo de Ciências. É importante associar o "saber fazer" com o "explorar/compreender" os fenômenos ou princípios científicos.

Regras básicas de segurança

De maneira geral, é aconselhável o uso de óculos de segurança. Sabemos que a maioria das escolas não dispõe desse dispositivo, mas sugerimos que a escola adquira quantidade suficiente para uma turma. Os óculos podem ser facilmente lavados e utilizados por vários grupos de alunos.

Também, é aconselhável o uso de sapatos, e não sandálias, e aventais ou vestimentas que possam servir de proteção às pernas (calças, vestidos ou saias não muito curtos).

Um cuidado importante é o de não deixar frascos de materiais que não serão utilizados ao alcance do aluno. É preferível acondicionar os reagentes que serão manipulados pelos alunos em pequenos frascos, principalmente quando se tratar de materiais inflamáveis ou de toxicidade relevante.

EM MOBERNA

É importante que o professor organize os materiais de maneira que não seja necessária a movimentação do aluno entre as mesas ou bancadas do laboratório. É imprescindível que os alunos percebam que o ambiente exige certos cuidados pessoais.

Ainda, um cuidado que se deve ter é o de testar o experimento antes de sua realização, garantindo seu êxito.

Não se deve improvisar no que diz respeito a uma montagem experimental. Devem ser evitadas situações como aproximar a lamparina da tela de amianto colocando algum suporte não apropriado; pipetar com a boca; prender um tubo a uma garra não apropriada.

Deve-se conhecer a localização, no laboratório, do extintor de incêndio, verificando se está em condições de uso. Caso não haja extintor no local de realização da atividade, seria aconselhável providenciar um. As portas devem estar desbloqueadas, sem nada que impeça a saída dos alunos.

O professor deve lembrar que seu comportamento no laboratório é muito importante, pois pode refletir nas atitudes que os alunos terão durante as aulas. Dessa maneira, é importante que não sejam permitidas brincadeiras e que sejam exigidas posturas, por parte do aluno, de respeito ao ambiente do laboratório, aos colegas e a si próprio.

Apresentamos, a seguir, algumas outras regras de conduta básicas, que podem contribuir para a realização com segurança de atividades experimentais.

1. Não coma ou beba no laboratório.

2. Não ingira ou beba qualquer material utilizado como reagente, mesmo que pareça inofensivo ou que seja um alimento fora do laboratório, como sal, açúcar, pão, água etc.

3. Não coloque sobre a bancada cadernos, bolsas, livros, mochilas. Deixe somente o necessário para suas anotações.

4. Não toque os reagentes com as mãos, sem autorização do professor. Caso aconteça, comunique ao professor e proceda conforme as orientações recebidas.

5. Prenda os cabelos, principalmente se for trabalhar com fogo.

6. Não retorne reagentes aos frascos de origem.

7. Não misture reagentes sem a prévia autorização do professor.

8. Não aponte a boca do tubo de ensaio ou de outro frasco para seu colega.

9. Não jogue resíduos na pia ou na lixeira. Siga as orientações de seu professor para o descarte adequado dos reagentes.

10. Concentre-se em seu trabalho. Não se distraia com brincadeiras, conversas paralelas, jogos, ouvindo música etc. Lembre-se que a segurança no laboratório depende de cada um.

Fonte: GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. *Atividades experimentais de Química no Ensino Médio*: reflexões e propostas. São Paulo: SEE/CENP, 2009.

O papel do professor

No contexto atual de educação, novos desafios são colocados para o desenvolvimento da docência no que se refere ao conhecimento científico, pedagógico e cultural, além da necessidade de lidar com uma maior diversidade de estudantes, diferentes recursos e novas formas de abordar os conteúdos escolares. Ideias que outrora estavam fortemente arraigadas sobre o que se espera de um professor não mais fazem sentido no momento que vivemos. Essas ideias de outrora estão relacionadas com a própria herança cultural da escola e marcam a representação do que é considerado um "bom" professor, se é que podemos fazer essa qualificação devido à polissemia do significado do termo, passível de interpretações diferentes e mesmo divergentes. Devido à grande responsabilidade do ato de ensinar, os professores querem falhar o menos possível (PIMENTA, 2004). Entre os vários traços que marcam a representação do que é ser professor estão o gestual próprio, a capacidade de comunicação para levar os estudantes à compreensão dos conhecimentos e a consideração de que seja "aquele que detém o conhecimento". Com isso, os professores acabam ficando tanto com as conquistas como também com a responsabilidade pela não aprendizagem dos estudantes. Historicamente, uma série de atributos tem sido atrelada socialmente ao papel do professor, sem certa consciência e atitude reflexiva para tal.

Algumas questões que acabam sendo vistas como escolha individual de um professor responsável por uma turma ou disciplina são traços comuns à maioria das escolas: a disposição enfileirada dos estudantes nas salas de aula, a sequência de conteúdos e conceitos de uma disciplina, os tipos de atividade didática, a forma de tratar o conteúdo, priorizando conclusões em detrimento do caminho para se chegar a elas, a falta de espaço para questionamentos e debates, a forma como o livro didático é usado – o mais frequente é que ele sirva de base para o professor preparar sua aula expositiva, adotando exatamente a mesma sequência do texto –, entre outras.

Esse modelo, profundamente arraigado em nossa sociedade, acaba sendo o viés em torno do qual a escola se orienta e se organiza. Porém, dentro das salas de aula, devemos lembrar que a organização escolar envolve ideias, opiniões e tradições advindas de vários componentes.

Apesar de tudo, ao perguntarmos a um professor, independentemente de sua concepção pedagógica, qual é o objetivo atual da educação escolar e, portanto, qual é seu papel como agente central desse processo, normalmente obtemos respostas muito parecidas; é comum que a resposta esteja em torno de desenvolver a capacidade de os estudantes raciocinarem, criarem, trabalharem em grupo, de serem solidários, de caminharem em busca de sua própria autonomia intelectual, e assim por diante.

Desse modo, apesar das profundas mudanças pelas quais a sociedade e o papel do conhecimento vêm passando, as aulas tendem a ser ministradas como nos velhos tempos, por meio de representações internalizadas por professores e pela sociedade, como se os objetivos fossem os mesmos do início do século XX. Apesar das dificuldades crescentes de manter a disciplina, muitos professores mantêm a expectativa de que os estudantes fixem a atenção naquilo que eles falam e escrevem na lousa e se concentrem nos conteúdos e na execução de tarefas.

MANUAL DO PROFESSOR

Esse tipo de atividade geralmente não favorece a reflexão e o questionamento. Quer dizer, há uma contradição quase inerente ao sistema escolar: é a que transparece na distância entre o papel idealizado que os professores atribuem à escola quando refletem sobre ela e o que comumente lutam para fazer em suas salas de aula – as dificuldades passam também pelos sérios problemas de desrespeito e violência, que permeiam muitas instituições escolares.

Há um reconhecimento do que seria um encontro pedagógico criativo que propiciasse experiência e desenvolvimento, tanto para a escola quanto para professores e estudantes, e isso representa um dilema: há um modelo interiorizado por toda a sociedade e pelos professores do que é ser professor e do papel da escola convivendo com um mundo em acentuadas alterações que demandam uma grande mudança na instituição escolar e no ensino.

Muitas dessas demandas vêm sendo explicitadas em documentos oficiais, produções acadêmicas e em congressos de educação. Entre as alterações propostas, que têm a ver com as demandas que emergem de mudanças contemporâneas da sociedade, como a inclusão de uma visão e de práticas pedagógicas de natureza interdisciplinar, do uso das tecnologias de informação e comunicação, da valorização de práticas que incentivem a autonomia intelectual, o protagonismo, a solidariedade e a capacidade de trabalhar de modo colaborativo, entre outras – todas elas fundamentais para o desenvolvimento dos jovens.

Esse panorama evidencia que, se de um lado, escola e professores estão diante de situação desconfortável, de outro, vivemos um período em que desafios estimulantes nos convidam a refletir e a procurar novos caminhos para ensinar. Nesse processo que invoca por mudanças, algumas ações podem ajudar; entre elas, o estabelecimento de relações pedagógicas cooperativas. Vamos destacar alguns, entre muitos, caminhos possíveis para o desenvolvimento nessa direção, mostrando o que é fundamental para que se estabeleça uma rede de cooperação que dê suporte às mudanças necessárias:

- Encontrar interlocutores na escola, com os quais possa refletir sobre suas práticas pedagógicas e neles encontrar apoio para encaminhar possíveis soluções para as dificuldades próprias do exercício docente (coordenadores e professores de componentes curriculares, por exemplo).
- Estabelecer parcerias com colegas para introduzir inovações em seu trabalho. Por exemplo, um professor que nunca realizou atividades interdisciplinares poderá pedir a outro especialista, em aspectos nos quais não se sente seguro, que o oriente quanto às referências (livros, *sites* etc.) e formas de auxiliar os estudantes ou poderá sugerir que participem conjuntamente do trabalho. Vale o mesmo para saídas da escola em estudos de campo, uso de recursos de informática e até mesmo o trabalho com dinâmicas que impliquem a participação ativa dos estudantes.
- Usar as ferramentas tecnológicas para estabelecer cooperação com profissionais de sua área ou de outras. Quer dizer, se em sua própria escola não houver tempo/espaço para o estabelecimento de cooperações semelhantes às mencionadas anteriormente, via fóruns de discussão, *chats*, *e-mails*, redes sociais (grupos de professores), por exemplo, é possível encontrar esses apoios. Isso se torna especialmente importante para professores que se iniciam na profissão e que, muitas vezes, têm bom domínio das ferramentas tecnológicas, mas se sentem inseguros para realizar um trabalho que exija conhecimentos em torno dos quais têm pouca formação; na parceria com outros colegas mais experientes, mas talvez despreparados para lidar com as tecnologias, ambos terão muito a aprender.
- Empenhar-se para que recursos tecnológicos sejam incorporados ao seu dia a dia na busca de informações relevantes para seu próprio crescimento pessoal e profissional. A ampliação do conhecimento por meio da aprendizagem constante representa uma forma de "apoio interno" na medida em que alarga os próprios horizontes pessoais, permitindo que o professor vislumbre assuntos e caminhos que tornem suas aulas mais criativas e interessantes, contribuindo para despertar nos estudantes um processo semelhante, e que compreenda a existência de pontos de contato da Biologia, da Física e da Química entre si e com outros componentes curriculares.
- Usar a internet para participar de redes de trocas de informação e apoio com escolas e professores que têm conseguido mudar o foco de suas ações profissionais; é possível localizar experiências na rede pública de todo o país, algumas bastante inovadoras (mudando o foco do professor que "ensina" para estudantes que atuam individualmente e em grupo, aprendendo sob a coordenação do professor).

Vale ressaltar que tudo o que está disponibilizado na internet deve passar por uma avaliação crítica por parte do professor, antes que qualquer postura seja adotada. Por exemplo, há redes de professores nas quais são disponibilizados inúmeros vídeos de músicas e de aulas em que o único objetivo é que os estudantes decorem fórmulas, definições e regras. Por isso, é fundamental que o professor avalie cada sugestão mediante os objetivos de ensino a que se propõe desenvolver com os estudantes.

Essas são algumas sugestões, mas, nesse percurso, mantendo-se atento, o professor poderá descobrir outras formas de construção de redes de apoio para alavancar as necessárias mudanças em suas concepções de ensino e aprendizagem. Quanto mais elas avançarem por toda a instituição escolar, melhores serão os resultados obtidos, o que será motivo de satisfação a todos os professores comprometidos em enfrentar os desafios contemporâneos de nossa sociedade.

Trabalho em grupo: como e quando fazer

O trabalho em grupo é um recurso pedagógico importante porque pode auxiliar tanto no desenvolvimento das competências gerais, específicas, habilidades e atitudes quanto na promoção do protagonismo e das culturas juvenis. Contribui no sentido de potencializar as interações entre os estudantes que compõem o grupo, fomentando a comunicação e a aprendizagem cooperativa/colaborativa. As *Atividades práticas* e as questões propostas na seção *Comunicando ideias* podem ser utilizadas como sugestões para o trabalho em grupo.

Para a organização dos grupos é essencial considerar a quantidade de estudantes em sala de aula e o tempo disponível para realizar a atividade de ensino. Sugerir temas aos estudantes para que desenvolvam as tarefas em grupo pode estimular o uso de tecnologias digitais, além de possibilitar o exercício da empatia, da negociação e do diálogo na resolução dos conflitos.

MANUAL DO PROFESSOR

Diante disso, a estratégia de aprendizagem que considera tal organização não pode e não deve ser banalizada, mas utilizada em situações-chave, pois é necessário que se invistam tempo e energia para sua realização. Caberá ao professor acompanhar os estudantes para que se desenvolva uma atividade decorrente de uma construção coletiva, possibilitando que avancem com igualdade de oportunidade e juntos na aprendizagem instrumental dos conteúdos, auxiliando uns aos outros por meio do diálogo.

Os estudantes podem ser convidados a desenvolver o tema escolhido, apresentar de forma criativa utilizando diferentes linguagens. Como forma de avaliação, além da que será realizada pelo professor, é possível incluir a autoavaliação na participação do trabalho, assim como a avaliação dos demais componentes do grupo para formar a nota final.

Estudantes de diferentes perfis: como lidar

Ao elaborar o planejamento ou a proposta pedagógica é importante considerar que os estudantes apresentam diferenças individuais que influenciam no processo de ensino e aprendizagem. Olhar para os estudantes em sua diversidade é entender que há diferentes formas para educar e diferentes interesses no contexto de sala de aula. Por isso, as estratégias de ensino e os recursos para a aprendizagem devem ser diversificados, a fim de estimular os diferentes tipos de perfis e interesses dos estudantes. É preciso respeitar essas diferenças, flexibilizando o currículo e utilizando exemplos e problematizações de estudo que estejam relacionados a situações que façam parte de suas vivências cotidianas.

Por muito tempo, no âmbito da aprendizagem escolar, o conceito de inteligência esteve bastante em evidência. Inteligência era tradicionalmente medida pelo coeficiente intelectual (QI), em que estudantes com QI alto eram considerados inteligentes e os com QI baixo eram aqueles que sabiam menos. Entretanto, essa concepção que diferencia os estudantes em termos da inteligência instrumental nada mais é do que uma imposição de valores sociais daqueles grupos mais privilegiados. Por isso, propostas para mudanças nesse sentido têm sido elaboradas, uma vez que se tem considerado que a falta de êxito na aprendizagem pode dever-se a diferentes fatores; entre eles, a falta de participação no ambiente escolar, por exemplo. Essa não participação, em muitos casos, pode estar relacionada ao fato de as situações de ensino estarem distantes dos interesses dos estudantes.

Alguns pesquisadores têm defendido que existem diferentes tipos de inteligência e que a inteligência instrumental é apenas uma delas; portanto, um estudante pode ter baixa inteligência instrumental, porém, em razão de sua experiência com determinadas situações cotidianas, uma alta inteligência prática.

Exemplificando: um estudante que trabalha numa oficina mecânica pode ter conhecimentos sobre o funcionamento do motor do carro que, por sua vez, pode auxiliar o engenheiro mecânico no entendimento de uma falha no processo de produção desse produto ou em outra situação. Ou seja, o conhecimento do estudante que trabalha na oficina é um conhecimento de prática, diferente do conhecimento instrumental sobre os conteúdos de mecânica; entretanto, são conhecimentos válidos e complementares; por isso não podemos dizer que um é mais inteligente que o outro, são inteligências diferentes e cada uma tem sua importância na sociedade. Percebemos com isso que "a relação inteligência e experiência, e inteligência e contexto sociocultural apresentam-se inter-relacionadas" (BRAZ, 2016, p. 69), por isso podemos dizer em termos de inteligência cultural, que engloba as inteligências instrumental, prática e comunicativa.

Em síntese, as experiências e os conhecimentos advindos da vivência cotidiana integram a inteligência prática, enquanto a inteligência instrumental refere-se à aprendizagem escolar. A inteligência comunicativa, por sua vez, auxilia na resolução de situações que as demais não possibilitam (AUBERT *et al*., 2008). Pensando dessa mesma forma, Braz (2016 , p. 69) afirma que "é importante ressaltar que todas essas inteligências devem ser tratadas em um plano de igualdade, em que nenhuma inteligência é posta como mais importante que a outra em um processo comunicativo", entendendo o processo de ensino e aprendizagem como um processo comunicativo. Cabe dizer que aquilo que "uma pessoa de um determinado grupo social necessita saber pode ser diferente do que o contexto lhe exige; assim, todas as pessoas são inteligentes em seu contexto e são capazes de aprender novas habilidades que são necessárias no novo contexto apresentado" (BRAZ, 2016, p. 69). Nesse sentido, aos professores é sugerido que considerem em seus planejamentos das práticas pedagógicas a necessidade de articular os três tipos de inteligência visando potencializar o processo de ensino e aprendizagem e a igualdade entre os estudantes, ainda que apresentem perfis e interesses distintos.

Trabalhando temáticas de direitos humanos, inclusão e respeito ao longo do ano

Um dos desafios contemporâneos da escola é garantir o direito de todos à educação. Para garantir o desenvolvimento de seus estudantes nas dimensões individual e social, como cidadãos conscientes de seus direitos e deveres, é primordial que se invista na inclusão social fundamentada nos valores de liberdade, justiça, pluralidade, solidariedade e sustentabilidade.

Uma educação que tenha a finalidade de promover a mudança e a transformação social precisa estar fundamentada em princípios como dignidade humana; promoção de diálogos interculturais; igualdade de direitos sem distinção de crenças, nacionalidades, orientação sexual ou local de moradia; reconhecimento e valorização das diferenças e diversidades; democratização da educação, garantia da participação de todos no processo educativo; transversalidade, vivência e globalidade. Ao professor caberá promover trabalhos por meio do diálogo, do respeito, numa vertente que considera aspectos interdisciplinares e sustentabilidade socioambiental e estimula o respeito ao espaço público e coletivo.

Como se trata de construção de valores éticos, é fundamental que todos esses temas sejam trabalhados de forma vivencial, adotando-se instrumentos e estratégias metodológicas que promovam a construção prática desses valores, envolvendo não só o ambiente escolar, como também a comunidade e extrapolando para o mercado de trabalho onde, futuramente, os estudantes estarão inseridos.

REPRODUÇÃO

Nesse contexto de respeito e exercício dos valores, é preciso um olhar atento para o *bullying*, um conjunto de atitudes agressivas verbais ou físicas, intencionais e repetitivas que envolvem uma pessoa ou grupo e têm a intenção de intimidar, causar dor ou angústia em um indivíduo. O *bullying* pode ocorrer em qualquer contexto social e não é um fenômeno recente, mas cresceu com a influência dos meios eletrônicos, como a internet, onde os apelidos pejorativos e as brincadeiras ofensivas ganharam proporções muito maiores. Envolve geralmente três grupos de sujeitos: os alvos, os autores e as testemunhas.

O *bullying* é classificado como direto, quando as vítimas são atacadas diretamente, ou indireto, quando estão ausentes. São considerados *bullying* direto os apelidos, agressões físicas, ameaças, roubos, ofensas verbais ou expressões e gestos que geram mal-estar aos alvos. São atos utilizados com uma frequência quatro vezes maior entre os meninos. O *bullying* indireto compreende atitudes de indiferença, isolamento, difamação e negação aos desejos, sendo mais adotados pelas meninas. [...]

Considera-se alvo o aluno exposto, de forma repetida e durante algum tempo, às ações negativas perpetradas por um ou mais alunos. [...] Em geral, não dispõe de recursos, *status* ou habilidade para reagir ou cessar o *bullying*. Geralmente, é pouco sociável, inseguro e desesperançado quanto à possibilidade de adequação ao grupo. Sua baixa autoestima é agravada por críticas dos adultos sobre a sua vida ou comportamento, dificultando a possibilidade de ajuda. Tem poucos amigos, é passivo, retraído, infeliz e sofre com a vergonha, medo, depressão e ansiedade. Sua autoestima pode estar tão comprometida que acredita ser merecedor dos maus-tratos sofridos. [...]

O autor de *bullying* é tipicamente popular; tende a envolver-se em uma variedade de comportamentos antissociais; pode mostrar-se agressivo inclusive com os adultos; é impulsivo; vê sua agressividade como qualidade; tem opiniões positivas sobre si mesmo; é geralmente mais forte que seu alvo; sente prazer e satisfação em dominar, controlar e causar danos e sofrimentos a outros. Além disso, pode existir um componente benefício em sua conduta, como ganhos sociais e materiais. São menos satisfeitos com a escola e a família, mais propensos ao absenteísmo e à evasão escolar e têm uma tendência maior para apresentarem comportamentos de risco (consumir tabaco, álcool ou outras drogas, portar armas, brigar, etc.) [...]

A maioria dos alunos não se envolve diretamente em atos de *bullying* e geralmente se cala por medo de ser a próxima vítima, por não saberem como agir e por descrerem nas atitudes da escola. [...]

Grande parte das testemunhas sente simpatia pelos alvos, tende a não culpá-los pelo ocorrido, condena o comportamento dos autores e deseja que os professores intervenham mais efetivamente. Cerca de 80% dos alunos não aprovam os atos de *bullying*. A forma como reagem ao *bullying* permite classificá-los como auxiliares (participam ativamente da agressão), incentivadores (incitam e estimulam o autor), observadores (só observam ou se afastam) ou defensores (protegem o alvo ou chamam um adulto para interromper a agressão). [...]

Fonte: NETO, A. A. L. *Bullying* – comportamento agressivo entre estudantes. *Jornal de Pediatria*, Rio de Janeiro, v. 81, n. 5, p. 164-172, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jped/v81n5s0/v81n5Sa06.pdf>. Acesso em: maio 2020.

Projetos para redução da violência estudantil e do *bullying* devem envolver professores, estudantes, funcionários e pais e contar com ações de conscientização. É importante estabelecer normas, diretrizes coerentes e envolvendo a participação de todos:

- Criar espaços para conscientização geral e para a escuta e a fala na direção de resolução dos conflitos de forma não violenta garantindo um ambiente escolar sadio e seguro para todos, promovendo uma cultura de paz.
- Não rotular os sujeitos envolvidos no *bullying*, mas trabalhar com cada grupo de forma específica de acordo com suas necessidades.
- Olhar para cada estudante como um indivíduo, compreender o que se passa com o sujeito inserido no conflito e exercer empatia e apoio acolhendo as vítimas de *bullying*.
- Conversar sobre o tema, abrir o diálogo entre pais, estudantes e professores com o objetivo de conscientizar os agressores sobre a incorreção de seus atos.

Numa perspectiva mais geral, focalizar a escola inteira e não apenas os envolvidos diretamente no *bullying*, como os agressores ou as vítimas, é mais coerente ao se considerar a escola um sistema dinâmico. Por isso, o *bullying* nesta concepção torna-se um problema sistêmico, "abrangendo alunos, professores, pais, a escola e a comunidade como um todo". A intervenção, portanto, requer múltiplas estratégias que envolvem a "participação ativa do diretor da escola durante todo o processo de intervenção e uma abordagem multifacetada e compreensiva do *bullying*. Essa abordagem deve instituir medidas tais como: (1) uma política abrangente e clara para a escola combater o *bullying* nas suas mais diversas formas; (2) fornecimento de treinamento básico para os professores, funcionários e alunos sobre as atitudes específicas a serem tomadas quando da ocorrência de episódios de *bullying*; (3) educação e envolvimento dos pais para que possam compreender o problema, reconhecer os sinais e intervir adequadamente; (4) adaptação de estratégias específicas para lidar com os agressores e com as vítimas, envolvendo a inclusão dos pais; (5) encorajamento dos alunos para denunciarem colegas agressores para apoiarem colegas vítimas de *bullying*; (6) utilização de medidas que aumentem a supervisão pelos adultos, que podem incluir a presença física mais constante por parte de um adulto ou através de monitorização por equipamentos eletrônicos; (7) realização de estudos pré e pós-intervenção visando confirmar o impacto que as estratégias anti-*bullying* tiveram na escola".

Fonte: ISOLAN, L. *Bullying* escolar na infância e na adolescência. *Revista Brasileira de Psicoterapia*, v. 16, n. 1, p. 68-84, 2014.

EDIÇÃO MODERNA

As TDICs e a educação

O surgimento da Sociedade da Informação trouxe a substituição da mão de obra por máquinas e robôs, ficando as pessoas em cargos de gestão de informações. Essa nova sociedade favoreceu o desenvolvimento das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) e causou alterações na velocidade com que essas tecnologias evoluíram e as informações foram disponibilizadas pelos meios de comunicação (CASTELLS, 2016).

Esse novo cenário expõe os estudantes a uma grande quantidade de informações, aplicações e objetos didáticos, uma vez que as TDICs possibilitam, com o uso de imagens, símbolos, notações, áudios e vídeos, formular determinadas informações e transmiti-las. O que se percebe é que, cada vez mais, os jovens passam a ter acesso às informações, estão mais conectados e compartilham experiências. Claro que não podemos desconsiderar que o acesso não é uma realidade para todos os estudantes.

Embora muitos de nós, professores, estejamos ainda pouco acostumados a fazer uso das TDICs no contexto escolar, os estudantes têm mostrado interesse pelos seus usos, mesmo aqueles que ainda têm pouco acesso. A possibilidade de pesquisar, de organizar registros, de simular o mundo invisível de moléculas e átomos, por meio do uso de aplicativos, simulações, jogos digitais ou realidade aumentada, tem mostrado resultados satisfatórios para a aprendizagem, trazendo à sala de aula inovação, participação e interação.

É fundamental que o uso das TDIC seja bem planejado e orientado pelo professor, para que se torne um recurso eficiente e os objetivos pretendidos sejam atingidos: que os estudantes sejam capazes de selecionar informações, analisar vídeos, imagens, textos, usar simulações para auxiliar na compreensão de conceitos, compartilhar ideias, entre tantos outros.

Um dos maiores desafios que o professor enfrenta é o de incorporar as TDIC em sua prática, o que, sem dúvida, exige uma mudança cultural sobre o papel do professor e da escola. Isso pressupõe a valorização da atribuição do professor como orientador das atividades que podem ser feitas com o uso de uma tecnologia, instruindo e supervisionando o processo dos estudantes. Ao mesmo tempo, estudantes e comunidade devem entender que o professor não é o "detentor" do conhecimento, mas um orientador experiente que conhece mais a respeito do que ensina do que seus estudantes, embora tenha sempre muito a aprender. Assim, é essencial refletir sobre o papel da escola, fundamental no sentido de viabilizar ou impedir que a inovação, expressa por uma nova forma de ensinar, facilitada com o uso das TDIC, incorpore-se à cultura escolar.

Segundo Valente (2003), a verdadeira função do aparato tecnológico não deve ser o ensino propriamente dito, mas sim a de criar condições de aprendizagem ativa. Dessa forma, o professor não deve se restringir a um mero repassador de informação, e sim ser o facilitador no processo de aprendizagem dos estudantes. Essa nova maneira de pensar o ensino nos propõe a refletir que, se antes o pensamento lógico-matemático era central para a resolução de problemas, novas habilidades passaram a ser exigidas na contemporaneidade, sendo marcadas por imaginação, criatividade e inovação.

Por isso, à prática docente é demandada uma reconfiguração que atenda às necessidades sociais de informação e conhecimento. Um novo desafio que se configura por um contexto social, econômico e cultural, sustentado pelas tecnologias de informação e de comunicação, apresenta-se ao professor. Nesse sentido, os estudantes não devem ser colocados como consumidores de tecnologia, mas como produtores de dispositivos e saberes tecnológicos para construir respostas aos problemas. Para que essa mudança de paradigma se torne uma possibilidade, deve-se desenvolver nos estudantes o pensamento computacional.

Mesmo que o professor esteja pouco familiarizado com o uso dos recursos tecnológicos, poderá começar por fazê-lo em algumas poucas atividades sempre que possível, para ganhar confiança nesse uso. Para isso, vale recorrer ao trabalho compartilhado com colegas de outras áreas, com alguma experiência na utilização pedagógica das TDIC. O emprego de simulações, por exemplo, é particularmente instigante para os estudantes, pois permite a realização de atividades interativas, propiciando, se bem utilizado, o avanço em relação à aprendizagem.

O pensamento computacional

O termo **pensamento computacional** apareceu na literatura pela primeira vez em 2006, em um artigo de Jeannete Wing, sendo definido como um conjunto de habilidades relacionadas ao desenvolvimento de soluções computacionais para problemas do mundo real. Wing afirma, inclusive, que se deveria ensinar essas habilidades assim como se ensina as crianças a ler, escrever e calcular.

O pensamento computacional não deve ser confundido com o uso eficiente de aplicações de escritório, como editores de texto, *software* de planilha eletrônica ou navegadores da internet, mas sim compreendido como um conjunto de habilidades para expandir as capacidades humanas com o uso dos computadores. Em consonância com a visão de Wing, em 2008, Paulo Blikstein já ilustrava a importância desse tipo de pensamento em seu texto *O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação*, no qual diz que tanto a academia quanto a indústria sofriam influência do avanço da tecnologia, desconstruindo, inclusive, os estereótipos. A ideia que se tinha de pesquisadores com aventais brancos atrás de bancadas de laboratórios se transformou em pessoas sentadas à frente do computador, criando e testando modelos computacionais, realizando simulações.

Com o passar dos anos, a definição do termo pensamento computacional foi sendo refinada e aprofundada. Em 2008, Wing afirmou que esse tipo de pensamento dialoga com a Matemática – dada a maneira como se aborda uma situação-problema para resolvê-la –, com a Engenharia – devido à abordagem do *design* da solução e avaliação de um sistema grande e complexo que opera com muitas variáveis – e, também, com o pensamento científico –, pois se faz necessário entender conceitos como computabilidade, inteligência, mente e o comportamento humano. Em outras palavras, o pensamento computacional é uma maneira sistemática e eficiente de resolver problemas, produzindo, se necessário – e não obrigatoriamente – uma solução computacional.

EM MODERNA

Ao reconhecer a importância e a necessidade do pensamento computacional, o conceito foi inserido e definido na BNCC como "[...] as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos [...]". Mais recentemente, as habilidades do pensamento computacional foram organizadas por iniciativas como a Code.org e a BBC Learning em quatro grandes pilares: abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmo, que são explicados a seguir.

- **Abstração**: o pilar da abstração diz respeito às habilidades necessárias para identificar e selecionar os dados relevantes à resolução de um problema, pois muitas vezes, no mundo real, os problemas trazem muita informação que não será utilizada ou, ainda, não trazem consigo todas as informações necessárias para resolvê-lo.
- **Reconhecimento de padrões**: quando se analisa uma situação-problema, pode-se, eventualmente, encontrar similaridades com um problema já resolvido ou regularidades dentro do próprio problema. Essa percepção permite o reaproveitamento de estratégias ou métodos de resolução, aplicando o conhecimento prévio na situação atual.
- **Decomposição**: quando um problema é demasiadamente complexo, pode-se pensar em como dividi-lo em etapas ou subproblemas de maneira que, resolvendo-se cada etapa ou cada subproblema, resolve-se o inicial.
- **Algoritmo**: um algoritmo pode ser definido como uma sequência finita de passos destinados a realizar uma tarefa ou resolver um problema. Essa sequência precisa ser muito clara e organizada para que uma pessoa possa reproduzi-lo ou, eventualmente, representá-lo em linguagem de programação executável por um computador.

Nesta coleção, o pensamento computacional é contemplado conforme os pilares que o compõem. O desenvolvimento de cada pilar pode ser verificado em diversas atividades. No **Suplemento do Professor**, indicaremos alguns destaques em que o desenvolvimento dos pilares desse raciocínio é mais favorecido. Vale salientar que nem sempre os quatro pilares são utilizados, pois, por exemplo, um problema pode ser simples o suficiente para não precisar ser decomposto ou não será necessária a criação de um algoritmo.

Ao assumir o compromisso de desenvolver o pensamento computacional, é preciso deixar claro que isso exige outra forma de pensar por parte dos professores. Essa nova forma de pensar possibilita aos estudantes proceder à resolução de problemas em decorrência do desenvolvimento da capacidade de descrever e explicar situações que são consideradas complexas.

Planejamento de aula

O planejamento é uma ferramenta que subsidia a prática pedagógica do professor porque permite uma organização metodológica do conteúdo que será trabalhado em sala de aula com os estudantes, assim torna-se uma necessidade para o desenvolvimento das competências e habilidades, uma vez que, no planejamento, são registrados os meios pelos quais ocorrerá o processo de ensino. Entretanto, podemos considerar que o ato de planejar é algo complexo no trabalho do professor por vários motivos; entre eles, as dificuldades decorrentes da ausência de uma formação teórico-metodológica adequada para compreender por que o ato de planejar é fundamental na prática docente. Ainda assim, de acordo com Libâneo (2006, p. 222), a importância do planejamento encontra-se no fato de ser "um processo de racionalização, organização e coordenação da ação docente, articulando a atividade escolar e a problemática do contexto social. A escola, os professores e os estudantes são integrantes da dinâmica das relações sociais; tudo o que acontece no meio escolar está atravessado por influências econômicas, políticas e culturais que caracterizam a sociedade de classes. Isso significa que os elementos do planejamento escolar – objetivos, conteúdos, métodos – estão recheados de implicações sociais [...]. Por essa razão, o planejamento é uma atividade de reflexão acerca das nossas opções [...]".

E o autor acrescenta:

> O planejamento tem assim as seguintes funções:
>
> **a)** Explicar os princípios, diretrizes e procedimentos do trabalho docente que assegurem a articulação entre as tarefas da escola e as exigências do contexto social e do processo de participação democrática.
>
> **b)** Expressar os vínculos entre o posicionamento filosófico, político-pedagógico e profissional e as ações efetivas que o professor vai realizar na sala de aula, através de objetivos, conteúdos, métodos e formas organizativas de ensino.
>
> **c)** Assegurar a racionalização, organização e coordenação do trabalho docente, de modo que a previsão das ações docentes possibilite ao professor a realização de um ensino de qualidade e evite a improvisação e a rotina.
>
> **d)** Prever objetivos, conteúdos e métodos a partir de consideração das exigências postas pela realidade social, do nível de preparo e das condições socioculturais e individuais dos alunos.
>
> **e)** Assegurar a unidade e a coerência do trabalho docente, uma vez que torna possível inter-relacionar, num plano, os elementos que compõem o processo de ensino: os objetivos (para que ensinar), os conteúdos (o que ensinar), os alunos e suas possibilidades (a quem ensinar), os métodos e técnicas (como ensinar) e avaliação que intimamente relacionada aos demais.
>
> **f)** Atualizar os conteúdos do plano sempre que for preciso, aperfeiçoando-o em relação aos progressos feitos no campo dos conhecimentos, adequando-os às condições de aprendizagens dos alunos, aos métodos, técnicas e recursos de ensino que vão sendo incorporados nas experiências do cotidiano.
>
> **g)** Facilitar a preparação das aulas: selecionar o material didático em tempo hábil, saber que tarefas professor e alunos devem executar. Replanejar o trabalho frente a novas situações que aparecem no decorrer das aulas.
>
> **Fonte:** LIBÂNEO, J. C. *Didática*. São Paulo: Cortez, 2006. (Coleção magistério 2º grau. Série formação do professor).

COPIA

O ato de planejar requer que alguns aspectos estejam claros para o professor, podemos citar como exemplo o fato de o professor conhecer a realidade daquilo que deseja implementar no seu planejamento e que compreenda as necessidades dos estudantes que carecem ser trabalhadas, para que possa realizar intervenções que promovam a superação dessas limitações. A sequência de ensino, objetividade, coerência e flexibilidade tornam os planos efetivos instrumentos para a ação docente.

Com as atuais mudanças propostas pela BNCC, o planejamento é imprescindível para que o ensino esteja alinhado com as competências a serem desenvolvidas nos estudantes ao longo da Educação Básica para sua formação cidadã. No planejamento individual, o professor deve ainda levar em conta as competências específicas da área de conhecimento e as habilidades a serem desenvolvidas. Ao definir o objetivo a ser alcançado na aula em questão, é importante ter flexibilidade para atender a situações imprevistas ou prever possíveis adaptações ou variações para assistir estudantes com maiores dificuldades no processo de aprendizagem. Para auxiliar o professor na elaboração do planejamento, estão indicadas, na obra, as habilidades trabalhadas em cada capítulo.

O planejamento escolar é uma tarefa docente que inclui tanto a previsão das atividades em termos de organização e coordenação em face dos objetivos propostos, quanto a sua revisão e adequação no decorrer do processo de ensino. O planejamento é um meio para programar as ações docentes, mas é também um momento de pesquisa e reflexão intimamente ligado à avaliação. Há três modalidades de planejamento articulados entre si, o plano da escola, o plano de ensino e o plano das aulas, os quais devem dialogar para desenvolver o perfil do estudante previsto no projeto político-pedagógico da escola.

Cronogramas

Ao elaborar seu projeto pedagógico – o plano de ensino que determina as competências, as habilidades e as estratégias que serão desenvolvidas ao longo de um curso –, cada escola e cada professor têm diferentes preferências e se defrontam com diferentes realidades. A inclusão de um livro didático nesse projeto não implica o compromisso de esgotar completamente seu conteúdo nem de seguir rigorosamente sua sequência de assuntos. Esta obra está organizada em volumes que se subdividem em capítulos. Isso não impede, entretanto, que determinados temas sejam abordados mais resumidamente, ou mesmo postergados, para um eventual tratamento em outro momento. Cabe ao professor selecionar o que julga mais relevante para o projeto pedagógico de sua escola.

Pensando em uma maneira de auxiliar no trabalho do professor em sala de aula, apresentamos algumas sugestões de organização do cronograma: bimestralmente, trimestralmente e semestralmente.

Para fins práticos, numeramos genericamente os volumes de 1 a 6, mas a sequência de volumes deve ser escolhida em comum acordo com os professores da área, alinhada com o projeto pedagógico da escola, o currículo de seu estado e as características de seus estudantes. Portanto, a adoção desse encadeamento entre os volumes não é obrigatória, pois cada volume é autocontido.

Organização bimestral

Essa organização considera a formação geral básica nos seis primeiros bimestres do Ensino Fundamental, abrangendo o 1º ano completo e o primeiro semestre do 2º ano. Nela, cada um dos seis volumes da coleção seria trabalhado bimestralmente. A segunda metade do curso seria destinada exclusivamente à realização dos itinerários formativos.

	1º ano	2º ano	3º ano
1º bimestre	Volume 1	Volume 5	Itinerários formativos
2º bimestre	Volume 2	Volume 6	Itinerários formativos
3º bimestre	Volume 3	Itinerários formativos	Itinerários formativos
4º bimestre	Volume 4	Itinerários formativos	Itinerários formativos

Organização trimestral

A organização trimestral considera a formação geral básica no 1º e no 2º anos do Ensino Médio, em seis trimestres. Nela, três volumes da obra seriam trabalhados por ano. O 3º ano completo seria voltado aos itinerários formativos.

	1º ano	2º ano	3º ano
1º trimestre	Volume 1	Volume 4	Itinerários formativos
2º trimestre	Volume 2	Volume 5	Itinerários formativos
3º trimestre	Volume 3	Volume 6	Itinerários formativos

Organização semestral ou anual

A formação geral básica e a realização dos itinerários formativos ocorreriam ao longo dos três anos dedicados ao Ensino Médio, sendo que o conteúdo de cada volume seria trabalhado ao longo de um semestre.

	1º ano	2º ano	3º ano
1º semestre	Volume 1	Volume 3	Volume 5
2º semestre	Volume 2	Volume 4	Volume 6

Essa organização considera que o regime de tempo integral ainda não será uma realidade em todas as instituições de ensino. Assim, a simultaneidade da formação geral básica e dos itinerários formativos poderá acarretar uma redução no tempo disponível para o trabalho de Ciências da Natureza, justificando o uso de um volume ao longo de um semestre.

Avaliação

No processo de avaliação escolar, devem-se considerar o planejamento, a rotina, as estratégias, os registros, as escolhas teóricas e os limites temporais. É importante perceber o retorno das suas ações educativas, levando em conta seus acertos, suas dificuldades e sua relação com os estudantes e com a instituição.

EDIÇÃO MODERNA

Assim, a avaliação assume também um caráter reflexivo, orientado por algumas questões:

- O que avaliar?
- Para que avaliar?
- Como avaliar?
- Que critérios serão adotados para avaliar?
- Quais podem ter sido as principais causas do sucesso ou fracasso das estratégias e dos recursos adotados?
- Como registrar os resultados da avaliação?

Avaliar no contexto educativo pressupõe momentos que possibilitam que os professores se tornem conscientes de seus atos e percebam os efeitos do ensino, proporcionando que reflitam, repensem e replanejem os caminhos, os objetivos almejados e as formas utilizadas para se chegar aonde se deseja.

Os resultados desse processo levarão o professor a tomar decisões em relação à próxima sequência de atividades. A avaliação não deve ser considerada apenas uma forma de medir e valorar os resultados, mas um ponto de partida para novas aprendizagens e para ultrapassar os obstáculos que impedem o êxito. Por isso deve estar centrada tanto no processo quanto no produto.

Quando o professor decide por realizar uma avaliação, é importante deixar claro para os estudantes quais serão os critérios a serem utilizados para valorar as respostas. Além disso, também é importante esclarecer quais objetivos e competências são desejados: quais conhecimentos? Quais atitudes? Quais valores? Mediante os resultados da avaliação, o professor terá condições para analisar os motivos pelos quais os objetivos e as competências não foram atingidos e propor soluções para que as dificuldades possam ser superadas. Para que a avaliação cumpra esse caráter formativo, é imprescindível articulá-la às competências e habilidades pelas quais se orienta o processo de ensino e aprendizagem.

De acordo com Zabala (1998, p. 197), a avaliação nos convida a responder a alguns questionamentos, como: "avaliação serve para medir o grau de conhecimento do discente? Serve para medir o processo de ensino/aprendizagem? Quem se avalia? O que se avalia?". A avaliação escolar é entendida aqui como um dos momentos de construção do conhecimento, sendo realizada de forma processual e pontual: ao longo de um período (no início, como diagnóstico, no meio e no final), em determinados intervalos (a curto, médio e longo prazos) e no decorrer do processo educativo. A avaliação pode ser aplicada em diferentes momentos do ensino:

- **Avaliação inicial** – sua finalidade é conhecer as necessidades dos estudantes e planejar o ensino com base naquilo que eles já sabem, tendo em vista seus conhecimentos prévios. Em boa parte, essa avaliação pode ser feita por meio da participação oral ou escrita dos estudantes às questões que constam nas seções *Para começo de conversa*, no início de cada capítulo.
- **Avaliação ao longo do processo** – permite detectar obstáculos que os estudantes encontram durante o processo e serve para reorientar o trabalho. Além disso, também tem a função de mostrar sobre a eficácia do método de ensino. Avaliação significa reflexão. E partindo do pressuposto de que nos dá informações sobre o processo não pode ser aplicada apenas no final do processo, e sim desde o princípio e ao longo deste. No início ou final das aulas, podem ser feitas pequenas avaliações com base em discussões realizadas, em tarefas de casa, observação de trabalhos realizados em aula, perguntas orais de caráter coletivo, perguntas individuais, comentários de imagens ou diagramas, solução de problemas ou questões da vida cotidiana, entre outras. Tais avaliações também possibilitam uma melhor percepção sobre quais aspectos devem ser retomados no ensino, quais conteúdos e habilidades convém privilegiar e quais assuntos podem ser aprofundados.
- **Avaliação ao final do processo** – permite identificar os conhecimentos adquiridos e determinar a qualidade do processo de ensino. A avaliação global, no final de um processo, previsto para um período de tempo, possibilita avaliar se o todo planejado foi alcançado.

Ao se falar em autoavaliação, podemos nos perguntar em que consiste esse processo e como proceder para efetivá-lo. Ao considerar que a autoavaliação é uma estratégia para que o próprio estudante possa valorar seu rendimento em termos de aprendizagem, a efetivação desse processo requer a participação do professor para que essa valoração seja a mais precisa possível.

Algumas das possibilidades para o professor seria pedir aos estudantes que registrem por escrito seus avanços, questioná-los sobre seus conhecimentos e estimular com isso a percepção de suas dificuldades para que possam planejar maneiras de avançar no conhecimento dos conteúdos necessários, organizar discussões em sala de aula esclarecendo as finalidades e os critérios importantes para a autoavaliação, realizar avaliações conjuntas até que os estudantes tenham condições de se avaliarem, oportunizar momentos em que eles possam se autoavaliar, construir uma atmosfera que favoreça a autoavaliação e torná-la uma experiência satisfatória.

O exercício da autoavaliação favorece o desenvolvimento da autonomia, pois ao vivenciar esse processo os estudantes podem, progressivamente, tornar-se mais responsáveis pela própria vida, até que fiquem independentes para avaliar sua condição em termos do rendimento escolar e sejam capazes de tomar suas próprias decisões. É fundamental que os estudantes tomem consciência de suas limitações e tenham condições de buscar por maneiras para superá-las, para que cada vez mais desenvolva suas capacidades e competências. O desenvolvimento da capacidade de autorregulação é essencial tanto ao processo de aprendizagem quanto à vida adulta.

Em linhas gerais, a avaliação resulta em indicadores da prática educativa, ou pode ser resultado de indicadores levantados previamente, que consideram o uso de instrumentos que auxiliam na reflexão. O professor pode elencar múltiplas habilidades passíveis de avaliação e verificar se os estudantes estão aptos a:

- identificar os objetos de estudo da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física ou Química) e suas categorias de análise;
- caracterizar os principais conceitos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física ou Química) a serem desenvolvidos no Ensino Médio;

EM ORDEM

- estabelecer relações entre os conhecimentos científicos trabalhados no contexto escolar, tomando posição questionadora e crítica e exercendo a cidadania;
- estabelecer relações entre as informações apresentadas e os conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir uma argumentação consistente.

Espera-se que os professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio auxiliem os estudantes nesse processo de aprender e internalizar uma postura questionadora, crítica e permanentemente aberta às mudanças culturais, científicas e tecnológicas. Em concordância com Franco e Pimenta (2016, p. 543), "acreditamos que o ensino é uma atividade multidimensional em todas as esferas disciplinares. Empregamos esse termo [...], para reafirmar nossa convicção de que o ensino, de qualquer disciplina do saber, requer uma dinâmica de convergência nos atos e nas formas de ensinar. Requer fundamentos pedagógicos essenciais, pois é fenômeno complexo realizado entre os sujeitos professores e estudantes, situados em contextos, imbricado nas condições históricas e mediado por múltiplas determinações".

Esse modo de fazer está presente no Livro do Estudante. Na abertura de cada capítulo, a apresentação temática contempla questões e convida os estudantes a argumentar e a posicionar-se criticamente diante da situação de estudos. Nas propostas *Interligações*, *Comunicando ideias* e em algumas atividades, são estimulados o debate, a síntese, a pesquisa e a articulação dos conhecimentos específicos com sua aplicabilidade.

Tipos de avaliação e avaliações para diferentes perfis

A avaliação se diferencia em função da temporalidade e em função de sua natureza. Em relação à temporalidade, temos três momentos de avaliação: inicial ou diagnóstico, durante o processo e global. No primeiro caso, haverá o diagnóstico em relação aos conhecimentos aprendidos anteriormente, as lacunas e as dificuldades conceituais. Para isso, os instrumentos de coleta dessas informações vão exigir os saberes em relação ao rendimento individual de cada estudante; o diagnóstico em relação às suas atitudes e estratégias para que possamos conhecer as possibilidades dos estudantes para aprender novas informações e sua aplicação. Nesse caso, a sugestão seria o uso de ferramentas (provas, testes ou exercícios) práticos que pudessem indicar, por exemplo, o domínio dos estudantes sobre a forma de processar as informações correlacionado à maneira que aprendem. A avaliação contínua por sua vez coloca os estudantes em um processo valorativo contínuo e progressivo para que o professor acompanhe a aprendizagem, bem como a existência de lacunas e dificuldades que carecem de replanejamento do ensino. O que pode favorecer esse tipo de avaliação é a implementação de estratégias de ensino em que os estudantes se tornam ativos e participativos. Em contrapartida, prejuízos podem ocorrer se as aulas forem expositivas e houver desconhecimento por parte do professor das técnicas de observação. Como forma de exemplificar possíveis formas de avaliar, podemos sugerir que se estimule os estudantes a participar de debates, trabalhos em equipe, entre outras. Por fim, a avaliação global está relacionada ao fato de ponderar se os estudantes, naquele período determinado, alcançaram o rendimento previsto. Considera-se satisfatório aquele que atingiu o mínimo exigido.

Em função da natureza específica, a avaliação pode ser somativa, formativa, personalizada ou referir-se a norma, a critério.

Avaliação referente a norma

A relatividade das medidas no âmbito educacional é clara, tanto se considerarmos que não existe um "zero" absoluto, como a diversidade de regras de medição, para dar alguns exemplos. Por tudo isso, a valoração das pontuações não se realiza em função dos padrões absolutos, mas relativos, mediante a criação de grupos que sirvam de norma para avaliar os integrantes desse grupo. Estes grupos normativos são constituídos pela seleção de sujeitos que representam o grupo total, quer dizer, constituem uma amostra representativa de todo o grupo.

Avaliação referente a critério

Um critério é um padrão de conduta delimitado e preciso, que descreve com clareza o domínio desta conduta por parte do sujeito.

Avaliação somativa

Refere-se a avaliação global de um conteúdo extenso de uma matéria, equivalente a avaliações trimestrais ou finais. Identifica-se, pois, com a avaliação de resultados ou produtos alcançados (conhecimentos, estratégias e valores...).

Avaliação formativa

Identifica-se com a avaliação contínua e dirige-se a avaliar fundamentalmente os processos, através dos quais vai se integrando ao aluno os conteúdos a aprender ao longo de um determinado período de tempo, corrigindo-se as possíveis falhas que podem ocorrer de modo imediato, evitando assim que se produzam lacunas.

Avaliação personalizada

As avaliações "normativa" e "criterial" são insuficientes para avaliar a pessoa em todas as suas dimensões, características e circunstâncias: faz-se necessário uma avaliação personalizada, que considera, sobretudo, a satisfatoriedade e a insatisfatoriedade do rendimento pessoal, e não somente sua suficiência ou insuficiência. Trata-se, pois, de que cada aluno executar de acordo com suas possibilidades. Faz-se, pois, necessário estabelecer o nível que se considera razoável para cada estudante em função de suas capacidades e outras varáveis que influenciam as conquistas, para exigir-lhe em função do mesmo (diagnóstico). Contribui para isso estabelecendo, em cada disciplina, os objetivos competências mínimos ou fundamentais, obrigatórios e outros de caráter optativo ou de aprofundamento, de forma que se exija a cada aluno aquilo que corresponde a suas aptidões reais, como declarado em várias ocasiões.

Fonte: CARRASCO, J. B. *Enseñar hoy*: didáctica básica para professores. Madrid: Editorial Síntesis, 2011.

EM MODERNA

Organização da obra

A coleção é uma obra didática de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, organizada em seis volumes, dedicados ao estudo interdisciplinar dos conteúdos de Biologia, Física e Química dos três anos do Ensino Médio.

Cada um dos volumes é composto de seis capítulos que apresentam de forma interdisciplinar os conteúdos relacionados ao tema principal da obra. Os capítulos desenvolvem temas que estabelecem conexões entre conceitos próprios das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e deles com diferentes áreas do conhecimento, inserindo aspectos teóricos e sociais que se interligam pelos temas com o auxílio de seções e atividades cujas abordagens e objetivos são específicos e diferenciados. Assim, a relação entre as diferentes áreas do conhecimento, além das científicas, soma-se à contextualização sociocultural que permite ao estudante de Ensino Médio relacionar os aspectos do conhecimento científico, desenvolver habilidades argumentativas e buscar possíveis soluções (ou compreender as que são sugeridas) para as questões que se colocam pelos saberes e fazeres cotidianos.

Estruturação de cada volume

Ponto de partida

A abertura de cada um dos volumes busca instigar os estudantes e, para isso, aborda temáticas que serão desenvolvidas ao longo do volume.

Para começo de conversa

É a abertura de cada capítulo, sendo composta de imagens e texto que se relacionam com os conhecimentos específicos que serão estudados ao longo do capítulo. Nesta seção, também são apresentadas questões que instigam os estudantes, privilegiando, sempre que possível, os conhecimentos prévios dos estudantes e a formulação de hipóteses.

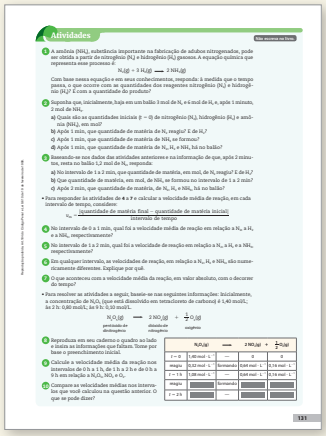
Interligações

Nesta seção, são trabalhados aspectos que relacionam o conteúdo abordado no capítulo e outras áreas do conhecimento e situações do cotidiano.

Em muitos casos, o próprio tema e as questões sugeridas permitem propostas interdisciplinares.

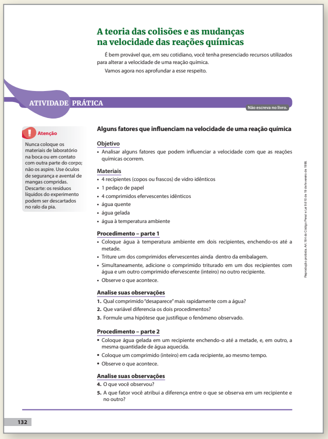
Caixa de ferramentas

Tem o objetivo de dar um suporte ao texto, trazendo explicações de alguns termos menos acessíveis ou conceitos essenciais para a compreensão do conteúdo abordado, fórmulas e recursos gerais.



Atividades

Esta seção aparece ao longo do capítulo e traz uma sequência de atividades que podem ser de aplicação direta de conceitos ou questões abertas e dissertativas.


A teoria das colisões e as mudanças na velocidade das reações químicas

É bem provável que, em seu cotidiano, você tenha presenciado recursos utilizados para alterar a velocidade de uma reação química.

Vamos agora nos aprofundar a esse respeito.

ATIVIDADE PRÁTICA

Não escreva no livro.

Atenção

Nunca coloque os materiais de laboratório na boca ou em contato com outra parte do corpo; não os aspire. Use óculos de segurança e avental de mangas compridas. Descarte: os resíduos líquidos do experimento podem ser descartados no ralo da pia.

Alguns fatores que influenciam na velocidade de uma reação química

Objetivo
- Analisar alguns fatores que podem influenciar a velocidade com que as reações químicas ocorrem.

Materiais
- 4 recipientes (copos ou frascos) de vidro idênticos
- 1 pedaço de papel
- 4 comprimidos efervescentes idênticos
- água quente
- água gelada
- água à temperatura ambiente

Procedimento – parte 1
- Coloque água à temperatura ambiente em dois recipientes, enchendo-os até a metade.
- Triture um dos comprimidos efervescentes ainda dentro da embalagem.
- Simultaneamente, adicione o comprimido triturado em um dos recipientes com água e um outro comprimido efervescente (inteiro) no outro recipiente.
- Observe o que acontece.

Analise suas observações
1. Qual comprimido "desaparece" mais rapidamente com a água?
2. Que variável diferencia os dois procedimentos?
3. Formule uma hipótese que justifique o fenômeno observado.

Procedimento – parte 2
- Coloque água gelada em um recipiente enchendo-o até a metade, e, em outro, a mesma quantidade de água aquecida.
- Coloque um comprimido (inteiro) em cada recipiente, ao mesmo tempo.
- Observe o que acontece.

Analise suas observações
4. O que você observou?
5. A que fator você atribui a diferença entre o que se observa em um recipiente e no outro?

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

132

Atividades práticas

A seção traz propostas de atividades práticas focadas no desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao levantamento de hipóteses, à interpretação de resultados e ao planejamento de experimentos. Para isso, são apresentados procedimentos e questões que, com a mediação do professor, orientam e problematizam o trabalho.

Atenção

Indica recomendações importantes para os estudantes e professores durante o desenvolvimento de atividades práticas, como o uso de equipamento de proteção individual (EPI) ou recomendações de segurança específicas para aquela prática.

> **Atenção**
>
> **Descarte dos resíduos:**
> As misturas podem ser descartadas na pia.
> O balão de borracha pode ser armazenado para outras atividades.

> **Comunicando ideias** — Não escreva no livro.
>
> **1.** Faça uma pesquisa sobre conservação de alimentos, procurando analisar:
> - os principais recursos que há centenas de anos os seres humanos adotaram para conservar alimentos (como carnes, por exemplo);
> - quais as principais razões de até hoje acumularmos perdas de grandes quantidades de alimentos;
> - estimativas das perdas de alimentos no Brasil;
> - papel dos conservantes que constam dos rótulos de alimentos industrializados.
>
> Indique as fontes de pesquisa, certificando-se de que elas são confiáveis. Exponha para a classe as informações que encontrou e, em grupo, elaborem painéis, pôsteres, publicações em redes sociais com o objetivo de conscientizar a comunidade sobre a importância de reduzir o desperdício de alimentos no Brasil.

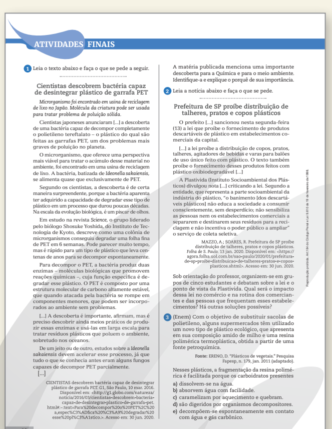
Comunicando ideias

Nesta seção, são propostas atividades que envolvem o desenvolvimento de habilidades relacionadas à comunicação de conteúdos científicos, em suas várias formas, dirigidas a diversos públicos e em vários meios. Atividades desse cunho visam desenvolver habilidades argumentativas utilizando diferentes formas de linguagem e a empatia com o público.

Fique por dentro

Esta seção aparece sempre ao final de cada capítulo e oferece indicações complementares de *sites*, livros, revistas, filmes, *softwares* etc.

> **Fique por dentro**
>
> **Internet**
>
> **Simulação de reações e taxas de rapidez**
> <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/reactions-and-rates>
>
> Nesse *site* é possível interagir com o programa, simulando o que ocorre em sistemas em reação com vários tipos de moléculas, incluindo variações de temperatura e representações gráficas.
>
> **Acesso em**: 20 jun. 2020.


ATIVIDADES FINAIS

1 Leia o texto abaixo e faça o que se pede a seguir.

Cientistas descobrem bactéria capaz de desintegrar plástico de garrafa PET

Microrganismo foi encontrado em usina de reciclagem de lixo no Japão. Molécula da criatura pode ser usada para tratar problema de poluição sólida.

Cientistas japoneses anunciaram [...] a descoberta de uma bactéria capaz de decompor completamente o polietileno tereftalato – o plástico do qual são feitas as garrafas PET, um dos problemas mais graves de poluição no planeta.

O microrganismo, que oferece uma perspectiva mais viável para tratar o acúmulo desse material no ambiente, foi encontrado em uma usina de reciclagem de lixo. A bactéria, batizada de *Ideonella sakaiensis*, se alimenta quase que exclusivamente de PET.

Segundo os cientistas, a descoberta é de certa maneira surpreendente, porque a bactéria aparenta ter adquirido a capacidade de degradar esse tipo de plástico em um processo que durou poucas décadas. Na escala da evolução biológica, é um piscar de olhos.

Em estudo na revista *Science*, o grupo liderado pelo biólogo Shosuke Yoshida, do Instituto de Tecnologia de Kyoto, descreve como uma colônia de microrganismos conseguiu degradar uma folha fina de PET em 6 semanas. Pode parecer muito tempo, mas é rápido para um tipo de plástico que leva centenas de anos para se decompor espontaneamente.

Para decompor o PET, a bactéria produz duas enzimas – moléculas biológicas que promovem reações químicas –, cuja função específica é degradar esse plástico. O PET é composto por uma estrutura molecular de carbono altamente estável, que quando atacada pela bactéria se rompe em componentes menores, que podem ser incorporados ao ambiente sem problemas.

[...] A descoberta é importante, afirmam, mas é preciso descobrir ainda meios práticos de produzir essas enzimas e usá-las em larga escala para tratar resíduos plásticos que poluem o ambiente, sobretudo nos oceanos.

De um jeito ou de outro, estudos sobre a *Ideonella sakaiensis* devem acelerar esse processo, já que tudo o que se conhecia antes eram alguns fungos capazes de decompor PET parcialmente.

[...]

CIENTISTAS descobrem bactéria capaz de desintegrar plástico de garrafa PET. G1, São Paulo, 10 mar. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2016/03/cientistas-descobrem-bacteria-capaz-de-desintegrar-plastico-de-garrafa-pet.html#:~:text=Para%20decompor%20o%20PET%2C%20a,espec%C3%ADfica%20%C3%A9%20degradar%20esse%20pl%C3%A1stico.>. Acesso em: 30 jun. 2020.

A matéria publicada menciona uma importante descoberta para a Química e para o meio ambiente. Identifique-a e explique o porquê de sua importância.

2 Leia a notícia abaixo e faça o que se pede.

Prefeitura de SP proíbe distribuição de talheres, pratos e copos plásticos

O prefeito [...] sancionou nesta segunda-feira (13) a lei que proíbe o fornecimento de produtos descartáveis de plástico em estabelecimentos comerciais da capital.

[...] a lei proíbe a distribuição de copos, pratos, talheres, agitadores de bebidas e varas para balões de uso único feito com plástico. O texto também proíbe o fornecimento desses produtos feitos com plástico oxibiodegradável [...]

A Plastivida (Instituto Socioambiental dos Plásticos) divulgou nota [...] criticando a lei. Segundo a entidade, que representa a parte socioambiental da indústria do plástico, "o banimento [dos descartáveis plásticos] não educa a sociedade a consumir conscientemente, sem desperdício; não sensibiliza as pessoas nem os estabelecimentos comerciais a separarem e destinarem seus resíduos para a reciclagem e não incentiva o poder público a ampliar" o serviço de coleta seletiva.

MAZZO, A.; SOARES, R. Prefeitura de SP proíbe distribuição de talheres, pratos e copos plásticos. *Folha de S. Paulo*. 13 jan. 2020. Disponível em: <https://agora.folha.uol.com.br/sao-paulo/2020/01/prefeitura-de-sp-proibe-distribuicao-de-talheres-pratos-e-copos-plasticos.shtml>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Sob orientação do professor, organizem-se em grupos de cinco estudantes e debatam sobre a lei e o ponto de vista da Plastivida. Qual será o impacto dessa lei no comércio e na rotina dos comerciantes e das pessoas que frequentam esses estabelecimentos? Há outras soluções possíveis?

3 (Enem) Com o objetivo de substituir sacolas de polietileno, alguns supermercados têm utilizado um novo tipo de plástico ecológico, que apresenta em sua composição amido de milho e uma resina polimérica termoplástica, obtida a partir de uma fonte petroquímica.

Fonte: ERENO, D. "Plásticos de vegetais." Pesquisa Fapesp, n. 179, jan. 2011 (adaptado).

Nesses plásticos, a fragmentação da resina polimérica é facilitada porque os carboidratos presentes
a) dissolvem-se na água.
b) absorvem água com facilidade.
c) caramelizam por aquecimento e quebram.
d) são digeridos por organismos decompositores.
e) decompõem-se espontaneamente em contato com água e gás carbônico.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

68

Atividades finais

Esta seção aparece apenas uma vez, ao final de cada capítulo, trazendo um conjunto de atividades e problemas sobre os principais temas abordados no capítulo, com atividades de aplicação dos conceitos ou sua mobilização em novas situações, dando continuidade às atividades presentes ao longo do tópico. Também podem representar oportunidade de revisão e recuperação de conteúdos. Há atividades que exigem a busca e a interpretação de dados em texto, artigo, tabela, ilustração, entre outros portadores. Também há questões que exigem que os estudantes se posicionem em relação a uma situação controversa ou que admitem diversidade de interpretações. Apresenta também questões do Enem e de vestibulares.

> **Próximos passos**
>
> Nas últimas décadas, grande parte dos compostos orgânicos produzidos industrialmente tem sido usada na obtenção de polímeros. Isso porque novos tipos de polímeros vêm sendo obtidos, abrangendo uma gama enorme de aplicações. Como parte significativa desses polímeros são plásticos, costuma-se dizer que vivemos a Idade dos Plásticos, em analogia à Idade da Pedra ou à do Bronze.
>
> No próximo capítulo, você será convidado a estudar as Eras geológicas e as diversas transformações que ocorreram no planeta Terra, mas, antes de iniciar esse estudo, faça um resumo do que lhe pareceu mais significativo neste capítulo e o compartilhe com seus colegas de classe.

Próximos passos

Esta seção faz o fechamento do capítulo e estabelece uma conexão entre o tópico abordado e o seguinte, com a intenção de conectar os conhecimentos.

Ponto final

Esta seção recupera o tema da seção *Ponto de partida* e realiza um fechamento, que pode ser uma sequência de atividades, um projeto, uma proposta de ampliação.

PONTO FINAL

O ritmo intenso de transformações ocorridas na sociedade estimulou a criação e a produção em larga escala de novos equipamentos, que surgem continuamente para substituir outros. Na indústria química, uma revolução aconteceu com a adoção maciça dos plásticos na confecção de diversos produtos, de canudinhos a peças de automóveis.

O ritmo acelerado com que se consomem tais produtos gerou um novo problema: O que fazer com os equipamentos antigos? O que fazer com todo o resíduo plástico que é produzido em nosso cotidiano?

Observe as imagens e reflita sobre o que significam.

A evolução tecnológica propiciou reunir inúmeras ferramentas em um único equipamento.

O objetivo aqui é refletir como alterações nos padrões de consumo se relacionam com eventuais impactos ambientais.

1. Em dupla, entrevistem pessoas, pesquisem e registrem as descobertas.
a) Quais eram as principais formas de comunicação a distância utilizadas nas décadas de 1960 e 1970? Pergunte a familiares e pessoas próximas se elas ainda utilizam tais tecnologias. Em caso negativo, por que foram substituídas?
b) Como eram armazenados dados e informações naquele período? Como isso é feito hoje em dia?
c) Vocês consideram algum equipamento eletrônico indispensável? Como seria o cotidiano sem ele?
d) O que é feito com os equipamentos eletrônicos que são substituídos nas indústrias e nas residências? Você já substituiu algum? O que foi feito com o equipamento antigo?
e) Dentre os produtos que você consome, quais são acondicionados em embalagens plásticas? O que você faz com elas após o consumo?

2. Organizem-se em grupos para fazer as atividades a seguir. Se for possível, assistam ao vídeo "A evolução da mesa de escritório", disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DJDBzxBE3Fg> (acesso em: 10 set. 2020). Observem as mudanças apresentadas e os efeitos benéficos que elas propiciam. Anote suas observações no caderno.
a) Façam um levantamento sobre itens comuns em mesas de escritório da década de 1980 e construam uma tabela com a correspondência entre cada item e um aplicativo de computador ou celular que cumpra a mesma função atualmente.
b) Quais materiais e equipamentos da década de 1980 obtidos no levantamento podem ser reaproveitados ou reciclados? Quais não podem?
c) As mídias de armazenamento de dados, com capacidade cada vez maior, tiveram um papel fundamental na evolução da informática. Façam uma pesquisa e construam uma linha do tempo representando a evolução das mídias de armazenamento e de sua capacidade, dos anos 1980 até os dias atuais.
d) Quais impactos ambientais podem ser causados pelo descarte indevido de equipamentos eletrônicos e de seus componentes, como baterias?
e) Descrevam ao menos uma proposta atual para a destinação sustentável de equipamentos eletrônicos descartados.

3. Agora elaborem um texto dissertativo sobre a utilização do plástico e os efeitos positivos e negativos de seu uso. Nesse texto, façam constar informações a respeito de coleta seletiva e de reciclagem de componentes plásticos. Como complemento, sugerimos que assistam ao vídeo *A história do plástico*, disponível em: <http://www.plasticotransforma.com.br/invencoes-do-plastico-na-historia> (acesso em 10 set. 2020).

4. Cada grupo deverá reunir todo o material obtido para produzir uma apresentação, se possível em formato digital, de modo que seja compartilhada com a comunidade escolar. Vocês podem elaborar desenhos, gráficos, tabelas, charges ou tirinhas com base nos relatos das conversas com os familiares e nas pesquisas, utilizar imagens da internet (citando as fontes) e propor maneiras de enfrentar os problemas gerados pelo consumo excessivo e o descarte inadequado de plásticos e equipamentos eletrônicos.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

154

MODERNA

Bibliografia

AUBERT, A. *et al. Aprendizaje dialógico en la sociedad de la información*. Barcelona: Hipatia, 2008.

O livro traz uma oportunidade de renovar as bases teóricas educacionais com práticas e pressupostos para a aprendizagem dialógica.

BLIKSTEIN, P. *O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação*. 2008. Disponível em: <http://www.blikstein.com/paulo/documents/online/ol_pensamento_computacional.html>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O artigo diferencia o que é o pensamento computacional do que não é e explica a importância dessa habilidade para os cidadãos do século XXI.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/SEB, 2018.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento homologado pelo Ministério da Educação que determina as competências (gerais e específicas), as habilidades e as aprendizagens essenciais que todos os estudantes devem desenvolver durante cada etapa da educação básica.

BRASIL. Ministério da Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica*: diversidade e inclusão. Brasília: MEC/Secadi, 2013.

O documento reúne as novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica resultantes de debates que procuram prover os sistemas educativos em seus vários níveis (municipal, estadual e federal) de instrumento para que crianças, adolescentes, jovens e adultos que ainda não tiveram oportunidade possam se desenvolver plenamente, respeitando suas diferentes condições sociais, culturais, emocionais, físicas e étnicas.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *PCN+ Ensino Médio*: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2002.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais é uma coleção de documentos que apresentam diretrizes elaboradas para orientar os educadores por meio da normatização de alguns fundamentos concernentes a cada disciplina.

BRASIL. Ministério da Educação. *Temas Contemporâneos Transversais na BNCC*. Brasília: MEC/SEB, 2019.

Documento que apresenta os Temas Contemporâneos Transversais, sua contextualização, como estão inseridos na BNCC e os pressupostos pedagógicos de sua abordagem.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em: 25 maio 2020.

Texto na íntegra da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e as bases da educação nacional.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria nº 971, de 9 de outubro de 2009. Programa Ensino Médio Inovador. Brasília: MEC/SEB. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=13439:ensino-medio-inovador>. Acesso em: 25 maio 2020.

O documento apresenta o programa Ensino Médio Inovador que foi instituído pela Portaria nº 971, de 9 de outubro de 2009, no contexto da implementação das ações voltadas ao Plano de Desenvolvimento da Educação – PDE. A edição atual do Programa está alinhada às diretrizes e metas do Plano Nacional de Educação 2014-2024 e à reforma do Ensino Médio proposta pela Medida Provisória 746/2016, bem como é regulamentada pela Resolução FNDE nº 4, de 25 de outubro de 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei nº 13.005, de 26 de junho de 2014. Plano Nacional de Educação. Brasília: MEC/SEB. Disponível em: <http://pne.mec.gov.br/>. Acesso em: 25 maio 2020.

O Plano Nacional de Educação (PNE) determina diretrizes, metas e estratégias para a política educacional no período de 2014 a 2024. No *site* podem ser encontrados *links* para o texto do PNE, assim como orientações para a elaboração ou adequação dos planos subnacionais, para o monitoramento e avaliação dos planos e a situação das metas dos planos.

BRASIL. Ministério da Educação. Medida Provisória nº 746, de 22 de setembro de 2016. Política de Fomento à Implementação de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília: MEC/SEB. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=48601-mp-746-ensino-medio-link-pdf&category_slug=setembro-2016-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 25 maio 2020.

Reprodução da página do *Diário Oficial da União* apresentando no texto a íntegra da Medida Provisória nº 746, de 22 de setembro de 2016, instituindo a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei nº 13.415 de 16 de fevereiro de 2017. Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília: MEC/SEB. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm>. Acesso em: 25 maio 2020.

Texto na íntegra da Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017, que altera leis anteriores e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral.

BRAZ, N. M. *Práticas dialógicas no processo de ensino e aprendizagem*: limites e possibilidades apresentadas por educadores (as) de Química na Educação de Pessoas Jovens e Adultas. 2016. 245f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2016.

Dissertação de mestrado que investiga quais são os limites e as possibilidades para a implementação de práticas dialógicas no processo de ensino e aprendizagem de Química na educação de jovens e adultos.

CARVALHO, A. D. de. Problematização e dilematização enquanto referenciais metodológicos da formação de educadores. Revista *Saber & Educar*, n. 16, 2011. Disponível em: <http://revista.esepf.pt/index.php/sabereducar/article/view/16>. Acesso em: 13 abr. 2021.

Artigo que explicita um conjunto de pressupostos comportamentais e de conceitos operacionais inerentes ao desenvolvimento de processos de problematização/dilematização.

CASTELLS, M. *A sociedade em rede*. 17. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2016.

O livro busca esclarecer a dinâmica econômica e social da nova era da informação com base em pesquisas feitas nos Estados Unidos, Ásia, América Latina e Europa. O autor examina os processos de globalização que marginalizavam e agora ameaçam tornar insignificantes países e povos excluídos das redes de informação.

EM PROVA

FAZENDA, I. C. A. *Interdisciplinaridade*: história, teoria e pesquisa. São Paulo: Papirus, 2010.

O livro traz vários textos produzidos pela autora entre 1975 e 1994, apresentados em congressos, conferências e/ou publicados em revistas sobre o tema interdisciplinaridade e a discussão sobre a necessidade da superação da dicotomia ciência/existência.

FAZENDA, I. C. A. (org.). *Didática e interdisciplinaridade*. Campinas: Papirus, 1998.

O livro reúne textos sobre as novas tendências em interdisciplinaridade. O objetivo da coletânea foi enfrentar um dos mais recentes paradoxos que a educação contempla: a longevidade das questões da didática e o ineditismo das proposições da interdisciplinaridade.

FRANCISCO JÚNIOR, W. E. Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins. *Química Nova na Escola*, n. 29, p. 20-23, 2008.

O artigo apresenta e discute uma abordagem calcada na problematização para o estudo das interações intermoleculares e alguns conceitos relacionados. Os resultados mostraram uma importante evolução conceitual, além da possibilidade da experimentação em despertar a curiosidade epistemológica dos estudantes.

FRANCO, M. A. S.; PIMENTA, S. G. Didática multidimensional: por uma sistematização conceitual. *Educação e Sociedade*, v. 37, n. 135, p. 539-553, 2016.

O texto discute possíveis articulações entre os princípios pedagógicos da Didática e das Didáticas Específicas, com o objetivo de configurar o estatuto de uma Didática Multidimensional.

LIBÂNEO, J. C. *Didática*. São Paulo: Cortez, 2006.

O livro apresenta um estudo sistemático da didática como teoria do processo de ensino, unindo a preparação teórica e prática na formação do professor.

LUCKESI, C. C. Verificação ou avaliação: o que pratica a escola? *Série Ideias*, São Paulo, FDE, n. 8, p. 71-80, 1998. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_08_p071-080_c.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

O artigo aborda a prática da aferição do aproveitamento escolar, tendo como matriz de abordagem os conceitos de verificação e avaliação, na perspectiva de, ao final, retirar proveitos para a prática docente.

MACHADO, N. J. *Educação*: competência e qualidade. São Paulo: Escrituras, 2009.

Os cinco ensaios que compõem o livro refletem sobre os temas competência e qualidade na educação, buscando elementos conceituais para fundamentar pontos de vista sobre tais questões. Os textos aqui reunidos foram apresentados, de modo independente, nos Seminários de Estudos em Epistemologia e Didática (SEED), realizados desde 1997, da Faculdade de Educação da USP.

MORI, L.; CUNHA, M. N. Problematização: possibilidades para o Ensino de Química. *Química Nova na Escola,* v. 42, n. 2, p. 176-185, maio 2020. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc42_2/10-EQF-41-19.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

O artigo sintetiza propostas metodológicas que indiquem maneiras diferentes de problematizar temas, conceitos e assuntos.

OLIVEIRA, C. C. G. F. *et al*. Análise dos temas e termos-chave da área de CTS no ensino de ciências a partir das teses e dissertações brasileiras. Revista *Indagatio Didactica*, v. 11, n. 2, p. 197-209, 2019.

O trabalho procura entender as relações entre os termos-chave utilizados nas 79 teses de doutorado e 415 dissertações de mestrado publicadas no Brasil de 1992 até 2017. Como resultado, foi possível verificar que temas como ensino de Ciências, de Física e de Química são bastante abordados nesses trabalhos, assim como há uma preocupação de discussões sobre CTS no que tange à formação docente e discente.

ORANGE, C. Problematização e conceptualização em Ciências e nas aprendizagens científicas. Revista *Saber & Educar*, n.16, 2011. Disponível em: <http://revista.esepf.pt/index.php/sabereducar/article/view/20>. Acesso em: 13 abr. 2021.

O artigo tenta explicitar, com base em Bachelard, Canguilhem e Popper, o que é a problematização científica, ao estudar as relações entre problematização e conceitualização em Ciências e nas aprendizagens científicas. Para isso, descreve algumas etapas de investigações conduzidas há vários anos sobre estas questões no CREN (Universidade de Nantes).

PERRENOUD, P. La formation des enseignants pour l'interdisciplinarité: une synthèse des recherches effectuées au Brésil. *Revue des Sciences de l'Éducation*, v. 24, n. 1, 1998.

O texto oferece uma releitura de dois projetos de pesquisa no Brasil a partir de uma retrospectiva histórica e crítica das questões relacionadas à formação interdisciplinar de professores. No artigo, a interdisciplinaridade está fortemente associada a uma atitude em relação à pesquisa e à adaptação de práticas alternativas de ensino.

PERRENOUD, P. *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 2000.

O livro privilegia as práticas inovadoras e, portanto, as competências emergentes, e propõe então um inventário das competências necessárias para delinear a prática docente.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. *Estágio e docência*. São Paulo: Cortez, 2004.

Discute a formação de professores e pedagogos a partir da relação entre a teoria e a prática.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, jan. 2007.

O artigo ressalta a importância do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) diante dos questionamentos críticos e reflexivos acerca do contexto científico-tecnológico e social e, em especial, sua relevância para o Ensino Médio.

QUEIROZ, T. D. (org.). *Dicionário prático de pedagogia*. São Paulo: Rideel, 2015.

O livro apresenta, de maneira simples, temas que atuais para auxiliar os educadores na orientação das práticas pedagógicas nos diversos níveis de ensino e aprendizado.

RAVITCH, D. *Vida e morte do grande sistema escolar americano*: como os testes padronizados e o modelo de mercado ameaçam a educação. Tradução: Marcelo Duarte. Porto Alegre: Sulina, 2011.

MODELO

O livro apresenta uma mudança radical de perspectiva. Demonstra por que o modelo empresarial não é uma forma apropriada de melhorar as escolas e evidencia que a educação de hoje está em perigo, usando exemplos de grandes cidades como Nova York, Philadelphia, Chicago, Denver, San Diego e Ravitch.

RICARDO, E. C. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. *Ciência & Ensino*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-12, nov. 2007.

O artigo discute a necessidade de considerar as tecnologias como referências dos saberes escolares não só para o estudo das máquinas ou equipamentos, mas também para compreender o mundo artificial e sua relação com o mundo natural.

SACRISTÁN, J. C.; PÉREZ GÓMEZ, A. I. *Compreender e transformar o ensino*. 4. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

O livro analisa os problemas e as práticas para dar sentido à realidade do ensino a fim de que os professores não transformem a prática pedagógica em uma reprodução sem compreender o que se faz.

SANTOS, W. L. P.; AULER, D. *CTS e educação científica*: desafios, tendências e resultados de pesquisa. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.

O livro apresenta reflexões, aponta desafios e possibilidades para o trabalho em sala de aula e contribuições para a pesquisa, no campo CTS, com dados empíricos em diversas linhas de investigação.

SANTOS, W. P. L.; SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química*: compromisso com a cidadania. Ijuí: Unijuí, 2000.

O livro apresenta uma nova leitura sobre o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) no ensino de Ciências e aborda princípios para a formação da cidadania que podem ser interessantes para todos os que trabalham no ensino de Ciências.

SCHIABEL, D.; SILVA, C. Currículo e desenvolvimento profissional docente. *Revista de Estudos Curriculares*, n. 10, v. 1, 2019.

O artigo apresenta a articulação entre o currículo e o desenvolvimento profissional dos docentes.

SCHMITT, C. da S.; DOMINGUES, M. J. C. de S. Estilos de aprendizagem: um estudo comparativo. *Avaliação* [*on-line*]. Campinas, v. 21, n. 2 [citado 2020-06-02], p. 361-386, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-40772016000200361&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 6 jul. 2020.

O artigo analisa e compara cinco instrumentos utilizados na prática de ensino em sala de aula e apresenta aspectos similares e distintos, para que cada um seja direcionado à temática de aprendizado de cada tipo de pessoa.

SILVA, E. L. da. *Contextualização no ensino de Química*: ideias e proposições de um grupo de professores. 2007. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

A dissertação de mestrado investiga as ideias e as proposições de um grupo de professores a respeito da contextualização no ensino de Química, especificamente as práticas de ensino nas quais os conteúdos são socialmente contextualizados. O texto discute como essas ideias refletem essa temática diante dos novos conhecimentos e como tais reflexões se manifestam nos materiais instrucionais.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. A significação do problema didático a partir de potenciais problemas significadores. *Ciência e Educação*, v. 25 n. 3, p. 569-587, 2019.

O artigo analisa a significação de um problema didático em atividade baseada no Ensino por Investigação. Argumenta a favor de que os elementos significadores podem servir de ferramenta pedagógica e analítica para orientar e avaliar o processo de significação em aulas investigativas, pelo surgimento de novos problemas.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. Atividades experimentais investigativas: utilizando a energia envolvida nas reações químicas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. *Anais* [...]. Disponível em: <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/220.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2020.

O artigo investiga as habilidades cognitivas manifestadas por estudantes do Ensino Médio de Química em uma atividade experimental investigativa sobre a energia envolvida nas transformações químicas. Também observa que a conduta da professora interfere na resposta do estudante, evidenciando a necessidade de permitir mais momentos de diálogo e reflexão para os alunos.

TARDIF, M. *Saberes docentes e formação profissional*. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2004.

O livro discute os saberes que servem de base aos professores para realizarem seu trabalho em sala de aula. Apresenta uma crítica aos enfoques anglo-americanos que reduzem o saber dos professores a processos psicológicos e também certas visões europeias tecnicistas que alimentam as abordagens por competência. Também se posiciona de forma crítica em relação às concepções sociológicas tradicionais que associam os professores a agentes de reprodução das estruturas sociais dominantes.

VALENTE, J. A.; PRADO, M. E. B. Brito; ALMEIDA, M. E. B. *Educação a distância via Internet*. São Paulo: Avercamp, 2003.

O livro aborda os desafios da educação à distância e do uso das tecnologias de informação e comunicação, inclusive para a formação de professores.

WING, J. M. Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 366, 3.717-3.725. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2008.0118>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O artigo, em inglês, apresenta a conceituação de computação e pensamento computacional que representa um novo desafio educacional para nossa sociedade.

WING, J. M. Viewpoint: Computational thinking. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006.

O artigo, em inglês, discute que o pensamento computacional representa uma atitude e um conjunto de habilidades universalmente aplicáveis, ressaltando que não apenas cientistas da computação estariam capacitados para aprender e usar.

ZABALA, A. *A prática educativa*: como ensinar. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

O livro propõe pautas e orientações sobre como melhorar a ação educativa. As decisões sobre essas e outras questões relacionadas ao ensino deverão ser justificadas pela função social do ensino e pela concepção dos processos de aprendizagem.

EM MODERNIA

Ponto de partida

Explore a abertura do volume com uma pergunta como esta: Como seria para um surfista perceber que a crista da onda está repleta de embalagens plásticas?

Embora a imagem da onda repleta de embalagens plásticas não seja real, o mesmo não pode ser dito das ilhas de plástico que se formam no Oceano Pacífico em função do descarte descuidado desse material. A fim de estimular o debate sobre o tema, se possível, apresente aos estudantes o vídeo *Ilha de lixo no oceano tem o tamanho de três Minas Gerais*, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5ECcrnQgRmo> (Acesso em: 10 set. 2020).

Seguindo a exploração da abertura, questione os estudantes sobre o que é, como funciona e o que faz um radiotelescópio. Comente que os estudos do volume permitirão entender a importância de equipamentos como esse para desvendar o passado, o presente e o futuro de nosso planeta e do Cosmos.

Provavelmente, os estudantes sabem o que é um fóssil, mas talvez desconheçam que o Brasil tem uma grande riqueza desses vestígios, encontrados de norte a sul do país. Um deles, que fez parte do corpo de um dinossauro até então desconhecido da ciência, foi encontrado recentemente na região Sul e tem 115 milhões de anos. Comente o fato e, se possível, apresente o vídeo disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-biologicas/nova-especie-de-dinossauro-e-descoberta-no-parana/> (Acesso em: 10 set. 2020). Estimule-os a pesquisar notícias recentes de outras descobertas de fósseis no território nacional para compartilhar com a turma.

Por fim, promova uma discussão sobre a relação que veem entre o que um radiotelescópio consegue detectar e o fóssil encontrado em solo brasileiro, questionando-os, por exemplo, da seguinte forma: Como o conhecimento sobre o passado interfere no presente e nas projeções para o futuro? Não se trata de buscar respostas prontas à questão, mas aquilo que verbalizarem pode ser usado para avaliar concepções a serem retomadas ou reforçadas durante o estudo.

Capítulo 1

Óptica geométrica

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Física.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	O capítulo apresenta e valoriza conhecimentos historicamente construídos sobre o raio de luz, com o objetivo de explicar fenômenos naturais e aplicações tecnológicas diversas. Em particular, a seção **Interligações – A luz se propaga sempre em linha reta?** discute como se comprovou a validade da teoria geral da relatividade proposta por Einstein em 1916 por meio da observação de um eclipse em 1919, na cidade de Sobral (CE).	Todo o capítulo

continua

MODERNA

continuação

2	A seção **Interligações – O manto da invisibilidade de Harry Potter** exercita a curiosidade intelectual dos estudantes ao discutir avanços científicos sobre refração negativa. A seção **Interligações – Fibras ópticas** possibilita uma reflexão sobre os avanços em telemática. Já a seção **Interligações – Correção da catarata** trabalha essa competência recorrendo à abordagem científica para discutir procedimentos médicos em oftalmologia. Por fim, a seção **Interligações – A câmera fotográfica digital** possibilita aos estudantes compreender a captura de imagens utilizando câmeras digitais.	28, 32, 39 e 42
4	Os conteúdos relacionados a espelho plano, imagem virtual e simetria trabalham essa competência ao abordarem e discutirem textos literários que estimulam a socialização de experiências e de ideias, produzindo sentidos que buscam o entendimento mútuo.	20 e 21
7	A seção **Interligações – Correção da catarata** promove uma análise e argumentação sobre a possibilidade de melhora da visão com base em informações confiáveis.	39

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
2	EM13CNT205	A seção **Comunicando Ideias** trabalha essa habilidade por meio da discussão e da avaliação de observações astronômicas realizadas com a utilização de telescópios.	43
3	EM13CNT301	Essa habilidade é desenvolvida na seção **Interligações – Fibras ópticas** e na seção **Interligações – A câmera fotográfica digital**, em que os estudantes realizarão previsões e estimativas sobre o uso de fibras ópticas e de câmeras digitais, solucionando situações-problema com base nos conceitos estudados de óptica geométrica.	32 e 42
	EM13CNT303	A seção **Interligações – Correção da catarata** possibilita o desenvolvimento dessa habilidade por meio da leitura e do entendimento de um texto informativo sobre a cirurgia de catarata.	39
	EM13CNT307	O conteúdo sobre o material de que são feitas as lentes de óculos e a discussão sobre refração negativa possibilitam a análise e a discussão das propriedades dos materiais e dos avanços científicos relacionados com tecnologias baseadas em conceitos de óptica geométrica.	28 e 44

Conhecimentos prévios para o melhor aproveitamento do conteúdo

Neste capítulo são retomadas e aprofundadas algumas habilidades dos anos finais do Ensino Fundamental, em particular, do eixo temático Matéria e Energia, como EF09CI05, e do eixo temático Terra e Universo, como EF08CI12.

- (EF09CI05) Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.
- (EF08CI12) Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua.

Tais habilidades abordam a capacidade de investigar os mecanismos envolvidos na transmissão e na recepção de imagem e som e justificar, utilizando a construção de modelos, fenômenos naturais como os eclipses. Na resolução de situações-problema, é recorrente o emprego de conceitos que envolvem as habilidades EF09MA12 e EF09MA13 do eixo temático Geometria do 8º ano e do 9º ano, pois faz-se necessário reconhecer as condições necessárias e suficientes para a semelhança de triângulos e as relações métricas do triângulo retângulo.

- (EF09MA12) Reconhecer as condições necessárias e suficientes para que dois triângulos sejam semelhantes.
- (EF09MA13) Demonstrar relações métricas do triângulo retângulo, entre elas o teorema de Pitágoras, utilizando, inclusive, a semelhança de triângulos.

Objetivos do capítulo

Ao final deste capítulo, o estudante deverá ser capaz de:

- Conhecer o modelo geométrico da luz.
- Compreender o conceito de raios de luz e sua aplicação na descrição de fenômenos naturais como eclipses, arco-íris e a visão humana.

MODERNA

- Descrever os fenômenos de reflexão e refração e suas implicações.
- Diferenciar os tipos de espelhos e lentes e suas aplicações cotidianas.
- Reconhecer a importância dos conceitos relacionados à natureza da luz em aplicações tecnológicas como as fibras ópticas.
- Relacionar os elementos da óptica geométrica com o funcionamento da visão.
- Conhecer diferentes instrumentos ópticos.

Os objetivos deste capítulo possibilitam aos estudantes investigar, analisar e discutir estratégias para explicar fenômenos naturais e tecnológicos relacionados à natureza da luz enquanto raio. Por meio da análise de situações-problema envolvendo conceitos de óptica geométrica em atividades cotidianas, permite-se aos estudantes analisar, explicar, representar e realizar previsões com base em uma perspectiva científica.

Sugestões metodológicas

Para começo de conversa (p. 14)

Inicie o capítulo explorando as imagens de abertura. Peça aos estudantes que identifiquem e descrevam o que observam em cada imagem. Peça que identifiquem, especificamente, a importância da luz em cada uma das situações mostradas. Ao ouvir a descrição das imagens, utilize perguntas para guiar os estudantes de modo a fazê-los: notar a importância de um simples espelho convexo para auxiliar na manobra de automóveis em uma garagem ou um estacionamento; identificar o halo solar que ocorre na atmosfera; perceber a reflexão da luz solar pela Lua; e reconhecer a importância das lentes corretivas na qualidade de vida de pessoas com limitações visuais.

Diga aos estudantes que, neste capítulo, estudarão conceitos físicos relacionados à formação de imagens. Ao introduzir o tema, destaque sua importância ressaltando que nossa compreensão sobre o mundo que nos cerca deve-se, em grande parte, à visão e aos fenômenos ópticos. Peça a eles que imaginem como o desconhecimento do funcionamento de lentes corretivas implicava graves restrições à capacidade de trabalho e ao bem-estar das pessoas no passado.

Luz em um modelo geométrico (p. 15)

Pergunte aos estudantes como eles representariam a luz entrando pela janela. Peça que desenhem e comparem suas próprias respostas com as de alguns colegas. É provável que a maioria dos estudantes represente a luz utilizando segmentos de reta paralelas, ou retas que começam juntas e logo se afastam. Também é provável que alguns estudantes utilizem ondulações para representar a luz. Com base nos desenhos produzidos, discuta o comportamento dual da luz, isto é, o fato de que ela pode se comportar como onda ou como partícula. Relembre que a luz é uma onda eletromagnética e que a natureza ondulatória da luz é necessária para explicar e descrever fenômenos como interferência, polarização, difração, dispersão. Por outro lado, no contexto da óptica geométrica, a luz é formada por um feixe de partículas cuja propagação pode ser modelada a partir de conhecimentos de Geometria. Complemente dizendo que o desenvolvimento dessa abordagem teve início com a apresentação da Teoria Corpuscular da Luz por Isaac Newton no século XVII.

Existem vídeos e animações disponíveis *on-line* que auxiliam a visualização dos efeitos de sombra e penumbra. Se possível, assista com os estudantes aos seguintes vídeos sobre eclipses e discuta as diferenças entre as configurações (acessos em: 3 ago. 2020).

- <https://www.youtube.com/watch?v=7huv_oj0vYM>
  Vídeo animado que mostra a configuração para a ocorrência de um eclipse solar.
- <https://www.youtube.com/watch?v=39GPRz5oPOg>
  Vídeo animado que mostra a configuração para a ocorrência de um eclipse lunar.

Caixa de ferramentas (p. 17)

Aproveite para revisar com os estudantes as propriedades de triângulos semelhantes. Se julgar necessário, avalie a possibilidade de abordar esse assunto com o professor de Matemática.

Reflexão da luz (p. 19)

Utilize uma lanterna, uma folha de papel branco e um pequeno espelho plano para introduzir o tema. Apague as luzes da sala, coloque a folha e o espelho sobre uma mesa e peça a alguns estudantes que direcionem obliquamente o feixe de luz, primeiramente, para a folha de papel e, em seguida, para o espelho. Nos dois casos, os estudantes observarão uma região iluminada: uma sobre a folha de papel e a outra no

MODERNA

teto da sala onde o experimento foi realizado. Pergunte: por que a incidência da luz proveniente da lanterna não produziu uma região iluminada no espelho como ocorreu com o papel? Permita um tempo para respostas e logo pontue a diferença entre reflexão especular e reflexão difusa.

Espelhos planos – Imagem virtual (p. 20)

Destaque que o que diferencia uma imagem real de uma imagem virtual é que, no primeiro caso, após a luz ser refratada ou refletida, há convergência dos raios luminosos para um ponto, enquanto, no segundo caso, há divergência dos raios luminosos.

Simetria objeto-imagem (p. 21)

Reforce que as relações de simetria são muito comuns na natureza e nas criações humanas. Em duplas, peça aos estudantes que listem situações nas quais observam simetrias na natureza, como nas asas das borboletas.

Campo visual de um espelho plano (p. 21)

Se possível, utilize o aplicativo computacional "Espelho Plano" para tornar a discussão mais interativa. Esse recurso pode ser encontrado em: <https://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/espelhoplano.swf> (acesso em: 3 ago. 2020).

Interligações (p. 22)

O espaço-tempo e sua deformação são conceitos de Física Moderna relativamente novos e não fazem parte da vivência diária dos estudantes. Como sugestão, utilize vídeos com demonstrações e explicações ilustradas para facilitar a compreensão (acessos em: 3 ago. 2020).

- <https://www.youtube.com/watch?v=_sNiVo3rfTk>
  Vídeo mostra a analogia da curvatura espaço-tempo utilizando um tecido de *lycra* e vários objetos com massas diferentes.
- <https://www.youtube.com/watch?v=kJ5xNaSIeTI>
  Vídeo explica o conceito de espaço-tempo. Pode ser usado pelo professor como subsídio para aprofundar o tema.

Atividades (p. 22)

Para resolver as atividades propostas, os estudantes devem levar em consideração os conhecimentos adquiridos anteriormente, isto é, a primeira e a segunda leis da reflexão. Saber que, por exemplo, em um espelho plano a medida do ângulo de incidência é igual à medida do ângulo de reflexão permite a resolução de inúmeras situações. O reaproveitamento de uma estratégia, ou conhecimento, na resolução de problemas de mesma categoria pode ser articulado para o desenvolvimento das habilidades pertinentes ao pilar do **reconhecimento de padrões** do pensamento computacional.

Espelhos esféricos (p. 23)

Se possível, utilize o aplicativo computacional "Imagem em Espelho Esférico" para tornar a discussão interativa. Altere a curvatura do espelho e o ângulo de incidência da luz e pergunte aos estudantes se sempre haverá uma imagem formada.

- <https://www.if.ufrj.br/~marta/aplicativos/espelhoplano.swf> (acesso em: 3 ago. 2020).
  Simulador que permite explorar a formação e a localização de imagem em um espelho côncavo.

Refração da luz (p. 26)

Antes de discutir a teoria sobre refração, é interessante realizar uma aproximação ao tema utilizando experimentos simples em sala de aula.

Sugestão de atividade complementar

Proponha um experimento para mostrar as características do fenômeno da refração na água. Separe um recipiente opaco (pode ser um pote de margarina, uma lata redonda ou equivalente), uma moeda pequena (ou um botão), cola branca ou cola quente e uma jarra com água. Organize os estudantes em grupos e prepare um *kit* para cada grupo. Cole a moeda na parte central do fundo do recipiente. Após a secagem da cola, coloque o recipiente sobre uma mesa. Peça aos estudantes que observem a moeda no fundo do recipiente e depois se afastem até não mais conseguirem vê-la. Passe em cada bancada e despeje lentamente água no recipiente, até enchê-lo. Peça aos estudantes que descrevam o que observam. Explique que a refração na água faz os recipientes parecerem mais rasos do que são na realidade.

Interligações (p. 28)

Aproveite o tema para discutir, em uma roda de conversa, como novas tecnologias e o desenvolvimento de novos materiais são, historicamente, incentivados por esforços bélicos, e como isso pode impactar positiva ou negativamente a sociedade. Sugere-se a colaboração com um professor de História, Sociologia ou Filosofia para enriquecer a abordagem dessa temática. Como sugestão, inicie a discussão assistindo com os estudantes a uma matéria sobre o desenvolvimento de novos materiais "invisíveis", disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ay3iojLFS40> (acesso em: 3 ago. 2020).

Refração atmosférica (p. 29)

O desvio da luz de sua trajetória retilínea ao passar pela atmosfera não homogênea da Terra é perceptível, por exemplo, quando a Lua ou o Sol estão bem próximos ao horizonte, sendo vistos com uma cor avermelhada. Esse fenômeno tem implicações relevantes na observação astronômica. Como sugestão, consulte material de aprofundamento na *Bibliografia complementar*.

Reflexão total (p. 30)

Utilize as imagens do livro para relacionar a reflexão total com a noção de valor e preciosidade de um diamante, bem como com a observação de que o asfalto parece molhado em dias de calor, dependendo do ângulo de visão. Como sugestão, após a apresentação teórica sobre a reflexão total, organize os estudantes em dois grandes grupos. Peça a cada grupo que leia e discuta a seção do livro correspondente a cada um dos fenômenos e apresente-a para o outro. Alternativamente, esta atividade pode ser realizada em duplas.

PROVA

Interligações (p. 32)

Inicie a abordagem ao tema perguntando aos estudantes se eles já ouviram falar sobre fibras ópticas e em que situação. É provável que as respostas estejam relacionadas a provedores de internet. Como sugestão, assista com os estudantes a um vídeo que explica o funcionamento básico desses dispositivos, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=eY0HcetnYgY> (acesso em: 3 ago. 2020).

Lentes esféricas e a visão humana (p. 34)

Este conteúdo proporciona uma oportunidade de conectar conceitos físicos a algo fundamental para a vivência da maioria das pessoas: a visão. Ressalte que o olho humano é semelhante a uma máquina fotográfica e explique que o funcionamento de ambos é descrito e modelado pelas lentes esféricas utilizando a óptica geométrica.

Se houver oportunidade, assista com os estudantes a um vídeo sobre a física da visão humana que sintetize e motive o que será abordado nesta seção. Há muitos vídeos interessantes com essa temática disponíveis gratuitamente *on-line*. Se possível, envolva o professor de Biologia nessa apresentação, de modo a proporcionar uma abordagem interdisciplinar. Uma sugestão é apresentada no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=IzHjSJsjhII> (acesso em: 3 ago. 2020).

A fim de aprofundar a compreensão sobre lentes esféricas, é interessante que os estudantes realizem explorações experimentais. Uma vez que a aquisição de bancos ópticos pode ter um custo proibitivo, uma alternativa é utilizar lupas de diferentes tamanhos, adquiridas em lojas populares, ou lentes tiradas de óculos de leitura em desuso, para construir um banco óptico simples seguindo as instruções do artigo "Banco óptico de baixo custo", listado na *Bibliografia complementar*. Os estudantes podem participar da procura e da coleta de materiais para montagem, propiciando uma maior integração com o tema. Na impossibilidade de realizar uma abordagem experimental, sugere-se recorrer a laboratórios virtuais disponíveis gratuitamente *on-line*. Se for possível, permita que os estudantes explorem as ferramentas e oriente a produção de um relatório com suas observações. Uma sugestão é disponibilizada no endereço: <http://www.ideiasnacaixa.com/laboratoriovirtual/index.htm> (acesso em: 3 ago. 2020).

Interligações (p. 39)

A cirurgia de catarata é o procedimento cirúrgico mais realizado em todo o mundo. Ela evoluiu consideravelmente nos últimos 50 anos, sendo realizada hoje com anestesia tópica por microincisão, resultando em mais segurança e rápida recuperação. Se necessário, considere a colaboração de um professor de Biologia para explorar o assunto do ponto de vista da saúde. Inicie perguntando se algum dos estudantes conhece alguém que já precisou desse tipo de intervenção cirúrgica. Em caso afirmativo, peça ao estudante que descreva como essa pessoa se sentia antes da cirurgia e o que mudou após a realização dela.

Como sugestão, seria interessante entrevistar uma ou duas pessoas que realizaram o procedimento e compartilhar as respostas dos entrevistados com a turma. Para isso, prepare previamente um pequeno questionário e solicite-o como tarefa aos estudantes. Auxilie-os na leitura e na interpretação dos diagramas dessa seção no livro.

O conhecimento dos fenômenos ópticos, incluindo os relacionados às lentes, bem como o conhecimento sobre o funcionamento do olho humano permitem que muitos problemas de visão sejam corrigidos por intermédio da Medicina, com o apoio da tecnologia. As técnicas cirúrgicas possibilitam tratar uma série de problemas de visão. O reaproveitamento de uma técnica ou método de resolução de um problema dialoga com o pilar do **reconhecimento de padrões** do pensamento computacional.

Instrumentos ópticos (p. 40)

Aproveite o estudo do microscópio para abordar temas relacionados à história da ciência. Por exemplo, pode-se trabalhar com o professor de Biologia para propor uma pesquisa sobre como o desenvolvimento das técnicas de microscopia possibilitaram novas descobertas a respeito da vida.

Interligações (p. 42)

Em toda máquina fotográfica, digital ou não, a formação da imagem segue o mesmo princípio óptico, funcionando como câmeras escuras, capazes de projetar e armazenar uma imagem em um anteparo. O que diferencia uma câmera de outra é a sofisticação ou a simplicidade com que desempenham sua função básica. Nas câmeras digitais, após capturar e focalizar a imagem, esta é armazenada por meio de um dispositivo eletrônico, e não em um filme fotossensível.

Sugestão de atividade complementar

Uma vivência interessante para os estudantes consiste em propor a construção de uma câmera caseira *pinhole* (ou de furo) com uma lata de alumínio, conforme descrito no vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=Xt3Cdq0qOns> (acesso em: 3 ago. 2020).

Esta atividade é lúdica e demanda poucos recursos para sua realização, o que possibilita sua ampla utilização para trabalhar os conceitos de projeção de imagens, câmara escura e propagação retilínea da luz.

Comunicando ideias (p. 43)

As lentes gravitacionais constituem um tema bastante complexo, que requer grande conhecimento matemático e de relatividade para ser completamente entendido. Assim, foque apenas no efeito observacional deste conceito: uma distorção no espaço-tempo causada pela presença de um corpo de grande massa entre um objeto e um observador. Utilize a figura esquemática do livro como apoio visual para explicar como a luz emitida por um objeto astronômico é distorcida pelo efeito gravitacional de um corpo massivo mais próximo, que atua como uma lente, fazendo a fonte distante aparecer distorcida, mas mais brilhante e formando característicos anéis de luz, chamados anéis de Einstein.

MODERNA

De que material é feita uma lente de óculos? (p. 44)

Inicie comentando que, em geral, ao receber a prescrição de óculos de grau, as pessoas focam principalmente na escolha do estilo da armação. No entanto, um consumidor consciente deve ir além do aspecto estético, uma vez que a escolha das lentes é também uma questão de saúde e qualidade de vida.

Sugestão de atividade complementar

Proponha uma atividade de pesquisa para aprofundamento do conteúdo sobre lentes corretivas. Seria interessante, por exemplo, entrevistar um profissional técnico em uma óptica do município ou um oftalmologista, perguntando, por exemplo, quais são os tipos de lente disponíveis no mercado e quais são as recomendadas para os diferentes graus e problemas visuais.

Avaliação

A avaliação deve ser contínua, observando o desempenho e o envolvimento dos estudantes ao longo do desenvolvimento do capítulo. Aproveite as questões propostas em blocos de **Atividades** e nas seções **Interligações** para avaliar a aprendizagem à medida que o conteúdo é trabalhado. Caso julgue necessário, realize também uma avaliação formativa objetiva. Sugere-se propor aos estudantes situações-problema com base nas atividades propostas ao longo do capítulo. Avalie permitir que os estudantes consultem seus apontamentos ou o livro didático.

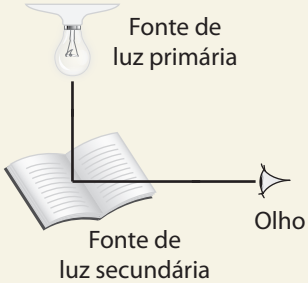
Bibliografia complementar

- DE ALMEIDA, G. A refração atmosférica e os seus problemas nas observações astronômicas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 410-420, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n2p410/27325>. Acesso em: 3 ago. 2020.
  Artigo que trata de refração atmosférica.
- SILVA, T. R. Banco óptico de baixo custo. *Física na Escola*, v. 5, n. 1, 2004. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol05-Num1/v5n1a041.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.
  O artigo apresenta um projeto para a construção de um banco óptico com materiais de baixo custo.
- SILVEIRA, F. L.; SARAIVA, M. F. O. O "encolhimento" das sombras. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 228-246, 2008. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Sombras_encolhem.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2020.
  Artigo que trata sobre o efeito do encolhimento das sombras, dos eclipses da Lua e do Sol.

Resoluções

Atividades (p. 18)

1. O livro não produz luz, apenas a reflete. Portanto, é uma fonte de luz secundária. A luz que o torna visível é proveniente de alguma fonte primária, como o Sol, uma lâmpada ou uma vela. O livro reflete os raios de luz que o atingem, e esses raios refletidos chegam aos olhos do observador.



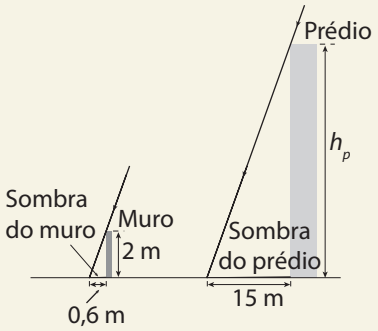
NELSON MATSUDA

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

2. A situação descrita é possível devido à propagação retilínea dos raios de luz. O princípio da independência dos raios luminosos explica por que os dois feixes, verde e vermelho, não alteram suas trajetórias originais ao se cruzarem. O princípio da reversibilidade dos raios luminosos explica o fato de o raio verde retornar pelo mesmo caminho (mesma direção) que tinha antes de ser refletido.

MODERNA

3. Os raios de luz provenientes do Sol podem ser considerados paralelos ao incidirem na superfície terrestre. Assim, teremos dois triângulos semelhantes, como representa a figura a seguir:



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

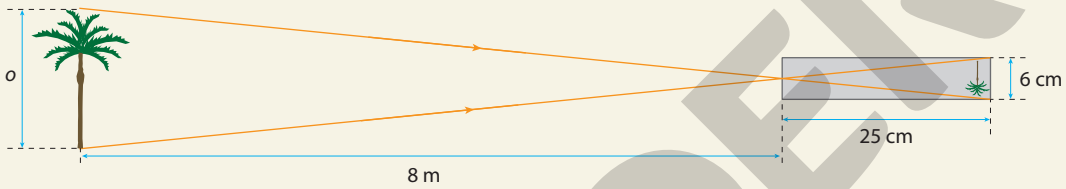
Assim, considerando a semelhança entre os triângulos formados, temos:

$\frac{h_m}{s_m} = \frac{h_p}{s_p} \Rightarrow \frac{h_m}{s_m} = \frac{h_p}{s_p} \qquad \frac{2}{0,6} = \frac{h_p}{15} \therefore h_p = 50 \text{ m}$

4. Considerando a semelhança entre os triângulos formados no esquema da máquina fotográfica, a relação matemática é dada por:

$$\frac{i}{o} = \frac{p'}{p}$$

5. a) O esquema da imagem vista pelo observador é obtido desenhando dois segmentos de reta concorrentes partindo do topo e da base da árvore. Note que a imagem no fundo da caixa é invertida.



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

b) Considerando:

o = tamanho do objeto = x

i = tamanho da imagem = 6 cm

p = distância do objeto à câmara = 8 cm

p' = distância da imagem ao orifício da câmara = 25 cm

Pela semelhança entre os triângulos formados, temos:

$\frac{i}{o} = \frac{p'}{p} \Rightarrow \frac{6}{o} = \frac{25}{800} \therefore o = 192$

Logo, a altura da árvore é 192 cm ou 1,92 m.

6. a) A luz da estrela viajou 20 mil anos-luz até atingir o telescópio espacial que, apesar de em órbita, está a uma altura desprezível da superfície da Terra quando comparada à distância entre a estrela e o nosso planeta.

b) Sabendo que a medida da distância de 1 ano-luz é aproximadamente $9,5 \cdot 10^{15}$ m, ou seja, $9,5 \cdot 10^{12}$ km, obtemos que 20 mil anos-luz são equivalentes a:

$d = 20.000 \cdot 9,5 \cdot 10^{12} \Rightarrow$

$\Rightarrow d = 2 \cdot 10^4 \cdot 9,5 \cdot 10^{12} \Rightarrow d = 1,9 \cdot 10^{17}$ km

7. a) Não, pois o planeta está distante 5 anos-luz da Terra, o que significa que a luz leva 5 anos para percorrer a distância que separa os planetas. Como a nave se desloca à velocidade da luz, a viagem não seria possível em um final de semana.

b) Uma vez que a nave viaja à velocidade da luz, a ida demoraria 5 anos e a volta também demoraria 5 anos. Assim, teriam se passado 10 anos entre a viagem de ida e a de volta.

c) Sabendo que 1 ano-luz é a distância percorrida pela luz em 1 ano, ou seja, em $3,2 \cdot 10^7$ s, podemos encontrar a distância d da Terra ao planeta empregando uma regra de três:

1 s	——	$3,0 \cdot 10^8$ m (distância percorrida em 1 s)
$5 \cdot 3,2 \cdot 10^7$ s	——	d (distância percorrida em 5 anos)

$\therefore d = 4,8 \cdot 10^{16}$ m

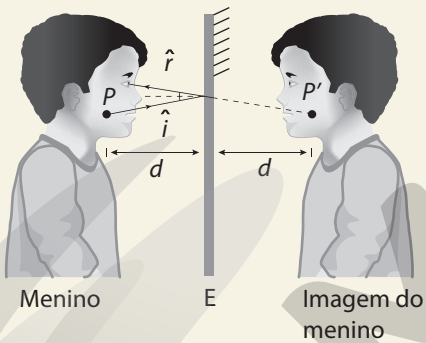
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Interligações (p. 22)

1. O conceito da Física Moderna introduzido no texto é o de espaço-tempo. A relação entre a propagação da luz e o espaço-tempo pode ser exemplificada com a representação do espaço-tempo por um lençol esticado que se deforma quando colocamos um objeto massivo sobre ele. No caso, o objeto simboliza uma estrela como o Sol. A luz se propaga através do espaço-tempo e tem sua trajetória encurvada pela deformação que a massa da estrela provoca nele.
2. A propagação da luz emitida de um ponto distante dos objetos astronômicos de grande massa é retilínea. Podemos concluir isso pelo exemplo do texto, pois, ao retirar o objeto pesado do lençol, ele volta a ficar esticado, sem deformação. Se não há deformação, a luz que se propaga sobre ele segue uma trajetória retilínea.

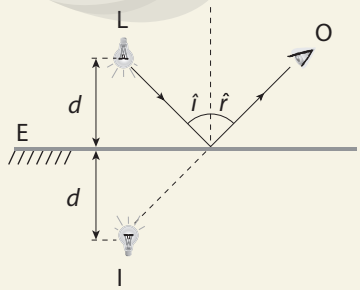
Atividades (p. 22)

1. A imagem P' é simétrica ao objeto P em relação ao espelho, portanto P' está à mesma distância d do espelho que P. Um raio de luz que sai de P é refletido formando com a normal um ângulo ($\hat{r}$) igual ao ângulo de incidência ($\hat{i}$), atingindo o olho do menino.

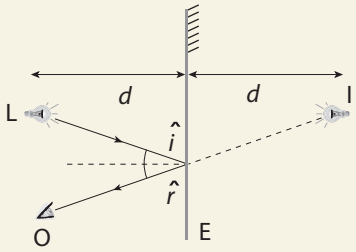


2. A imagem I é simétrica ao objeto L em relação ao espelho (mesma distância d). Um raio de luz que sai de L é refletido formando com a normal um ângulo ($\hat{r}$) igual ao ângulo de incidência ($\hat{i}$), atingindo o olho do observador O. O prolongamento desse raio "dentro" do espelho é indicado pela linha tracejada.

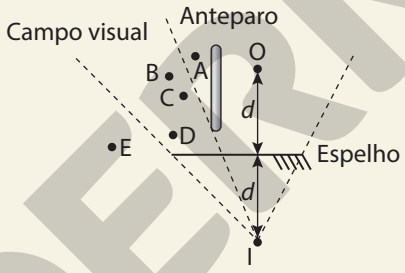
a)



b)



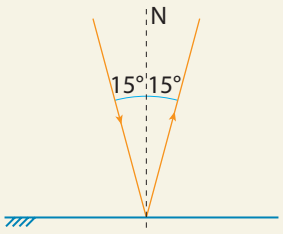
3. Inicialmente, a vela está a 25 cm do espelho. Se for afastada 50 cm da posição inicial, ficará a 75 cm do espelho. A imagem é simétrica ao objeto em relação ao espelho, portanto estará também a 75 cm de distância dele. Assim, a distância entre a vela e sua imagem conjugada será 150 cm.
4. O ponto I representado na figura abaixo é a imagem do observador O. Unindo I aos extremos do espelho, determinamos o campo visual.



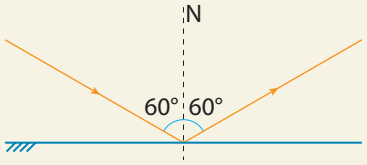
Assim, ao olhar para o espelho, o observador consegue ver os objetos B, C e D.

5. a) Primeiro, devemos traçar a reta normal que passa pelo ponto de incidência, lembrando que $\hat{i}$ é o ângulo que o raio incidente forma com a normal e $\hat{r}$ é o ângulo que o raio refletido forma com a normal. Esses ângulos têm a mesma medida. Assim, temos:

$\hat{i} = 15°$ $\hat{r} = 15°$



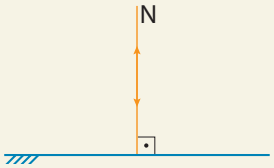
b) Traçando a reta normal, percebemos que o ângulo de incidência, por ser o ângulo com a normal, é o complementar do ângulo de 30°. Assim, como se trata de ângulos congruentes, determinamos $\hat{i} = 60°$ e $\hat{r} = 60°$.



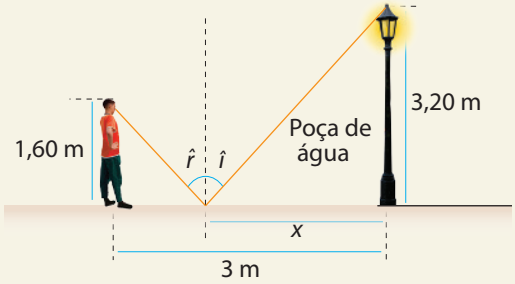
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

MODERNA

c) A direção da reta normal coincide com a direção do raio incidente e, consequentemente, com a direção do raio refletido. Observamos, então, que $\hat{i} = 0°$ e $\hat{r} = 0°$.



6. Como o comprimento da poça deve ser o menor possível, de modo a permitir que o garoto veja a imagem completa do poste, devemos traçar um raio de luz que seja emitido do ponto mais alto do poste e incida em uma das extremidades da poça de água, sendo refletido por ela e atingindo os olhos do garoto, como mostra a figura a seguir.



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Podemos reconhecer na figura dois triângulos retângulos semelhantes. Assim:

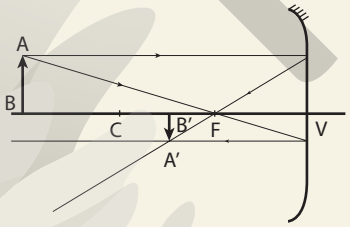
$\frac{3,2}{x} = \frac{1,60}{3,0 - x} \Rightarrow 3,2\,(3,0 - x) = 1,60x \Rightarrow$

$\Rightarrow 9,6 - 3,2x = 1,60x \Rightarrow 4,8x = 9,6$

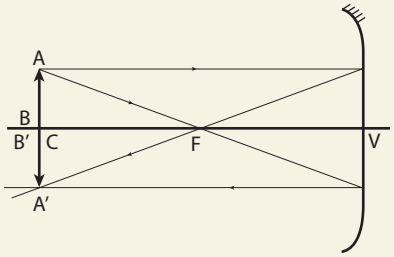
$\therefore x = 2,0$ m

Atividades (p. 26)

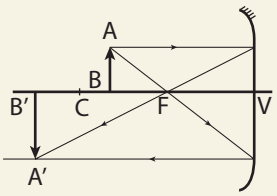
1. a) Objeto antes do centro de curvatura: imagem real, invertida e reduzida.



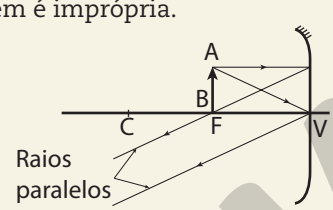
b) Objeto no centro de curvatura: imagem real, invertida e de mesmo tamanho que o objeto.



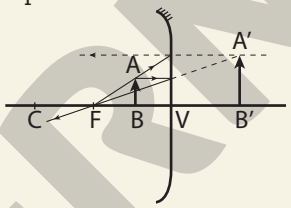
c) Objeto entre o centro de curvatura e o foco: imagem real, invertida e ampliada.



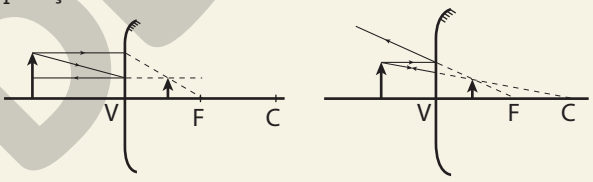
d) Objeto no foco: os raios refletidos são paralelos: a imagem é imprópria.



e) Objeto entre o foco e o vértice: imagem virtual, direita e ampliada.



2. O esquema abaixo representa um espelho convexo e um objeto colocado em frente a ele em duas posições diferentes:

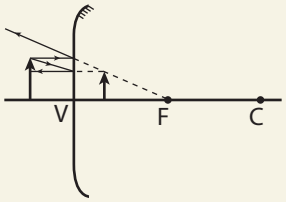


A imagem de um objeto real colocado na frente de um espelho convexo é sempre virtual, direita e reduzida.

3. Em um espelho côncavo, para que a imagem fornecida seja virtual, direita e maior que o objeto, este deve ser posicionado entre o foco e o vértice. Como o raio de curvatura é 50 cm e $f = \frac{R}{2} \therefore f = 25$ cm. Então, o rosto da pessoa deve estar a uma distância menor que 25 cm do espelho.

4. Imagens projetadas em anteparos são reais. Somente espelhos côncavos fornecem imagens reais de objetos.

5. O espelho no qual Renata observou sua cabeça é convexo, porque a imagem formada é direita e reduzida.

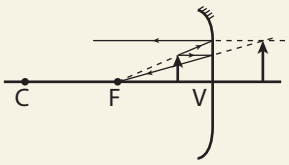


Por outro lado, o espelho no qual Renata observou seu tronco é côncavo, e ela estava posicionada entre

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

MODERNA

o foco e o vértice desse espelho, porque a imagem formada é direita e ampliada.



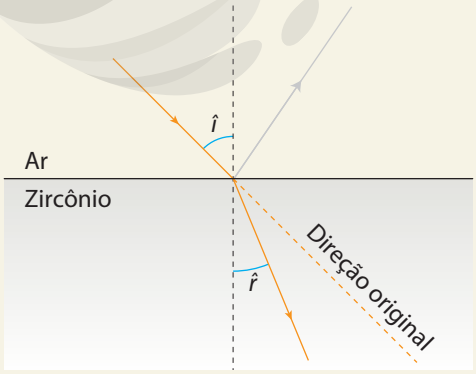
6. Trata-se de um espelho convexo, pois fornece uma imagem direita e menor; portanto, virtual. A diminuição do tamanho da imagem amplia o campo visual do espelho, mas pode confundir nossa percepção de "perto" e "longe".

Interligações (p. 28)

1. Refração negativa é o nome que se dá ao fenômeno em que a luz incidente no meio material sofre um desvio na direção oposta, em relação à normal, à superfície, em vez de sofrer uma refração positiva. Com isso, os raios de luz parecem contornar a superfície material e voltar à trajetória original. Tal fenômeno só pode ser obtido em metamateriais.
2. Os metamateriais são ligas metálicas com estruturas muito pequenas, da ordem de nanômetros (10^{-9} m). Em razão do alto custo e da produção extremamente especializada, é muito difícil fabricá-los.

Atividades (p. 29)

1. a) O meio mais refringente é aquele com maior índice de refração. Entre os meios apresentados na tabela, o mais refringente é o diamante.
   b) A luz será mais desviada no meio em que ela se mover com menor velocidade. Entre os meios apresentados na tabela, o diamante é o de maior índice de refração e, portanto, onde a luz se move com menor velocidade.
   c) Como os índices de refração desse objeto de vidro e da glicerina são os mesmos, a luz não sofre mudança de velocidade ao passar da glicerina para o vidro. Isso significa que não será possível identificar o objeto de vidro no interior da glicerina. Ele parecerá invisível.
2. a) Como o índice de refração do zircônio é maior que 1, o raio de luz aproxima-se da normal, uma vez que passa de um meio menos denso para um mais denso, ou seja, a luz passa a se mover em um meio mais refringente.



b) Sabemos que o índice de refração absoluto é dado por: $n = \frac{c}{v}$. No caso, temos: $2{,}0 = \frac{3 \cdot 10^8}{v}$

$\therefore v = 1{,}5 \cdot 10^8$ m/s

Logo, a velocidade da luz no zircônio é:

$v = 1{,}5 \cdot 10^8$ m/s

c) Pela lei de Snell, sabemos que: $\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1}$, que também pode ser escrita como:

$n_1 \cdot \text{sen } \hat{i} = n_2 \cdot \text{sen } \hat{r}$

Na situação do problema, temos:

$n_1 = n_{ar}$; $n_2 =$

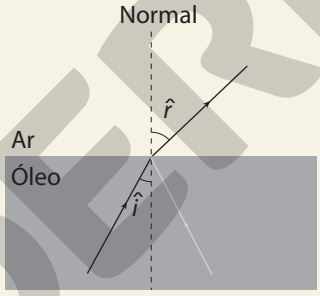
$= n_{zircônio} = 2{,}0$; $\hat{i} = 45°$

Logo, substituindo na lei de Snell, temos:

$1{,}0 \cdot \text{sen } 45° = 2{,}0 \cdot \text{sen } \hat{r}$

Considerando sen $45° = 0{,}7$, a equação resulta em sen $\hat{r} = 0{,}35$. Em uma tabela de funções trigonométricas, encontramos: $\hat{r} \simeq 20°$.

3. a) Como a velocidade da luz no óleo é menor que a velocidade da luz no ar, o raio de luz se aproxima da reta normal.



b) O índice de refração absoluto é dado por:

$n_{óleo} = \frac{c}{v_{óleo}} \Rightarrow n_{óleo} = \frac{c}{\frac{2c}{3}} \Rightarrow n_{óleo} = 1{,}5$

4. a) Verdadeira, pois o raio refratado se aproxima da normal.
   b) Verdadeira, pois o índice de refração do meio 2 é maior do que o do meio 1.
5. Do gráfico, verificamos que a velocidade da luz no vidro é:

$v_{vidro} = 2{,}0 \cdot 10^8$ m/s

A distância percorrida por esse raio de luz (espessura da placa) em um intervalo de tempo

$\Delta t = 1{,}0 \cdot 10^{-9}$ s é:

$v_{vidro} = \frac{d}{t} \Rightarrow d = v_{vidro} \cdot \Delta t \Rightarrow d = 2{,}0 \cdot 10^8 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-9}$

$\therefore d = 0{,}2$ m

O índice de refração absoluto do vidro é:

$n_{vidro} = \frac{c}{v_{vidro}} \Rightarrow n_{vidro} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{2{,}0 \cdot 10^8} \Rightarrow n_{vidro} = 1{,}5$

Interligações (p. 32)

1. Possui maior capacidade de transmissão, menor degradação de sinal, menor latência, não sofre interferências eletromagnéticas.
2. Ao redor do núcleo está a casca, que é um material com índice de refração menor. É a diferença entre os

MODERNA

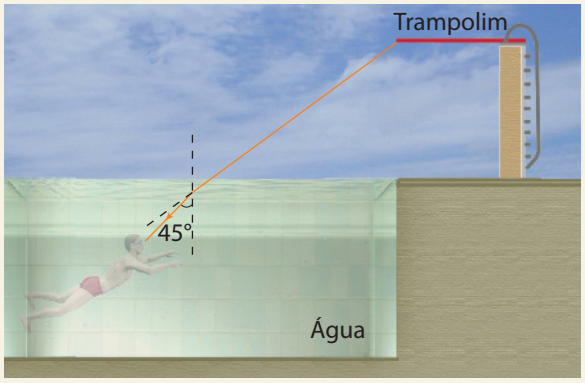
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

índices de refração da casca e do núcleo que possibilita a reflexão total e a consequente manutenção do feixe luminoso no interior da fibra.

Atividades (p. 33)

1. Pelo princípio de reversibilidade dos raios luminosos, é possível inverter o sentido do percurso dos raios de luz, pois, se o ângulo limite é 48°, para atingir os olhos do observador com ângulo de 45°, a luz emitida pelo trampolim deve incidir na superfície de separação em um ângulo com a normal menor que 90°. Assim, não haverá reflexão total, e o observador verá o trampolim.

PAULO MANZI



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

2. a) Para que haja reflexão total, a luz deve passar de um meio mais refringente para um menos refringente. Portanto, a reflexão total pode ocorrer quando a luz incide do quartzo para o vidro comum e não pode ocorrer quando incide da glicerina para o álcool.

   b) O meio em que a luz proveniente do ar será mais desviada ao incidir é aquele onde a luz se move com a menor velocidade; portanto, o que tem maior índice de refração. Entre os meios apresentados na tabela, o álcool etílico é o mais refringente.

   Pela aplicação da lei de Snell-Descartes, sabemos que:

   $$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = \frac{n_x}{n_{ar}} \Rightarrow \frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = n_x \Rightarrow \text{sen } \hat{r} = \frac{\text{sen } \hat{i}}{n_x}$$

   Portanto, $\hat{r}$ é inversamente proporcional a n_x, ou seja, quanto maior n, menor será o ângulo em relação à reta normal, indicando maior desvio, já que, ao passar de um meio menos refringente para um mais refringente, o raio de luz se aproxima da normal.

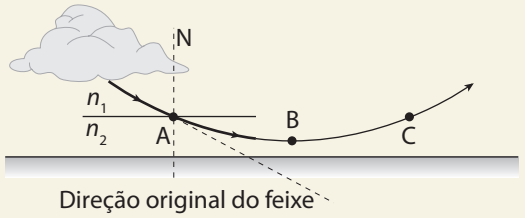
   c) O ângulo limite entre a água e o ar pode ser calculado por:

   $$\text{sen } \hat{L} = \frac{n_{menor}}{n_{maior}} \Rightarrow \text{sen } \hat{L} = \frac{n_{ar}}{n_{água}} \Rightarrow$$

   $$\Rightarrow \text{sen } \hat{L} = \frac{1}{1{,}33} \simeq 0{,}75$$

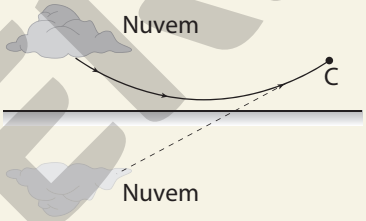
   Procurando em uma tabela trigonométrica, encontramos o ângulo cujo seno é: 0,75: $\hat{L} = 49°$

3. a) No trecho AB, o índice de refração diminui seu valor à medida que se aproxima do solo, de modo que o valor na camada superior de ar (n_1) é maior que o índice de refração da camada inferior (n_2). Isso ocorre porque o ar próximo ao solo é mais quente (menos denso) e, nessas condições, a velocidade da luz aumenta no meio n_2.



   b) Em B ocorre reflexão total. O feixe de luz incide de um meio mais refringente para um menos refringente, já que, à medida que as camadas se tornam mais próximas ao solo, o ar é mais quente e n diminui. Nesse caso, o feixe incide com ângulo maior que o limite, sendo totalmente refletido na direção de C.

   c) Um observador em C verá a imagem da nuvem no prolongamento do raio que chega a seus olhos, ou seja, abaixo do local onde ela realmente está, como mostra a figura a seguir:



4. As duas afirmações são verdadeiras e podem ser justificadas como segue.

   I. A luz branca é policromática. No ar, suas componentes (diferentes cores) têm praticamente a mesma velocidade, mas, ao incidir sobre a superfície do diamante, essas componentes sofrem desvios diferentes, pois a velocidade de propagação não é a mesma para todas.

   II. Como o diamante é mais refringente que o ar, a luz, ao incidir do diamante para o ar com ângulo maior que o limite, sofre reflexão total.

5. O líquido A ocupa a camada superior do recipiente. Portanto, é menos denso que o líquido B. O índice de refração de A deve ser maior que o índice de refração de B para que haja reflexão total. Seguindo as condições citadas ($d_A < d_B$ e $n_A > n_B$), concluímos que o líquido A só pode ser o de número 2, e o B, o de número 1.

Interligações (p. 39)

1. Nos olhos afetados pela catarata, a lente se torna opaca, gerando embaçamento, que aumenta gradativamente e dificulta cada vez mais a visão. A pessoa com catarata passa a necessitar cada vez mais de luz para poder enxergar, perdendo aos poucos a capacidade de visão noturna e de nitidez.
2. Um paciente com catarata ainda no início consegue melhorar a visão com a troca mais frequente

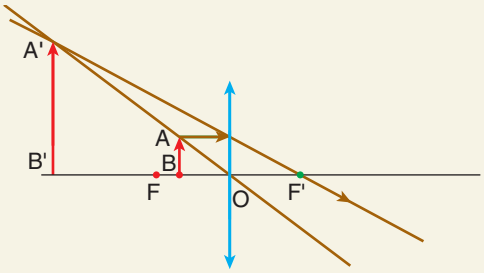
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

MODERNA

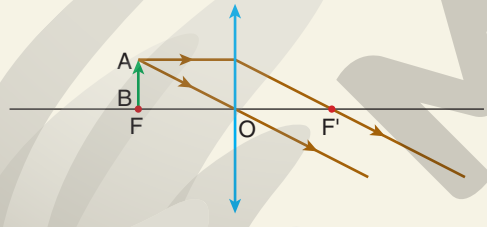
da graduação das lentes, mas essa solução é temporária, pois o problema só se resolve por meio de cirurgia.

Atividades (p. 40)

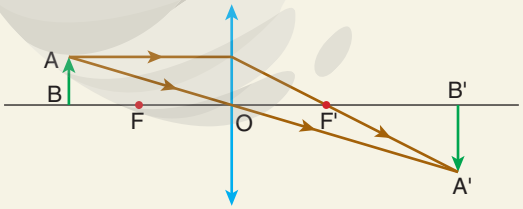
1. Sim, os raios solares atingem a lente com um feixe de luz paralelo. Depois de atravessarem a lente, os raios convergem para o foco imagem F'. Assim, a folha de papel deve estar posicionada a 25 cm do centro óptico da lente, sobre seu eixo principal.
2. Quando estão trabalhando, as costureiras necessitam do tecido e da agulha próximos dos olhos. Desse modo, a lente do olho é contraída e se encurva pela ação dos músculos ciliares, mantendo a imagem focalizada na retina. Isso pode "cansar" os olhos porque os músculos estarão sob tensão. Ao mirarem o infinito, a imagem se formará na retina, com pouca ou nenhuma tensão do músculo ciliar. A curvatura da lente do olho nessa situação é menos acentuada, ou seja, apresenta uma forma mais plana, propiciando maior relaxamento.
3. **a)** A natureza da imagem é virtual, direita e ampliada.



b) A natureza da imagem é imprópria. Ou seja, a imagem não se forma, pois os raios não se encontram.



c) A natureza da imagem é real, invertida e ampliada.



4. Na receita, lê-se o grau da lente. Como $V = \frac{1}{f'}$, a distância focal da lente receitada é (> 0), portanto, trata-se de uma lente convergente. Lentes convergentes são utilizadas na correção da presbiopia, defeito de visão no qual a imagem se forma depois da retina, devido ao enrijecimento da lente do olho. O defeito não poderia ser miopia, pois, para corrigi-la, são utilizadas lentes divergentes.
5. **I.** Falsa. No olho míope, a imagem se forma antes da retina.
   II. Verdadeira. A lente convergente aumenta a convergência dos raios de luz provenientes de objetos próximos, fazendo que suas imagens se formem na retina, e não depois dela.
   III. Verdadeira. A utilização de lentes cilíndricas corrige o defeito, que ocorre devido a irregularidades da córnea ou da lente do olho.
   IV. Falsa. A presbiopia é corrigida com o uso de lente convergente.

Interligações (p. 42)

1. Resolução:
   $2.000 \times 6.000 = 12.000.000$, ou seja, 12 *megapixels*.
2. Pela proporção 2:3, uma máquina fotográfica de resolução 12 *megapixels* possui 6.000 *pixels* na horizontal e 2.000 *pixels* na vertical.

Comunicando ideias (p. 43)

1. Alguns objetos astronômicos podem funcionar como uma lente gravitacional, permitindo que observemos da Terra objetos que estejam extremamente distantes.
2. Resposta pessoal. O objeto a ser observado (estrela) deve estar de um lado da lente gravitacional, e a Terra (observador) deve estar do lado oposto ao da lente gravitacional.

Atividades (p. 45)

1. As lentes de vidro começaram a ser substituídas por lentes de acrílico, pois as lentes de vidro costumam ser pouco resistentes à queda, e seu uso é desaconselhado para crianças ou até mesmo para a prática de esportes. As lentes acrílicas são mais leves e confortáveis, além de serem ideais para solucionar todos os problemas de visão, de miopia a hipermetropia, astigmatismo e vista cansada.
2. Como essas lentes são mais finas e leves, proporcionam maior conforto para quem as utiliza.
3. Essas lentes permitem que a refração da luz seja maior, logo mais finas, proporcionando mais conforto e um menor custo.

ATIVIDADES FINAIS (p. 46)

1. Alternativa **c**. Na primeira imagem, a sombra está em uma posição; no segundo desenho, ao meio-dia, o Sol está a pino; e, na terceira imagem, está em uma posição oposta à primeira. Logo, a sombra

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

projetada é determinada pela posição do Sol relativamente à Terra e pelo princípio da propagação retilínea da luz em meios.

2. Alternativa **c**. O fio aquecido ao rubro é a única fonte de luz primária nas alternativas.

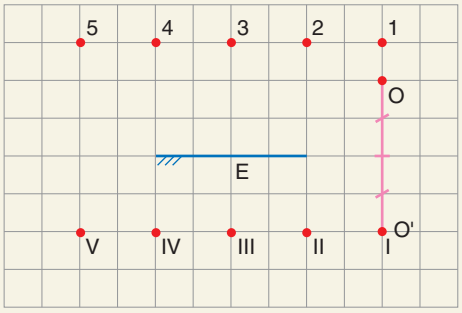
3. Alternativa **c**. A altura da porta está para a distância até a caixa assim como a altura da projeção está para sua distância até a caixa. Logo:

   2,15 ——— d

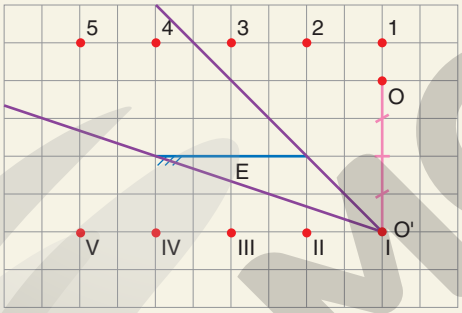
   0,14 ——— 0,16

   $\therefore d \simeq 2{,}46$ m

4. Alternativa **a**. No espelho plano, objeto e imagem são sempre simétricos em relação à superfície do espelho. O ponto simétrico de O é o ponto I.



5. Alternativa **d**. Para descobrir quais observadores podem ver a imagem, podemos colocar os raios refletidos máximos para as extremidades do espelho. Logo, apenas os observadores 4 e 5 poderão ver a imagem O' formada pelo objeto O.



6. Alternativa **b**. Como o raio de curvatura é $r = 36$ cm, a distância focal é de:

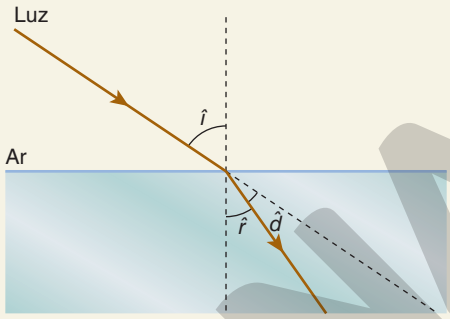
   $f = \frac{R}{2} = \frac{36}{2} \Rightarrow f = 18$ cm

   Como o objeto está a 12 cm do vértice do espelho, podemos afirmar que ele está situado entre o vértice e o foco do espelho. A formação da imagem em um espelho côncavo depende da posição do objeto em relação a ele. Quando o objeto estiver situado entre o vértice e o foco do espelho côncavo, a imagem formada será virtual, direita e maior que o objeto.

7. Não, a lei da refração se aplica também a espelhos planos, côncavos e convexos. A propriedade dentro da óptica que afirma que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão é a primeira lei da refração, que estabelece que o raio incidente, o raio refratado e a normal pertencem a um mesmo plano.

8. Alternativa **a**. O fenômeno da miragem se deve à reflexão total dos raios nas camadas de ar próximas ao chão quente.

9. Alternativa **a**. O desvio (d) na refração corresponde ao ângulo entre o prolongamento do raio incidente e o raio refratado.



O desvio d vale: $\hat{d} = \hat{i} - \hat{r}$

Pela lei de Snell:

$n_1 \cdot \text{sen}\ \hat{i} = n_2 \cdot \text{sen}\ \hat{r} \Rightarrow 1 \cdot \text{sen}\ \hat{i} = n_2 \cdot \text{sen}\ \hat{r}$

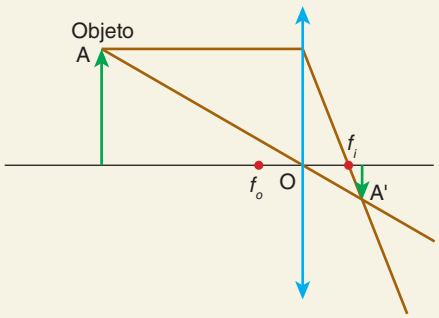
Logo: $\text{sen}\ \hat{r} = \frac{\text{sen}\ \hat{i}}{n_2}$

Essa expressão indica que n_2 é inversamente proporcional a sen $\hat{r}$ e, consequentemente, a $\hat{r}$. Observe na figura que, quanto maior for o ângulo de refração $\hat{r}$, menor será o desvio d; logo, para que o raio de luz sofra menor desvio, ele deverá possuir maior ângulo de refração $\hat{r}$, o que ocorrerá quando o índice de refração n_2 for o menor possível. Pelas alternativas possíveis, o menor índice de refração é o da água.

10. Alternativa **b**. A lupa é uma lente de aumento e, na fotografia, mostra uma imagem virtual, que está localizada antes do foco, é maior que o objeto e é direita em relação a ele.

11. Alternativa **a**. Como a imagem está entre a retina e a lente do olho, ela tem miopia, que é corrigida com lentes divergentes.

12. Como a imagem é invertida, podemos dizer que a lente é convergente no ponto onde o raio de luz que sai do objeto A atinge A', interceptando o eixo principal da lente.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

MODERNA

Capítulo 2

Polímeros: obtenção, usos e implicações

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Química.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como uma competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Páginas
1	O capítulo trata sobre os polímeros sintéticos e discute os impactos positivos e negativos que esses materiais proporcionaram à sociedade e ao ambiente, ao longo do tempo. Por exemplo, a seção **Interligações – Politetrafluoroetileno: da bomba atômica para a frigideira** aborda a síntese ocasional de um polímero, hoje utilizado para garantir antiaderência a diversos materiais e utensílios. Assim, os estudantes são estimulados a refletir sobre a importância dos conhecimentos historicamente construídos, das descobertas científicas e suas aplicabilidades no cotidiano.	54, 56, 58 e 60
2	O capítulo apresenta atividades para o exercício da curiosidade intelectual dos estudantes que requisitam pesquisas sobre a constituição dos materiais, principalmente os sintéticos, e sobre os conhecimentos da população da comunidade onde vivem os estudantes, relacionados à importância da reciclagem, de forma a realizar uma análise crítica dos dados obtidos na pesquisa para avaliar a necessidade de ações de educação ambiental. A **Atividade prática – Identificando tipos de plástico**, por exemplo, ao propor aos estudantes a separação e identificação de diferentes plásticos de uma mistura, estimula a curiosidade, a investigação e a aplicação do conhecimento científico na resolução do problema proposto.	49, 63, 64 e 67
4	O capítulo apresenta atividades nas quais os estudantes podem expressar suas opiniões sobre a influência dos plásticos no cotidiano; são estimulados a refletir e discutir sobre uma lei que proíbe a distribuição de itens descartáveis de plástico e, também, a se expressarem utilizando linguagem científica e matemática, compartilhando e discutindo os resultados de uma pesquisa sobre coleta seletiva e reciclagem para verificar a necessidade de educação ambiental em sua comunidade, além de propor possíveis ações que a promovam. Por exemplo, a seção **Interligações – A era dos plásticos** apresenta atividades que propõem aos estudantes a produção de uma exposição sobre produtos que costumavam ser feitos de baquelite, na qual eles podem usar diferentes linguagens, e a discussão sobre a influência dos plásticos no cotidiano das pessoas, em que os estudantes podem expressar suas opiniões e ideias sobre o tema. Na seção **Interligações – Náilon: resultado de estudo, pesquisa e sorte**, há uma proposta de atividade para os estudantes produzirem um painel de imagens e legendas que expressem o impacto econômico e social da descoberta do náilon. Na seção **Comunicando ideias**, os estudantes podem produzir materiais em diferentes formatos para informar ao público em geral alguns aspectos relacionados ao desenvolvimento da Ciência.	58, 60, 64 e 67
5	O desenvolvimento dessa competência ocorre em atividades de pesquisas que podem ser feitas por meio da internet sobre: a constituição dos materiais naturais e sintéticos; e a importância do náilon expressa por meio de imagens de publicidade e de suas aplicações ao longo do tempo. Os estudantes também podem utilizar as tecnologias digitais para realizar pesquisas com a comunidade local, por meio de entrevistas *on-line* ou formulários eletrônicos, para obter dados que permitam avaliar o conhecimento da população sobre a importância da coleta seletiva e da reciclagem de materiais. Nesse trabalho, eles são levados a analisar de forma crítica, reflexiva e ética as informações obtidas. Na atividade proposta na seção **Interligações – A era dos plásticos**, os estudantes podem utilizar e criar tecnologias digitais de informação para realizar pesquisas sobre os tipos de objetos que eram feitos de baquelite até 1960, além de usar as redes sociais *on-line* para expor e compartilhar os materiais produzidos, por meio de uma exposição virtual.	49, 58, 60, 63 e 67

continua

continuação

7	O capítulo propõe atividades em que os estudantes são motivados a expressar suas ideias e opiniões sobre temas que envolvem o consumo e o descarte dos polímeros e a apresentar argumentos que os sustentem. Por exemplo, a seção **Interligações – A era dos plásticos** propõe uma atividade em que os estudantes são incentivados a apresentar argumentos que embasem suas ideias sobre a importância e a presença dos polímeros na atualidade. Ao discutir os resultados de sua pesquisa com a comunidade local sobre coleta seletiva e reciclagem de materiais, proposta em uma das atividades do capítulo, os estudantes são incentivados a argumentar e defender ideias com base nos dados obtidos, além de promover a consciência socioambiental e o consumo responsável em suas comunidades. Na seção **Atividades finais**, a resolução da atividade 1 incentiva os estudantes a apresentar argumentos que justifiquem a importância da descoberta de uma bactéria capaz de decompor o PET (polietileno tereftalato) para a Química e para o ambiente. As atividades 2 e 3 dessa mesma seção estimulam os estudantes a refletir sobre o descarte dos materiais poliméricos e os impactos que o lixo plástico causa no ambiente. Dessa forma, eles são levados a desenvolver pontos de vista e ideias que promovam a consciência socioambiental e a construir um posicionamento ético em relação ao cuidado com o planeta.	58, 67, 68 e 69
9	A atividade 2 da seção **Atividades finais** propõe aos estudantes a discussão sobre os impactos sociais e ambientais da implantação de uma lei que proíbe a distribuição de objetos descartáveis feitos de plástico, de maneira que eles podem exercitar a empatia e o diálogo, resolver possíveis conflitos de ideias e opiniões e, assim, valorizar e respeitar a individualidade e a diversidade de saberes, sem preconceitos de qualquer natureza.	63 e 68

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Páginas
1	104	Na atividade 2 da seção **Atividades finais**, os estudantes são orientados a pesquisar e avaliar as propriedades dos plásticos oxibiodegradáveis e assim reconhecer os riscos e benefícios desse tipo de material para a sociedade e para o ambiente.	68
2	203	Na seção **Interligações – O que é um plástico biodegradável?**, é proposto que os estudantes avaliem os impactos da presença de plásticos biodegradáveis no ambiente.	51
	205	Na **Atividade prática – Identificando tipos de plástico**, é proposto que os estudantes analisem e interpretem os resultados observados para responder às questões propostas.	64
	206	A seção **Interligações – O que é um plástico biodegradável?** discute o consumo e o descarte de materiais plásticos, e incentiva os estudantes a refletirem sobre os efeitos do descarte de plásticos biodegradáveis no ambiente. Na atividade 2 da seção **Atividades finais**, os estudantes são motivados a discutir e a avaliar os impactos sociais e ambientais de uma política ambiental adotada para reduzir a produção de lixo plástico descartável.	51 e 68
	207	Na seção **Interligações – Uma breve história sobre as lentes de contato**, os estudantes pesquisam e produzem um material de divulgação sobre o uso adequado das lentes de contato, de forma a promover os cuidados pessoais e da saúde. A atividade de pesquisa sobre os motivos que levam as pessoas a optarem pelo uso de óculos ou lentes de contato também oportuniza a discussão sobre mudanças de estereótipos de beleza e segurança física nas atividades cotidianas.	63
3	301	Na atividade 2 da seção **Interligações – Politetrafluoroetileno: da bomba atômica para a frigideira**, os estudantes são incentivados a avaliar e justificar, com base em conhecimentos científicos, as propriedades previstas para o politetrafluoroetileno. Na **Atividade prática**, eles observam e analisam os dados experimentais para responder às questões propostas.	56 e 64
	302	O capítulo apresenta diversas atividades em que os estudantes podem usar diferentes tecnologias para produzir materiais e comunicar os resultados de suas pesquisas sobre temas variados. Por exemplo, na atividade 2 da seção **Interligações – Uma breve história sobre as lentes de contato**, os estudantes são motivados a compartilhar os resultados obtidos sobre uma pesquisa que aborda o uso de lentes de contato, e podem fazer uso de diferentes ferramentas para a apresentação desses resultados.	58, 60, 63 e 67
	303	A seção **Interligações – Uma breve história sobre as lentes de contato** apresenta um texto de divulgação científica e uma atividade que incentiva a reflexão sobre as informações contidas no texto e a associação com a realidade da sociedade atual.	63
	309	As atividades 1 a 3 da seção **Atividades finais** estimulam os estudantes a analisar os impactos e propor soluções para o consumo e o descarte de plásticos na economia, na sociedade e no ambiente.	68 e 69

Competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Justificativa	Página
1. Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica.	Ao abordar políticas ambientais que visam à redução da produção de lixo plástico descartável, as atividades 2 e 3 da seção **Atividades finais** incentivam os estudantes a analisarem criticamente, discutirem e desenvolverem ideias e opiniões sobre as situações-problema apresentadas, sem perder de vista os conhecimentos científicos.	68 e 69

Conhecimentos prévios para o melhor aproveitamento do conteúdo

O capítulo 2, por meio do conteúdo de polímeros, aborda a evolução histórica, social e científica dos materiais poliméricos, principalmente os plásticos, que utilizamos em nosso cotidiano.

Em relação aos conceitos químicos que são considerados importantes para a estruturação do conteúdo de polímeros, podemos elencar: **identificação das principais funções orgânicas**, **interpretação das diferentes representações dos compostos orgânicos**, **balanceamento de reações químicas**, **reações orgânicas**, **interações intermoleculares** e **petróleo**.

Para a abordagem dessa temática, podemos apontar as habilidades do Ensino Fundamental – Anos Finais necessárias e importantes para a compreensão e o julgamento do conhecimento sobre polímeros:

- **EF06CI03:** Selecionar métodos mais adequados para a separação de diferentes sistemas heterogêneos a partir da identificação de processos de separação de materiais (como a produção de sal de cozinha, a destilação de petróleo, entre outros).
- **EF07CI03:** Utilizar o conhecimento das formas de propagação do calor para justificar a utilização de determinados materiais (condutores e isolantes) na vida cotidiana, explicar o princípio de funcionamento de alguns equipamentos (garrafa térmica, coletor solar etc.) e/ou construir soluções tecnológicas a partir desse conhecimento.
- **EF07CI06:** Discutir e avaliar mudanças econômicas, culturais e sociais, tanto na vida cotidiana quanto no mundo do trabalho, decorrentes do desenvolvimento de novos materiais e tecnologias (como automação e informatização).
- **EF09CI03:** Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.
- **EF09CI13:** Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.

Objetivos do capítulo

Este capítulo tem por objetivo relacionar conceito de polímero com a evolução histórico-científica dos materiais poliméricos, principalmente os plásticos, bem como seu uso, aplicações e destino, avaliando consequências ambientais e sociais.

Ao final deste capítulo, espera-se que o estudante seja capaz de:

- reconhecer as classificações dos polímeros, bem como suas principais características e aplicações no cotidiano;
- identificar as formas de obtenção de alguns polímeros;
- compreender os impactos do descarte de plásticos no ambiente;
- discutir aspectos sociais e econômicos relacionados à educação ambiental.

Os polímeros sintéticos estão cada vez mais inseridos no cotidiano, constituindo diferentes objetos, como garrafas e sacolas plásticas, roupas etc. No entanto, o consumo desenfreado desses materiais e o descarte inadequado provocam diversos impactos ao ambiente, afetando a economia, a saúde humana e o ambiente.

Espera-se que o estudo das propriedades dos polímeros possibilite aos estudantes a melhor compreensão dessas relações e o desenvolvimento de uma visão mais crítica sobre os polímeros, considerando os prós e contras da utilização desses materiais, com relação a aspectos ambientais, sociais e econômicos. Dessa forma, eles podem refletir e se posicionar de forma mais crítica e responsável em relação aos hábitos de consumo da sociedade atual, pensando em estratégias para conscientização da comunidade em que vivem e formas de mitigar os impactos ambientais causados pelos polímeros.

Sugestões metodológicas

Os avanços científicos e tecnológicos relacionados aos polímeros permitiram ao ser humano um grande desenvolvimento em muitas áreas da sociedade, como na saúde – destacados na seção **Para começo de conversa** –, mas também nos transportes (pneus, para-choques, cintos de segurança e as bolsas que compõem os *airbags*), na comunicação (telefones, celulares e fibra ótica), na segurança (coletes à prova de balas, máscaras e capacetes de proteção), entre outras, melhorando assim, em muitas ocasiões, a qualidade de vida da nossa sociedade.

É importante que os estudantes tenham a oportunidade de conhecer a história de alguns dos cientistas que participaram desses avanços. O objetivo aqui não se limita a apenas estudar dados biográficos dos cientistas; também é esperado que se identifique qual era o problema estudado em determinada época, que soluções foram encontradas para resolver esse problema, ou que impacto as iniciativas desses cientistas proporcionaram para novas pesquisas e como essas soluções se relacionam com o contexto sociocultural.

MANUAL DO PROFESSOR

Ao planejar suas aulas, tenha em mente que o entendimento sobre a estrutura e as propriedades dos polímeros requer o conhecimento da natureza dos monômeros. Além disso, a relação entre estrutura, propriedade e aplicação deve ser enfatizada ao longo de todo o estudo desse capítulo. Um dos objetivos dele é promover a educação ambiental, incluindo a discussão de aspectos sociais e econômicos.

O estudo dos polímeros permite uma abordagem que relaciona a Química a outras disciplinas. Algumas dessas relações estão descritas a seguir, de forma sintética:

- Biologia: o uso de organismos geneticamente modificados para a produção de biopolímeros;
- Geografia: o ciclo da borracha (região amazônica): extração e comercialização da borracha.

Para começo de conversa (p. 48)

O objetivo desse texto é conscientizar os estudantes quanto à diversidade de produtos poliméricos existentes e à importância que eles tiveram para a Medicina e para o modo de vida atual. Inicialmente, pode-se pedir aos estudantes que comparem as imagens da abertura e leiam a legenda.

Na sequência, peça a eles que indiquem quais seriam as propriedades dos materiais plásticos interessantes para o uso da Medicina, além do fato de poderem ser descartáveis. Após essa discussão, requisite a leitura do texto da abertura do capítulo. Sugerimos utilizar a questão proposta no texto, "Você conhece algum polímero ou plástico? Cite alguns exemplos e usos deles", para sondar os conhecimentos prévios dos estudantes. Incentive-os a reconhecer e relacionar as propriedades dos plásticos e suas aplicações. Peça-lhes, por exemplo, que indiquem quais propriedades das garrafas PET foram interessantes para que grande parte das garrafas de vidro fosse substituída por essas embalagens plásticas. Aproveite para questionar o que caracteriza um material destacável. Se julgar pertinente, inicie uma discussão sobre os impactos positivos e negativos da substituição de alguns materiais (como ferro, aço, vidro, etc.) por plástico. Peça aos estudantes que registrem suas respostas para as outras questões, a fim de que sejam retomadas posteriormente.

Os polímeros e sua abrangência (p. 49)

A síntese de polímeros é relativamente recente. Se julgar interessante, comente que ela data do início do século XX. Alguns polímeros são criados com o intuito de substituir produtos naturais, muitas vezes por questões econômicas ou tecnológicas.

Pode-se citar o caso do náilon, sintetizado com o intuito de substituir a fibra da seda (de origem animal) por questões de ordem econômica. Outras vezes, criam-se materiais para aplicações inéditas, como é retratado na reportagem "Nova tecnologia permite criar implantes cerebrais macios e que não prejudicam tecidos", disponível em: <https://sciam.com.br/nova-tecnologia-permite-criar-implantes-cerebrais-macios-e-que-nao-prejudicam-tecidos/>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Os polímeros no cotidiano (p. 50)

Leia com os estudantes as manchetes apresentadas neste tópico do **Livro do Estudante** sobre os impactos ambientais causados pelo consumo desenfreado e descarte inadequado dos plásticos e, se possível, leve para a sala de aula e peça aos estudantes que selecionem notícias e reportagens em que sejam exploradas questões relacionadas a esse tema que preocupam, atualmente, a comunidade nacional e internacional.

Esse tipo de atividade contribui para suscitar nos estudantes a busca por informações que envolvam temas já estudados. Atualmente, o uso desse tipo de recurso pode ser bastante ampliado, a seu critério, mesmo em realidades nas quais os estudantes não tenham acesso a jornais e revistas, com o uso da internet (por meio de *sites* de busca). Essas pesquisas constituem um meio para que muitos conceitos e princípios científicos sejam contextualizados; com isso, ampliam-se as oportunidades para que os estudantes deem a esses conhecimentos novas significações.

Você poderá, a seu critério, organizar um painel com esse material, mantendo-se atento para a possibilidade de, a partir dele, organizar novas atividades. Por exemplo, poderá organizar pesquisas sobre a legislação ambiental, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, por que animais confundem plástico com alimento, entre outras.

Se julgar pertinente, leia com os estudantes a matéria "Pode não haver tanto plástico nos oceanos quanto se temia", disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=microfibras-oceanos-nao-plastico-fibras-algodao-la&id=010125200715#.X0ZmZshKiUl> (acesso em: 26 ago. 2020), para abordar a questão da poluição causada por microfibras naturais.

Uma informação importante para destacar aos estudantes é que estudos mostram que Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo, reciclando apenas cerca de 1,2% desse tipo de lixo coletado.

Pergunte aos estudantes de que forma a presença de lixo plástico no mar pode interferir na vida dos animais.

O estrangulamento de animais por pedaços de plástico já foi registrado em mais de 270 espécies animais, incluindo mamíferos, répteis, pássaros e peixes, ocasionando desde lesões agudas até crônicas, ou mesmo a morte. Esse estrangulamento é hoje uma das maiores ameaças à vida selvagem e conservação da biodiversidade.

Peça aos estudantes que comecem a observar a quantidade de lixo plástico que eles descartam diariamente.

Interligações (p. 51)

É comum certa confusão entre as expressões "plástico reciclado", "plástico reciclável", "plástico biodegradável", "plástico oxidegradável" e "bioplástico". Essa seção traz alguns esclarecimentos sobre os os plásticos reciclado e reciclável, bem como o significado de plástico biodegradável. A discussão pode ser iniciada com a retomada da pergunta presente na seção **Para começo de conversa** sobre o que é um plástico biodegradável; em seguida se faz a leitura do texto, e então os estudantes revisam suas respostas.

Caso deseje se aprofundar no assunto, sugerimos a leitura do artigo de Franchetti e Marconato (2006) citado na *Bibliografia complementar*.

MODELO

Classificação dos polímeros (p. 51)

A diversidade dos materiais poliméricos permite classificá-los segundo vários critérios. Nesse ponto, é importante ressaltar que qualquer sistema de classificação é arbitrário, pois depende dos critérios escolhidos para agrupar os materiais, em função dos objetivos da pessoa que o criou.

Um dos objetivos da classificação dos polímeros é facilitar o estudo desses materiais. Ao reconhecer padrões nos diferentes polímeros com base na observação de algumas de suas propriedades, aplica-se uma estratégia de decomposição em conjuntos com uma menor quantidade de elementos com propriedades semelhantes. Separar os polímeros em grupos menores é uma estratégia que dialoga com o pilar da decomposição do pensamento computacional.

Destaque que, apesar de o capítulo exemplificar alguns polímeros naturais, como as proteínas, a ênfase é nos polímeros sintéticos e artificiais. Dois mecanismos de síntese são apresentados no capítulo: a polimerização por reações de adição e as reações de condensação. É interessante relembrar aos estudantes as características das ligações duplas ou triplas entre átomos de carbono, que são mais suscetíveis à quebra do que as ligações simples. As condições da mistura reacional são extremamente importantes para a ocorrência e o rendimento de uma reação; sendo assim, pode-se enfatizar a presença do catalisador e a necessidade de aquecimento indicadas nas equações exemplificadas. Sobre a polimerização por reação de condensação, destaque a eliminação de dois ligantes da cadeia carbônica, de maneira que essa reação química pode ser vista como o inverso das reações de adição. Esclareça possíveis dúvidas dos estudantes em relação a essas reações.

Quanto às dificuldades de classificação dos poliuretanos em relação ao tipo de polimerização, se julgar conveniente, comente que existe a proposta de uma nova classificação quanto ao mecanismo de síntese, em polimerização em cadeia e polimerização por etapas, na qual os poliuretanos não constituem uma exceção. Em razão da complexidade dessa classificação, escolhemos não a abordar na obra. Se desejar se aprofundar, é possível encontrar mais informações em Solomons e Fryhle (2018), citados na *Bibliografia complementar*. Para finalizar, sugerimos abordar os compósitos, materiais formados por uma fase contínua polimérica reforçada por uma fase dispersa, cujas propriedades são distintas daquelas das fases em separado. Pode-se mencionar que há, também, materiais compósitos de origem natural, como o tecido ósseo dos seres humanos.

Sugestão de atividade complementar: seminário

Propor aos estudantes a realização de um seminário sobre os compósitos, se possível com a participação do professor de Língua Portuguesa. A primeira etapa de um seminário consiste em pesquisar o tema escolhido; no caso, deverão ser contempladas na pesquisa desde a fabricação, as propriedades e as principais aplicações até as implicações sociais, econômicas e ambientais. É importante enfatizar aos estudantes a necessidade de utilizar fontes confiáveis. Preferencialmente, os seminários devem ser realizados em grupos para estimular, nos estudantes, o espírito colaborativo. Sugerimos determinar quais grupos tratarão de quais compósitos. Sendo um trabalho em equipe, todos os integrantes do grupo devem conhecer na íntegra o conteúdo preparado para os seminários, e não apenas a parte que ficaram encarregados de pesquisar e/ou apresentar. É importante enfatizar com os estudantes que ensaiar a apresentação contribui grandemente para a qualidade do seminário. O vídeo a seguir pode ser útil na condução da atividade:

- Comunicação oral: gênero seminário. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/3949/comunicacao-oral-genero-seminario>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Durante as apresentações, os estudantes que assistem à exposição dos colegas podem ser incentivados a fazer perguntas, como forma de fomentar entre os participantes a articulação e a socialização de informações. A duração de cada seminário deve ser combinada previamente, e sugerimos que o respeito ao tempo estabelecido seja um dos pontos considerados na avaliação, assim como a linguagem verbal e a corporal.

Interligações (p. 54)

Um dos objetivos dessa seção é apresentar aos estudantes um aspecto interessante da natureza da Ciência, o papel do acaso, e possibilitar o desenvolvimento da *competência geral 1* da BNCC. Como atividade extra, sugerimos solicitar aos estudantes que discutam a frase comumente atribuída a Pasteur: "O acaso só favorece a mente preparada". Espera-se que eles percebam que, se os pesquisadores não tivessem se interessado em analisar o sólido branco formado, o polietileno eventualmente ainda nem teria sido descoberto.

Interligações (p. 56)

Novamente é retratada a história de uma descoberta científica acidental. Uma discussão interessante que esse texto suscita é a questão da propriedade intelectual. Comente que o PTFE foi patenteado em 1941, e que patentes expiram em algumas décadas; o prazo exato depende de cada país, ou seja, não existem patentes mundiais. No Brasil, elas são concedidas pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) pelo prazo de vinte anos. Pode-se perguntar aos estudantes, por exemplo, o que acham de as patentes não serem mundiais e o que pensam sobre o prazo de concessão.

Outra discussão interessante diz respeito à relação entre os interesses militares e o desenvolvimento tecnológico. Pode-se promover um debate sobre a responsabilidade dos cientistas e das empresas quanto ao conhecimento que geram e aos produtos que fabricam, as limitações da sociedade civil em tomar parte destas decisões e o que pode ser feito para mudar a situação. Esse trabalho contribui para o desenvolvimento da *competência geral 7* da BNCC.

Se julgar pertinente, podem-se abordar as polêmicas em torno do PTFE, como os possíveis riscos à saúde, os processos movidos contra a empresa e a forma segura de utilizar as panelas recobertas com esse material. Para saber mais a respeito, sugerimos a leitura do texto "A verdade sobre o Teflon", disponível em: <https://super.abril.com.br/especiais/a-verdade-sobre-o-teflon/>. Acesso em: 26 ago. 2020.

Interligações (p. 58)

Sugerimos pedir aos estudantes que leiam o texto dessa seção e comentem suas observações em relação à evolução da aplicação dos materiais plásticos, principalmente aqueles que substituíram materiais já de uso consolidado. Como exemplo, pode-se citar o uso dos plásticos na substituição da madeira

PROIBIDA

na fabricação de móveis. Nessa discussão, oriente-os a indicar as propriedades desses materiais que são interessantes para as aplicações indicadas. Na sequência, pode-se pedir-lhes que respondam à atividade 2 e compartilhem suas ideias para uma discussão coletiva sobre o tema abordado, contribuindo assim para o desenvolvimento da habilidade EM13CNT301 e das *competências gerais 1*, *4*, *7* e *9* da BNCC.

Na atividade 1, sugerimos requisitar aos estudantes que produzam materiais em formato eletrônico para serem divulgados em *blogs* ou outras mídias sociais da escola. Oriente-os a produzir materiais que expressem a evolução tecnológica dos materiais, por exemplo: uma sequência de imagens que mostre uma pessoa segurando o cabo da panela de metal com o uso de luvas protetoras contra queimaduras, outra situação em que a pessoa segura o cabo de baquelite diretamente com as mãos e uma situação atual, que mostra os cabos de panela revestidos de silicone, indicando o ano ou a década de cada imagem e as vantagens e desvantagens de cada material. Durante a pesquisa e produção dos materiais, os estudantes são incentivados a desenvolver a habilidade EM13CNT303 e a *competência geral 5* da BNCC.

Interligações (p. 60)

Diferentemente dos casos anteriores, os pesquisadores que descobriram o náilon estavam procurando sintetizar um polímero. Para ressaltar a dificuldade dessa tarefa, pode-se comentar que vários materiais foram produzidos e rejeitados, por razões que incluíam baixa temperatura de fusão, higroscopicidade e disponibilidade de matéria-prima, antes que o náilon-66 fosse obtido pela primeira vez. Outro ponto a destacar é a relação entre a resistência a tração e as interações moleculares que se estabelecem entre as macromoléculas poliméricas. O texto e as atividades dessa seção promovem o desenvolvimento da *competência geral 1* da BNCC.

Para ampliar a discussão em uma abordagem interdisciplinar, será interessante convidar e trabalhar com um professor de Arte as diferenças e semelhanças entre os anúncios publicitários da década de 1940 e os atuais. Para saber mais sobre a campanha publicitária apresentada na seção, indicamos o *site* em inglês, disponível em: <https://dali.com/salvador-dalis-bryan-hosiery-art-sheer-delight/>. Acesso em: 3 ago. 2020. Essa atividade pode contribuir para o desenvolvimento da *competência geral 3* da BNCC.

Interligações (p. 63)

O texto dessa seção aborda alguns aspectos sobre o desenvolvimento das lentes de contato. Após a leitura do texto, sugerimos a discussão sobre as vantagens e desvantagens do uso da lente de contato. Direcione essa discussão para tratar sobre a importância da higiene na manipulação desses materiais e os riscos envolvidos em seu uso.

Na produção do material de divulgação proposto na atividade 1, destaque a importância de se elaborar um material com informações claras e precisas, e oriente os estudantes a produzir uma cartilha direcionada ao público jovem. Esclareça que essa cartilha pode ser apresentada no formato que eles julgarem mais interessante (HQs, infográficos, textos procedimentais, entre outros.) Essa atividade trabalha a *competência geral 4* da BNCC. Para saber sobre os cuidados com as lentes de contato, os estudantes podem consultar o texto disponível em: <https://www.einstein.br/noticias/noticia/cuidados-com-a-lente-de-contato>. Acesso em: 3 ago. 2020.

Na pesquisa proposta na atividade 2, oriente os estudantes a registrar os possíveis motivos que levam as pessoas a optarem pelo uso das lentes de contato. Esclareça que as entrevistas podem ser realizadas em encontros virtuais ou com formulários eletrônicos. Para a elaboração das perguntas da entrevista ou do formulário de pesquisa, pode-se convidar o professor de Língua Portuguesa para trabalhar esses gêneros de discurso e texto. No trabalho em grupo e nas definições das etapas que envolvem essa pesquisa, os estudantes são incentivados a trabalhar a *competência geral 9* da BNCC. Peça a eles que apresentem os resultados de suas pesquisas em formas de gráficos e compartilhem com os demais colegas. Esse trabalho possibilita o desenvolvimento da habilidade EM13CNT302 e das *competências gerais 2*, *4* e *5* da BNCC. Se julgar interessante, comente que, em outras épocas, algumas pessoas trocaram os óculos pelas lentes de contato por uma questão de estética. Nessa discussão, é interessante destacar a contribuição do desenvolvimento tecnológico para o bem-estar físico e psicológico do indivíduo, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade EM13CNT207.

Plásticos, lixo e reciclagem (p. 64)

Esse tópico tem por objetivo analisar como o ser humano vem tratando o problema da poluição ambiental, mais especificamente a gerada pelo acúmulo de lixo. Sugerimos aproveitar a oportunidade para debater ações individuais que podem ser realizadas em busca da sustentabilidade.

Além de abordar o impacto ambiental do descarte inadequado de plásticos, é possível ampliar a discussão sobre a contaminação do solo e dos cursos de água por materiais como pilhas, baterias, resíduos hospitalares e medicamentos vencidos. Aproveite para resgatar a resposta dos estudantes à pergunta sobre os riscos do descarte inadequado do lixo hospitalar da seção **Para começo de conversa**. Para contribuir com essa discussão, sugerimos o artigo disponível em: <http://www.impactounesp.com.br/2017/06/lixo-hospitalar-afeta-sua-saude-sem.html>. Acesso em: 21 ago. 2020.

Uma estratégia é iniciar solicitando aos estudantes que definam o que é lixo e apontem os fatores que contribuem para seu acúmulo. Pode-se, ao final do estudo desse tópico, realizar uma visita técnica a um aterro sanitário ou usina de compostagem.

Sugestão de atividade complementar: educação ambiental

Propor aos estudantes um projeto de reutilização de garrafas PET como prática de Educação Ambiental. A técnica de reutilização de materiais alcança diversas classes sociais, seja como uma opção de renda extra, seja como forma de valorização profissional (pode-se perguntar aos estudantes se já ouviram falar em *ecodesign*) em um mercado em que o número de consumidores preocupados com a sustentabilidade se torna cada vez maior. As técnicas de reutilização de garrafas PET são acessíveis a qualquer pessoa, além de representarem grande potencial de redução dos impactos do descarte desse material no ambiente.

REPRODUÇÃO

Para realizar essa atividade, os estudantes terão que desenvolver o hábito de separar o lixo, em casa, em reciclável e não reciclável (o lixo reciclável pode ser entregue à coleta seletiva, se houver, ou entregue em postos de arrecadação); dessa forma, o conhecimento extrapolará os muros da escola e terá reflexo na comunidade local.

Como primeira etapa da atividade, propomos a leitura e a discussão do texto a seguir:

- UNIFESP. O princípio dos 3 Rs. Disponível em: <https://www.unifesp.br/campus/sao/cedeme/images/Textos/O%20princ%C3%ADpio%20dos%203Rs.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2021.

Na segunda etapa, os estudantes planejam e executam a elaboração de produtos gerados com a reutilização das garrafas PET.

A terceira etapa culmina com a realização de uma feira cultural em que os estudantes possam expor seus trabalhos para a comunidade e, ao mesmo tempo, abordar, com os visitantes, questões como as características químicas do PET, como é realizada sua reciclagem e o impacto ambiental gerado pelo descarte inadequado. Nesta etapa, avalie a correção das informações trazidas pelos estudantes e ajude-os a organizar a exposição oral.

ATIVIDADE PRÁTICA (p. 64)

Antes de iniciar a atividade prática proposta, é interessante retomar com os estudantes os métodos de separação de misturas e o conceito de densidade. A atividade envolve o uso de um densímetro, instrumento utilizado na medição da densidade de líquidos. Um densímetro de baixo custo pode ser produzido conforme descrito a seguir. Alternativas para sua construção podem ser encontradas na internet.

Materiais

- canudo de plástico com cerca de 5 mm de diâmetro e 15 cm de comprimento
- massa de modelar
- areia
- copo com o menor diâmetro possível e 15 cm de altura
- água

Procedimento

1. Fechar uma das pontas do canudo com massa de modelar.

2. Colocar no fundo do tubo um pouco de areia.

3. Encher $\frac{3}{4}$ do copo com água.

4. Colocar o tubo na água contida no copo. A quantidade de areia no tubo deve ser adequada para que ele se mantenha na vertical e flutue na água. Caso isso não ocorra, alterar a quantidade de areia.

Se não for possível construir o densímetro, pode-se, alternativamente, fornecer aos estudantes como referência os valores de densidade a seguir.

Líquido	Densidade (g/mL) a 20 °C
Água	1,0
Álcool etílico hidratado (46,2 °INPM)	0,91
Solução aquosa saturada de cloreto de sódio	1,2

Outro requisito para a realização da atividade é obter as amostras de polímeros. Nesse caso, para evitar que os estudantes manuseiem objetos cortantes, sugerimos fornecer a eles uma mistura de pedaços picados de PVC, PS, PP e PEAD. A tabela a seguir traz alguns materiais em que podemos encontrar esses polímeros.

Material	Onde encontrar
PVC	tubos de água, algumas embalagens de produtos de limpeza
PS	copos descartáveis
PP	garrafas plásticas de refrigerante e água
PEAD	frascos de embalagens, potes para armazenar alimentos, tampas de refrigerantes

Vale ressaltar que, na etapa envolvendo a solução etanólica, é possível que não se observe a separação das amostras se o dia estiver muito quente. Se isso acontecer, deve-se acrescentar cerca de $\frac{1}{10}$ do volume de água à solução etanólica. Quanto ao volume de líquidos indicados no roteiro, trata-se apenas de uma sugestão. Se você substituir os potes de sorvete por algum recipiente mais alto e mais estreito, ou se tiver a sua disposição uma peneira bem pequena, o volume de líquido necessário para que a separação ocorra e os materiais flutuantes sejam recolhidos pode ser menor que 1 L.

A atividade prática apresenta um experimento que permite aos estudantes analisarem, interpretarem e tirarem conclusões a respeito de um método de separação de plásticos de acordo com a densidade de cada um deles. A descrição e a execução do método podem ser comparadas a um algoritmo, um dos pilares do pensamento computacional. Um algoritmo pode ser definido como uma sequência finita de passos bem descritos cuja finalidade é resolver um problema ou realizar uma tarefa. Pergunte aos estudantes se, com base no que foi observado, seria possível construir uma máquina ou um aparato automatizado para a separação dos plásticos aplicando o método descrito. Permita que a criatividade flua, mas questione-os e peça-lhes que justifiquem cada conjectura, incentivando-os a defender suas ideias por meio de argumentação consistente.

Comunicando ideias (p. 66)

Antes de iniciar a atividade 3 desta seção, assista com os estudantes ao vídeo produzido pela Organização Mundial da Saúde:

- EVOLUÇÃO da ciência e o combate à COVID-19 | OMS. 2020. 1 vídeo (1 min). Publicado pelo canal ONU Brasil. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yAfsTeXA6xY>. Acesso em: 26 ago. 2020.

  Peça aos estudantes que citem procedimentos e orientações que mudaram ao longo da pandemia e, se necessário, pesquisem-nos.

Fique por dentro (p. 67)

Sobre a indicação do vídeo *Como é feito o EPS?*, comente com os estudantes que a fabricação de um produto como o poliestireno expandido (EPS) deve seguir um processo, como um passo a passo, de maneira rigorosa para que as características desejadas sejam obtidas ao final. Assim, o processo de

MODERNA

fabricação pode ser comparado a um algoritmo, um dos pilares do pensamento computacional. Oriente os estudantes a assistirem ao vídeo e peça-lhes que escrevam uma sequência de passos que representa o processo de fabricação do EPS. Se julgar adequado, peça-lhes que façam uma pesquisa na internet a fim de enriquecer a descrição com imagens e fatos relacionados às propriedades desse material.

Avaliação

A avaliação pode ser realizada por meio de questões objetivas que envolvam a resolução de situações-problema baseadas nas atividades propostas ao longo do capítulo. Considere também a avaliação das atividades em grupo, realizadas durante todo o desenvolvimento do capítulo.

Outra sugestão é solicitar aos estudantes que, em grupos, realizem um estudo do entorno social em que estão inseridos, na escola, ou mesmo em suas casas, visando identificar a presença de materiais poliméricos que podem ser reciclados, quantificando-os, observando se são separados e qual é seu destino. A partir desse estudo, eles devem elaborar estratégias para minimizar o consumo desses materiais e garantir que tenham um destino adequado, como a reutilização ou a reciclagem. Essas estratégias devem ser discutidas em sala de aula. Oriente os estudantes a fazer pesquisas e melhorar as estratégias para que elas sejam colocadas em prática. No âmbito escolar, é possível solicitar uma reunião desses estudantes com a gestão da escola para que eles exponham suas ideias, podendo criar até mesmo um fórum para debater essa situação com a comunidade em questão.

Bibliografia complementar

- DE PAOLI, M. A. Plásticos inteligentes. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, São Paulo, maio 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/02/plastic.pdf>.

  O artigo fornece uma descrição da constituição química desse tipo de material, com algumas informações sobre sua história, forma de obtenção, propriedades e aplicações.
- FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis: uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. *Química Nova*, v. 29, n. 4, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v29n4/30263.pdf>.

  O artigo comenta os requisitos que um polímero deve ter, quanto à estrutura química, para ser biodegradável, além de trazer uma série de exemplos desses materiais.
- NAIME, R. *et al*. Do *design* ao *ecodesign*: pequena história, conceitos e princípios. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 7, n. 7, mar.-ago. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/viewFile/5265/3630>.

  Esse trabalho trata da inserção do *design* e do *ecodesign* em parâmetros de desenvolvimento sustentável, discutindo a necessidade de os materiais retornarem aos ciclos produtivos em uma cadeia de circuito fechado, pois a grande maioria das matérias-primas é constituída de recursos naturais não renováveis.
- SENAI. *Ciência e caracterização dos materiais plásticos*. São Paulo: Senai-SP Editora, 2017.

  Livro técnico que faz uma abordagem introdutória, com linguagem simples, dos materiais poliméricos plásticos.
- SOLOMONS, G.; FRYHLE, C.; SNYDER, S. *Química Orgânica*. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 2 v.

  A obra apresenta as polimerizações em cadeia e por etapas, respectivamente.
- WAN, E. *et al*. Polímeros sintéticos. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, maio 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/02/polimer.pdf>.

  Os autores discutem reações de obtenção, propriedades e descarte desses materiais.

Acessos em: 3 ago. 2020.

Resoluções

Atividades

(p. 49)

1. Resposta pessoal. Proponha aos estudantes a busca pelo símbolo que indica que o material é reciclável: ♺
2. a) Resposta pessoal. Provavelmente, boa parte dos materiais que os estudantes vão analisar são produtos sintéticos (poliésteres, poliamidas etc.).

   b) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes observem que o nome de muitos polímeros apresenta o prefixo **poli-** (presente, por exemplo, em poliamida, poliéster, polietileno, poliestireno etc.). É interessante destacar que o restante do nome dos polímeros, nesse caso, se refere ao monômero que se repete (amida, éster, etileno, estireno etc.).

MODERNA

Interligações (p. 51)

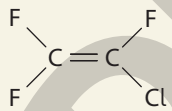
1. Plásticos biodegradáveis apresentam cadeias carbônicas que podem ser "rompidas" pela ação de microrganismos que os utilizam como fonte de alimento. Para ser considerado biodegradável pelas normas internacionais, o plástico precisa ser decomposto em, no máximo, 180 dias.
2. Não. É necessário um ambiente com determinadas condições para que os microrganismos consigam degradar os plásticos biodegradáveis. Esses materiais podem ser destinados à compostagem, por exemplo.

Interligações (p. 54)

1. Não. Os cientistas pesquisavam o efeito das altas pressões sobre a reação entre etileno e benzaldeído.
2. O trabalho foi interrompido por causa de uma explosão. Os químicos passaram a usar um equipamento mais seguro.
3. O gás oxigênio com o etileno injetado atuou como catalisador da polimerização do etileno.

Atividades (p. 55)

1. Alternativa **c**. A presença de ligação dupla entre átomos de carbono possibilita reações de polimerização por adição. Entre os compostos das alternativas, o butano é a única substância que não apresenta ligação dupla.
2. Para ser um polímero de adição, o monômero precisa apresentar, ao menos, uma ligação insaturada. O monômero para produzir o PCTFE é o clorotrifluoroeteno ou clorotrifluoroetileno. Sua fórmula pode ser representada por:



Interligações (p. 56)

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes citem alguns dos seguintes compostos: triclorofluorometano, diclorodifluorometano, 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano, bromoclorodifluorometano e bromotrifluorometano.
2. Espera-se que os estudantes respondam que os compostos fazem parte da mesma classe funcional: haletos orgânicos.

Interligações (p. 58)

1. Resposta pessoal. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.
2. Resposta pessoal. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.

Interligações (p. 60)

1. Resposta pessoal. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.
2. Resposta pessoal. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.

Interligações (p. 63)

1. Resposta pessoal. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.
2. Resposta pessoal. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.

ATIVIDADE PRÁTICA (p. 64)

1. Peneiração e decantação.
2. O plástico 1 é o PP; o 2 é o PEAD; o 3 é o PS; e o 4 é o PVC.

MODERNA

Comunicando ideias (p. 66)

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes indiquem em suas respostas os polímeros destacados no capítulo, como polietileno (1932-1933) e PEAD (1950), PTFE (~1938), baquelite (1907), náilon 6,6 (1935), poliaramida (1965) e PET (1941).
2. Resposta pessoal. Os estudantes podem citar o polietileno e o náilon.
3. Resposta pessoal. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.

Atividades (p. 67)

1. Para que a substância possa sofrer polimerização por adição, é necessário que ela apresente ligação dupla entre átomos de carbono de suas moléculas. Entre os compostos representados na atividade, somente o I, IV e V apresentam moléculas com ligação dupla (C = C).
2. Resposta pessoal. Espera-se que as respostas dos estudantes indiquem o significado de coleta seletiva, isto é, a recolha de materiais recicláveis previamente separados pela fonte geradora (domicílio, empresa ou instituição), que é de responsabilidade dos municípios. A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabeleceu no mínimo a separação entre resíduos secos (como aço, alumínio, vidro, papelão, papel, plásticos) e rejeitos que são resíduos não recicláveis, como fraldas e absorventes. Alguns municípios têm adotado a separação do lixo em três partes: resíduos secos, resíduos orgânicos e rejeitos. O sistema de reciclagem varia conforme o material reciclável, mas, de forma geral, o processo consiste na retirada de impurezas e transformação em matéria-prima.

ATIVIDADES FINAIS (p. 68)

1. A descoberta de bactérias que decompõem o plástico PET. O PET, por sua estabilidade no ambiente – demora centenas de anos para se decompor espontaneamente –, representa um grave problema de poluição nas cidades, nos rios e nos oceanos, afetando a saúde da população humana e de diversas espécies marinhas e aves. Há alguns anos, por exemplo, estimou-se que as "ilhas de plásticos" – resíduos plásticos que flutuam entre os oceanos – eram responsáveis pela morte de 1,5 milhão de animais por ano.
2. Resposta pessoal. Antes de iniciar o debate, esclareça a importância do diálogo, de ouvir com atenção e do respeito ao outro. Oriente os estudantes a analisar o ponto de vista dos envolvidos, como comerciantes, clientes, fornecedores, entre outros, e a apresentar propostas de solução, como materiais alternativos e biodegradáveis como substituintes, ou políticas de educação ambiental. Incentive os estudantes a se expressarem com clareza e apresentarem argumentos que justifiquem seus pontos de vista.
3. Alternativa **d**. Os plásticos ecológicos apresentam amido em sua constituição. O amido é o carboidrato digerido por organismos decompositores, facilitando a fragmentação da resina polimérica.
4. **a)** A principal informação no texto é o fato de sacolas plásticas biodegradáveis não serem tão efetivas em sua decomposição quanto seria necessário para que não fossem um grande problema como poluente. Resposta pessoal.

   b) Resposta pessoal. Oriente os estudantes a pesquisar sobre as matérias-primas e os resíduos gerados durante o ciclo de vida de cada tipo de plástico, além de suas propostas de reciclagem. Solicite-lhes então que analisem as vantagens e desvantagens de cada um. Os estudantes podem procurar por notícias sobre o banimento dos oxibiodegradáveis na União Europeia para pesquisa.

   Os bioplásticos são plásticos feitos com matérias-primas de fonte renovável, como a cana-de-açúcar; os plásticos biodegradáveis são materiais que se degradam em até 180 dias quando descartados como lixo orgânico e realizada a compostagem; e os plásticos oxibiodegradáveis são plásticos aos quais foram acrescentados ácidos graxos de metais de transição que aceleram a degradação do material no ambiente, liberando como resíduo metais pesados, além dos gases do efeito estufa. O banimento deste último está diretamente ligado aos resíduos de sua decomposição, os metais pesados.
5. Alternativa **b**. Os polímeros de adição são formados pela reação entre vários monômeros iguais sem que haja a eliminação de moléculas. Nesse tipo de reação, uma das ligações da ligação dupla do monômero é rompida para que sejam formadas ligações simples entre os monômeros.
6. Alternativa **d**. Tanto a acrilamida quanto a poliacrilamida são solúveis em água. Essa situação pode ser explicada pela forte interação (ligação de hidrogênio) entre as moléculas desse homopolímero e as de água.

EXCLUSIVA

Capítulo 3

Tempo geológico e evolução humana

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Biologia.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como competências específicas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	A competência é trabalhada durante todo o capítulo, que apresenta e valoriza o conhecimento historicamente construído sobre o mundo físico.	Todo o capítulo
3	A competência é desenvolvida nas atividades que analisam o trabalho de paleoartistas e propõem a confecção, pelos estudantes, de representações similares.	76 e 81
6	A competência é desenvolvida no estudo de diferentes culturas, nas quais a diversidade humana é valorizada.	90 e 92
8	A competência versa sobre o autoconhecimento, que é favorecido nos estudos sobre a evolução humana e o desenvolvimento de diferentes culturas.	82 a 93

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
2	EM13CNT201	Todo o capítulo aborda modelos e teorias que explicam o surgimento e a evolução da vida.	Todo o capítulo
	EM13CNT202	Todo o capítulo analisa formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas.	Todo o capítulo
	EM13CNT208	O texto e as atividades aplicam os princípios de evolução biológica para analisar a evolução humana, considerando sua origem, sua diversificação, sua dispersão pelo planeta e suas diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.	82 a 93
3	EM13CNT302	A atividade proposta estimula a produção de conteúdo de comunicação científica, visando a públicos variados.	89
	EM13CNT303	A habilidade é trabalhada com a interpretação de textos de divulgação científica, considerando a apresentação dos dados, em forma de texto ou imagens, para a construção de argumentação com base em fontes confiáveis de informação.	79

Competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Justificativa	Página
2. Analisar a formação de territórios e fronteiras em diferentes tempos e espaços, mediante a compreensão das relações de poder que determinam as territorialidades e o papel geopolítico dos Estados-nações.	O estudo da evolução humana e da diversidade cultural de nossa espécie favorece o desenvolvimento da competência.	82 a 93

MODERNA

Conhecimentos prévios para o melhor aproveitamento do conteúdo

O capítulo trata do tempo geológico e da evolução humana, mobilizando conceitos e conhecimentos trabalhados nos anos finais do Ensino Fundamental. Das habilidades do 6º ano, destacamos a EF06CI11, que trata das diferentes camadas que estruturam o planeta Terra. No 7º ano, os estudantes debatem mais o modelo de placas tectônicas no trabalho com as habilidades EF07CI14 e EF07CI15. Por fim, no 9º ano trabalha-se com conceitos de evolução, com as habilidades EF09CI10 e EF09CI11.

- (EF06CI11) Identificar as diferentes camadas que estruturam o planeta Terra (da estrutura interna à atmosfera) e suas principais características.
- (EF07CI14) Justificar a importância da camada de ozônio para a vida na Terra, identificando os fatores que aumentam ou diminuem sua presença na atmosfera, e discutir propostas individuais e coletivas para sua preservação.
- (EF07CI15) Interpretar fenômenos naturais (como vulcões, terremotos e *tsunamis*) e justificar a rara ocorrência desses fenômenos no Brasil, com base no modelo das placas tectônicas.
- (EF09CI10) Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica.
- (EF09CI11) Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.

Objetivos do capítulo

Ao final deste capítulo, o estudante deverá ser capaz de:

- Compreender a escala de tempo geológica, identificando as principais transformações pelas quais o planeta passou.
- Compreender e analisar os principais eventos relacionados à evolução humana, debatendo criticamente as principais hipóteses.

A compreensão da escala geológica e de suas divisões de tempo é essencial para avaliar as mudanças ocorridas no planeta, seu funcionamento e seu equilíbrio. A compreensão da evolução humana é essencial para o debate sobre o que nos torna distintos de outras espécies e como isso afetou nossa história e nosso modo de vida, fornecendo ferramentas para análises despidas de determinados preconceitos.

Sugestões metodológicas

Para começo de conversa (p. 70)

A seção inicial do capítulo tem como objetivo sondar os conhecimentos prévios dos estudantes e retomar conceitos já trabalhados que são importantes para o andamento do trabalho. Inicie a aula solicitando que os estudantes analisem a imagem de abertura e tentem explicá-la. Debata então a noção de tempo com eles. Muitas vezes, a magnitude de números muito grandes, na ordem de bilhões ou mais, não é clara para os estudantes. Assim, um exercício que pode ser feito para iniciar o debate é solicitar que tentem refletir quanto valem um milhão de segundos e um bilhão de segundos. Após apresentarem suas estimativas, peça que calculem esses valores em horas. Sugira então que um estudante leia em voz alta o texto inicial e debata brevemente as questões levantadas, avaliando os conhecimentos prévios da turma.

A divisão do tempo geológico (p. 71)

A necessidade de agrupar sistemas, períodos ou materiais em função de alguma semelhança ou característica tem como objetivo facilitar o estudo de alguns temas em Ciências da Natureza. Discuta com os estudantes como essas classificações são criadas pelos seres humanos para facilitar o estudo da história evolutiva da Terra. Quando dividimos, por exemplo, o tempo geológico em eras, como Cenozoica, Mesozoica, Paleozoica, Arqueana e Hadeana, estamos utilizando habilidades que podem ser articuladas e relacionadas ao pilar da **decomposição** do pensamento computacional.

Interligações (p. 72)

A série televisiva *Cosmos*, tanto na temporada de 2014 (com Neil deGrasse Tyson) quanto na de 1980 (com Carl Sagan), mostra versões animadas do calendário cósmico e pode ser utilizada para melhor compreensão do conceito. Explore a amplitude do tempo com os estudantes, reforçando que toda a história humana cabe nos meros 20 segundos finais desse calendário, debatendo nosso impacto no equilíbrio da Terra.

Éon Pré-Cambriano e a era Paleozoica (p. 73)

Explique que as eras são divididas para fins didáticos e de análise, não havendo divisões muito exatas entre uma e outra. Leia os três primeiros parágrafos e faça uma pausa após tratar dos termos "teoria quimiossintética" e "evolução química" para debatê-los com os estudantes. Esclareça que as duas ideias estão relacionadas ao surgimento das primeiras moléculas orgânicas na Terra e à origem da vida. Se possível, solicite aos estudantes que pesquisem e apresentem o surgimento dessa teoria, a partir das descobertas de Aleksandr Oparin (bioquímico russo) e John Haldane (biólogo inglês), nos anos 1920. A ideia principal de ambos os cientistas era a de que o ambiente fortemente redutor da atmosfera primitiva favorecia a ligação de átomos de carbono e, portanto, seria possível surgirem moléculas mais complexas a partir de moléculas simples, como metano, amônia e vapor d'água.

Continue a leitura e peça aos estudantes que formulem uma hipótese sobre o motivo de a atmosfera primitiva não ter ozônio. Espera-se que relacionem esse fato à fotossíntese, que não existia nessa época. Retome então o conceito de bactérias anaeróbias, explicando minimamente o metabolismo delas. Discuta com eles a diferença entre respiração e fermentação (forma como os seres vivos quebram o alimento para obtenção de energia) e fotossíntese e quimiossíntese (forma como se produz matéria orgânica).

A quimiossíntese é um processo em que a produção de matéria orgânica é feita a partir de água, gás carbônico e outras substâncias inorgânicas, como amônia, nitrito, enxofre, ferro. Esse processo não depende da participação de energia luminosa, pois a energia empregada na síntese das moléculas orgânicas advém da oxidação de compostos inorgânicos. Esses termos muitas vezes se confundem e devem ser bem esclarecidos.

MODERNA

Sobre a evolução biológica, pode-se aprofundar o debate com a leitura do artigo a respeito da teoria do "mundo de RNA", indicado a seguir. Essa é uma forma de treinar a leitura de artigos científicos, ampliando a compreensão dos estudantes. Pode-se solicitar que leiam e tentem sintetizar as principais ideias com mapas mentais, apresentações ou infográficos, por exemplo, estimulando a curiosidade científica. O artigo indicado é "Origens da vida", de Augusto Damineli e Daniel Santa Cruz Damineli, disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a21v2159.pdf> (acesso em: 3 ago. 2020).

Continue a leitura com os estudantes, organizando temporalmente as etapas descritas no texto, parando a cada termo em negrito e solicitando que o definam. Pode-se também debater mais a fundo sobre o surgimento do oxigênio na Terra e de como isso provavelmente causou grande extinção de espécies, já que provocou profundas alterações na composição da atmosfera.

Aborde a hipótese endossimbionte, discutindo com os estudantes que ela afirma que as primeiras células eucariontes passaram a realizar a respiração aeróbia quando, por fagocitose, englobaram células procarióticas que já realizavam respiração. Uma das evidências é o fato de as mitocôndrias possuírem material genético próprio. O mesmo ocorreu com os cloroplastos.

Caixa de ferramentas (p. 74)

Esclareça que arqueas são organismos procariontes de um domínio distinto do das bactérias. As principais diferenças são moleculares: o RNA das arqueas é mais parecido com o de organismos eucariontes do que com o de bactérias; arqueas não possuem peptidioglicanos em suas paredes celulares (e sim polissacarídeos, glicoproteínas ou proteínas); os lipídeos de suas membranas diferem dos de todos os demais seres vivos; e são essencialmente autotróficas quimiossintetizantes, enquanto bactérias têm diferentes formas de vida.

Sugestão de atividade complementar

Pode-se solicitar aos estudantes que representem em uma linha do tempo os diferentes eventos debatidos no tópico, como forma de organizar visualmente o conteúdo.

Era Paleozoica (p. 74)

Solicite aos estudantes que encontrem a era Paleozoica na tabela e na imagem de abertura. Analise então cada período, ressaltando os eventos mais marcantes. Relacione o aparecimento de espécies com a visão evolucionista, ressaltando o surgimento de novos nichos e o de espécies de acordo com a teoria da evolução.

Sugestão de atividade complementar

O documentário *Quando éramos peixes*, de Neil Shubin, tem por objeto a descoberta do fóssil de *tiktaalik* e apresenta uma série de conceitos sobre evolução, tratando de fósseis, períodos geológicos e outros assuntos. Esse documentário é facilmente encontrado na internet, em versões legendadas e dubladas, e pode auxiliar os estudantes a compreender a história evolutiva que culminou nos vertebrados, inclusive esclarecendo aspectos genéticos na pesquisa.

Deriva continental na era Paleozoica (p. 76)

Retome a discussão, já feita no Ensino Fundamental, sobre a semelhança entre as costas leste do Brasil e oeste da África. Relembre-os também sobre outras evidências da deriva continental, como a diversidade de fósseis das mesmas espécies encontrados em ambas as costas. Se possível, utilize o aplicativo "Earth Viewer", sugerido na atividade a seguir. Outro material que pode ser utilizado para explorar o assunto com os estudantes é o artigo "Deriva continental & tectônica de placas", disponível em: <http://www.geoturismobrasil.com/REVISTA%20ARTIGOS/deriva%20continental%20-%20Manzig.pdf> (acesso em: 3 ago. 2020).

Sugestão de atividade complementar

O aplicativo "Earth Viewer" permite que os estudantes observem e interajam com os continentes em diferentes eras geológicas. Utilize esse recurso para enriquecer o desenvolvimento dos temas relacionados à deriva continental. Disponível em: <https://www.biointeractive.org/classroom-resources/earthviewer> (acesso em: 3 ago. 2020).

Comunicando ideias (p. 76)

Estimule a criatividade dos estudantes solicitando que procurem vídeos, animações, dioramas e outras formas de representação da fauna e da flora da época escolhida. Peça a eles que analisem os animais e tentem supor seus hábitos e suas formas de vida. Durante a exposição dos desenhos, estimule-os a argumentar sobre suas escolhas.

Eras Mesozoica e Cenozoica (p. 77)

As eras Mesozoica e Cenozoica costumam despertar interesse nos estudantes, em especial por conta dos dinossauros. Essa pode ser uma boa oportunidade para estimulá-los a expor seus interesses no assunto, organizando seminários em que eles possam compartilhar seus conhecimentos.

Reforce com os estudantes a questão da mudança do clima, para que possam relacionar o surgimento de novos nichos à grande diversificação da vida.

Relacione o período também ao calendário cósmico apresentado no início do capítulo, de modo que os estudantes possam comparar e compreender o longo período em que os dinossauros dominaram a Terra.

Interligações (p. 78)

O *Archeopteryx* foi descoberto em 1861, pouco depois da publicação de *A origem das espécies*, de Charles Darwin. Ele suscitou muito debate entre acadêmicos, pois tinha largas asas com extremidades arredondadas e uma grande cauda óssea, além de penas. Isso conferia aerodinâmica ao animal, embora seu esqueleto fosse tipicamente reptiliano, com garras nas mãos e mandíbula com dentes.

Somente na década de 1990 é que outras espécies com características semelhantes foram encontradas. As evidências não mostram uma transição nítida de dinossauros para aves, mas há evidências suficientes para compreendermos que as aves compartilham centenas de características com os dinossauros, em especial com um grupo denominado terópodes.

Reforce com os estudantes que há mais de uma hipótese para a extinção dos dinossauros e provavelmente uma mistura de diferentes situações contribuiu para isso. Relacione também a importância dos polinizadores para a expansão do grupo das angiospermas, debatendo aspectos evolutivos que justificam sua hegemonia em número de espécies e nichos ocupados.

Estimule os estudantes a pesquisar sobre os profissionais que atuam na área, consultando páginas de institutos de ensino e pesquisa, de preferência.

Sugestão de atividade complementar

Os estudantes podem fazer a leitura do artigo "O colecionador de ossos" para debater a importância do estudo de aves fósseis. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-colecionador-de-ossos-2/> (acesso em: 3 ago. 2020).

Era Cenozoica (p. 80)

Relacione a grande variação climática com a importância da adaptação da homeotermia, debatendo com os estudantes por que os grupos com tal característica tiveram mais sucesso evolutivo no período. Se possível, analise a deriva continental no aplicativo "Earth Viewer", indicado anteriormente, diferenciando os períodos.

Aproveite para debater elementos da cultura *pop* que exploram essa era, como os filmes da série "A era do gelo". Se possível, peça aos estudantes que tentem pesquisar que animais retratados nessas animações realmente coexistiram.

Megafauna sul-americana (p. 81)

Peça aos estudantes que atentem para o período de ocorrência da megafauna, pois essa informação será relevante no debate sobre a origem dos povos americanos, mais adiante no capítulo.

Comunicando ideias (p. 81)

Na página do Museu Nacional é possível encontrar uma imagem animada que mostra parte da reconstrução do rosto de Luzia, disponível em: <http://www.museunacional.ufrj.br/guiaMN/Guia/paginas/7/resconstluzia.htm> (acesso em: 3 ago. 2020). A partir de um protótipo, esculpem-se os músculos e órgãos da cabeça, para depois colocar os olhos e a pele. Alguns detalhes são recriados com base em deduções de estudos científicos, como a ponta do nariz, mas o formato geral é fidedigno. Para isso, o pesquisador deve conhecer o grupo étnico a que o indivíduo pertencia. Geralmente o trabalho é feito por equipes interdisciplinares que contam com historiadores, antropólogos, artistas forenses, entre outros.

Evolução humana (p. 82)

Inicie o debate ressaltando que as teorias científicas podem mudar com a descoberta de novas evidências, a exemplo da hipótese que defendia o surgimento da espécie humana na Eurásia. Tal ideia foi superada pela hipótese de surgimento do humano na África a partir de inúmeras evidências coletadas ao longo do tempo, como fósseis e análises genéticas. Questões referentes à história da humanidade podem ser exploradas em maior profundidade com a participação de professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Ressalte a raridade e a importância de encontrar fósseis mais completos, mostrando que eles permitem deduzir diversas informações, como a postura e até hipóteses sobre hábitos de vida.

Discuta a imagem que mostra ancestrais humanos em linha, pedindo que os estudantes reflitam por que o esquema tem problemas. Pode-se então solicitar que, em grupos, os estudantes tentem reformulá-la, refletindo como ela mostraria melhor a evolução humana com diferentes linhagens.

Caixa de ferramentas (p. 83)

O tema da caixa de ferramentas permite a discussão sobre filosofia da ciência e de como as ideias podem mudar baseadas em novas evidências. Reforce esse conceito sempre que possível.

Reconstruindo nossa história evolutiva (p. 84)

Analise as imagens da tabela com os estudantes, comentando aspectos anatômicos como o volume do crânio e a morfologia do esqueleto, fazendo considerações sobre quais diferenças propiciaram uma melhor adaptação ao meio.

Reforce também o aumento da complexidade dos instrumentos produzidos por espécie, destacando que isso também é uma característica da evolução humana.

Sugestão de atividade complementar

Solicite aos estudantes que acessem o *site* do acervo do Museu Nacional e debata sobre o incêndio que afetou a instituição em 2018, pedindo que comentem sobre os impactos que isso gerou para a ciência nacional. Disponível em: <https://artsandculture.google.com/project/museu-nacional-brasil?hl=pt> (acesso em: 3 ago. 2020).

O início da linhagem humana (p. 86)

Esse é um bom momento para debater a frase comum que diz que "o homem veio do macaco". Reforce conceitos evolutivos no debate, ressaltando que temos ancestrais comuns com macacos, mas não somos descendentes de espécies atuais.

Destaque então a mudança climática e explore o fato de que a bipedia era uma vantagem maior na savana do que na floresta. Tais debates são importantes para reforçar a ideia de que a evolução não é direcional.

Sugestão de atividade complementar

O programa USP Talks, inspirado no grupo TED Talks, convidou o prestigiado biólogo e estudioso da evolução humana Walter Neves para desmistificar ideias falsas sobre o assunto. Esse material pode ser empregado para subsidiar debates. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5PZFW-SlCTA> (acesso em: 3 ago. 2020).

Neandertais na Europa e no oeste asiático (p. 87)

Ao debater os neandertais, reforce as adaptações que lhes permitiram colonizar o ambiente frio. Ressalte com os estudantes a complexidade dos instrumentos que eles produziam. A época de extinção dos neandertais também merece destaque, pois é relativamente recente na história evolutiva.

MANUAL DO PROFESSOR

Acredita-se que a passagem pelo estreito de Bering só foi possível devido a mudanças no clima, com maior glaciação e menor nível da água dos oceanos. Isso é particularmente importante, pois pressupõe que os *Homo sapiens* da época já tinham tecnologia para suportar o frio intenso.

A relação entre evolução e história (p. 88)

O texto do tópico traça um paralelo entre evolução e história e pode servir de base para uma discussão mais profunda, envolvendo disciplinas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Essa abordagem permite enriquecer a compreensão sobre os momentos iniciais da história humana. A animação *Uma breve história de quase tudo* pode ser utilizada como ponto de partida para a discussão. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gNYZH9kuaYM> (acesso em: 3 ago. 2020).

Interligações (p. 89)

O documentário *Jane: a mãe dos chimpanzés*, de 2017, conta a história de Jane Goodall e pode ser utilizado para debater a produção de conhecimento científico com os estudantes, mostrando como a ciência pode mudar visões e políticas públicas. Muitos pensavam que a pesquisa de Jane Goodall era inútil, mas ela se mostrou essencial para entendermos nossa própria história.

Comunicando ideias (p. 89)

Ideias sobre a criação do ser humano são um ponto comum de diferentes culturas. Em geral, o ser humano sempre tem papel de destaque na criação, surgindo em momentos diferentes da dos demais animais. Se julgar pertinente, divida a turma em grupos e sorteie ou escolha diferentes civilizações para que todos possam ouvir diferentes mitos.

Origem dos povos indígenas brasileiros (p. 89)

Analise o infográfico de maneira dialógica com os estudantes, debatendo o estudo apresentado e suas conclusões. Aproveite o momento para retomar a noção de método científico, verificando qual fato foi observado, que pergunta ele suscitou, qual foi a hipótese elaborada e o experimento feito para testá-la.

Sugestão de atividade complementar

O debate coletivo é uma oportunidade de aprofundar discussões sobre genética e as respostas que ela pode providenciar. Pode-se solicitar aos estudantes que leiam o artigo "Retrato molecular do Brasil", disponível em: <http://labs.icb.ufmg.br/lbem/pdf/retrato.pdf> (acesso em: 3 ago. 2020) e façam vídeos para explicar suas descobertas. Estimule-os a utilizar a criatividade na produção dos vídeos. Se possível, combine a atividade com outros professores, como os da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.

Interligações (p. 91)

Debata o decaimento do carbono 14, demonstrando a eficácia da técnica para a datação de fósseis e artefatos. Se quiser aprofundar o assunto, utilize com os estudantes o simulador diponibilizado em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/beta-decay> (acesso em: 3 ago. 2020).

Cultura e diferenças entre grupos (p. 92)

O tema da seção fornece subsídios para estimular o debate livre de preconceitos contra grupos étnicos e praticar a empatia. Reforce sempre que não há hierarquia entre as culturas, nem diferentes graus de evolução entre elas. Para ampliar o debate, pode-se apresentar aos estudantes o texto "Ritos corporais entre os Nacirema", disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/364413/mod_resource/content/0/Nacirema.pdf> (acesso em: 3 ago. 2020).

O texto é uma crítica bem divertida, que narra a sociedade americana (Nacirema é "american" ao contrário) com total estranhamento, descrevendo de maneira acadêmica hábitos cotidianos das pessoas. A leitura e a discussão do texto podem auxiliar na construção da imagem de que os povos possuem costumes igualmente válidos. Cada cultura pode parecer exótica para as demais apenas por uma questão de diferença de hábitos.

A importância da aprendizagem (p. 92)

O texto mostra como questões que são vantagens evolutivas em situações específicas, como o aumento do cérebro, podem trazer mudanças que limitam outras questões, de modo que a evolução nem sempre resolve todos os problemas da melhor forma. Assim, diferentes ações que são inatas a outros animais, para os seres humanos podem ser desenvolvidas por meio de intensa aprendizagem.

Capacidade de aprendizagem (p. 92)

Apresente a capacidade de aprendizagem como um fator preponderante para a sobrevivência da espécie e, logo, para a adaptação. Peça aos estudantes que reflitam sobre a importância da aprendizagem em suas próprias vidas e a passagem de conhecimentos de uma geração para outra, considerando como isso contribuiu para atingirmos o patamar tecnológico em que nos encontramos.

Crescimento populacional e o futuro da humanidade (p. 93)

Se julgar pertinente, divida a turma em grupos a fim de realizar um debate sobre soluções possíveis para um mundo em que a população humana continua a aumentar. Reforce que, para o debate ocorrer a contento, os estudantes devem trazer argumentos embasados em pesquisas. Uma proposta para debates desse tipo é apresentada pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais no documento disponível em: <https://minionupucmg.files.wordpress.com/2018/09/cartilha-preparatoria-para-o-minionu-novo.pdf> (acesso em: 3 ago. 2020).

Avaliação

A avaliação deve ser contínua, observando os debates dos estudantes durante o desenvolvimento dos assuntos. Utilize as questões propostas nas seções **Atividades**, **Interligações** e **Comunicando ideias** para avaliar a aprendizagem concomitantemente ao desenvolvimento dos conteúdos.

MODERNA

Caso julgue necessária uma avaliação final para além dessas atividades, pode-se sugerir aos estudantes que realizem uma atividade final que retome o calendário cósmico. Peça que elaborem uma maneira de representar esse calendário, física ou digitalmente, incluindo as informações que julgarem mais importantes, com base no que foi visto no capítulo.

Bibliografia complementar

- TEIXEIRA, Wilson *et al*. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2007.
  Livro de referência para estudar o tempo geológico e eventos relacionados, desde a deriva continental até a formação do solo.

Resoluções

Interligações (p. 72)

Consulte orientações nas *Sugestões metodológicas*.

Atividades (p. 72)

1. O conceito de tempo geológico apresenta dimensões muito maiores que o de tempo biológico, e com isso seu estudo não é realizado com os mesmos parâmetros de fenômenos de duração mais curta.
2. Grandes extinções em massa.
3. O ser humano surgiu na era Cenozoica, enquanto a vida surgiu no éon Pré-Cambriano.

Interligações (p. 76)

1. São consideradas fontes não renováveis, pois os estoques desse recurso na natureza são limitados. A velocidade com que o petróleo e outros combustíveis fósseis são extraídos supera em muito a velocidade com que são repostos, já que se trata de um processo que ocorre em escala geológica de tempo.

Atividades (p. 76)

1. Biota de Ediacara é um nome mais indicado, pois podem estar representados nos fósseis descritos tanto animais quanto plantas, e, por vezes, a identificação exata a que reino pertenciam é dificultada, em razão das características rudimentares dos primeiros seres pluricelulares.
2. No período Ordoviciano surgiram os primeiros peixes cartilaginosos, sem mandíbula ou dentes. No Siluriano apareceram os primeiros peixes cartilaginosos com mandíbulas e dentes, que facilitaram sua atuação como predadores. Os grandes grupos de peixes atuais surgiram no Devoniano. As plantas terrestres surgiram no Siluriano; no período Carbonífero as samambaias e as cavalinhas formavam bosques pela Terra, que criaram ambientes úmidos; no período Permiano, surgiram as gimnospermas.

Comunicando ideias (p. 76)

Consulte orientações nas *Sugestões metodológicas*.

Interligações (p. 78)

Consulte orientações nas *Sugestões metodológicas*.

Interligações (p. 79)

1. A descoberta do fóssil de *Archaeopteryx* sem a perspectiva evolutiva seria apenas mais um registro de um ser que não existe mais e que, por acaso, teria características comuns entre aves e répteis, sem o desenvolvimento de hipótese da existência de ancestral comum entre dinossauros e aves.
2. As características morfológicas semelhantes em linhagens diferentes podem ocorrer sem que haja a mesma origem evolutiva (ancestral comum), ou seja, surgiram mais de uma vez no decorrer do processo evolutivo, sob pressões seletivas diversas, sendo estruturas análogas. Dessa forma, as análises químicas evidenciam a existência de um ancestral comum aos dinossauros e às aves, mostrando que as características morfológicas semelhantes têm uma origem comum, ou seja, são homólogas.
3. A Paleontologia sempre realizou seus estudos empregando métodos comparativos entre os fósseis encontrados e os organismos atuais. Hoje em dia, ela passou a usar métodos de análise química qualitativa. Esse tipo de análise complementa os estudos de filogenias de fósseis e contribui para a aceitação de hipóteses de ancestralidade comum.

Atividades (p. 81)

1. A charge se relaciona ao fato de nunca termos dividido o planeta com dinossauros, de existir uma "barreira" de eras geológicas que nos separam no tempo. A era Cenozoica é definida após a grande extinção ocorrida no período Cretáceo (era Mesozoica). Assim, a extinção dos dinossauros ocorreu antes do surgimento dos primeiros hominínios (período Neoceno, era Cenozoica).
2. Os dinossauros foram dominantes durante o período Jurássico da era Mesozoica, e o nome *Jurassic Park* reflete esse fato.

Comunicando ideias (p. 81)

Estimule a discussão entre os estudantes de modo que todos possam expor suas opiniões e ouvir as dos colegas. Caso necessário, comente que essas reconstituições, apesar de serem fruto da imaginação de alguns ilustradores científicos, são baseadas em hipóteses desenvolvidas por paleontólogos e geólogos a partir dos fósseis encontrados de determinada era ou período. São importantes para a elaboração de ambiente menos abstrato ao pesquisador, auxiliando-o a compor um ambiente não mais existente, além de ajudar a divulgar

REPRODUÇÃO

os dados científicos tanto para a comunidade científica como para a sociedade.

Interligações (p. 89)

Respostas variáveis. Estimule os estudantes a consultar veículos e jornalistas especializados em divulgação científica.

Atividades (p. 89)

1. O método científico consiste em acumular evidências (fatos) verificáveis, que permitem a formulação de hipóteses falseáveis, ou seja, passíveis de teste. O conjunto de fatos e suas respectivas hipóteses formam a teoria científica. Caso, após os experimentos ou a conquista de novas evidências, estas corroborem as hipóteses formuladas previamente, a teoria se mantém. Em caso negativo, devem-se formular novas hipóteses falseáveis e experimentos, desenvolvendo novas teorias. A descoberta de novos fósseis pode influenciar a teoria vigente de relação entre as espécies. Esses novos fósseis são os novos fatos, que, se não corroborarem a teoria e, portanto, a hipótese inicial, poderão alterar o paradigma vigente, como já foi alterado no caso da origem da linhagem humana, inicialmente designada para a Europa e mais tarde comprovou-se (até o momento) ter ocorrido na África. Explicite que a Ciência é uma área dinâmica; a todo momento as teorias vigentes estão sendo colocadas à prova, e algumas delas são alteradas, dado o acréscimo de novas evidências.
2. Imagens como essa passam a ideia de que a evolução se dá de maneira linear, muitas vezes compreendida como uma "melhoria". Sabe-se, no entanto, que a evolução é muito mais complexa que isso; o grupo dos hominínios é um exemplo, pois é bastante ramificado – até o passado relativamente recente, espécies diferentes desse nosso grupo habitavam o planeta ao mesmo tempo.

Comunicando ideias (p. 89)

Todos buscam explicar as origens do ser humano por meio de narrativas históricas. As narrativas evolutivas são consideradas hipóteses, fundamentadas em evidências empíricas, e estão sujeitas a testes e revisões.

Atividades (p. 91)

1. Resposta pessoal. Neste momento, aproveite para levantar conhecimentos prévios dos estudantes sobre Genética. Verifique se eles compreendem que o DNA, apesar de semelhante, apresenta variações entre os indivíduos, e essas variações podem servir de ferramenta para estudos de comparação genética. Apesar de intuitivo, é possível que alguns estudantes tenham dificuldade em compreender que maior semelhança genética implica maior proximidade evolutiva. Tente resolver essas dúvidas a partir do levantamento de questões como: Por que os irmãos são mais semelhantes entre si do que as pessoas sem parentesco? Por que os povos nativos de regiões próximas são mais semelhantes que os de regiões distantes? Por que gêmeos univitelinos são praticamente idênticos?
2. Estudar a origem dos povos indígenas contribui para a reconstrução da história da humanidade e o reconhecimento das populações nativas de nosso país. Converse com os estudantes sobre como esses estudos devem respeitar as particularidades desses povos, considerando sua cultura e seus costumes.
3. Resposta pessoal. Considerando a origem única humana, discursos racistas, xenófobos e ultranacionalistas não têm valor, já que todos os seres humanos descendem de um mesmo ancestral, e a formação dos diferentes povos envolveu eventos de dispersão e muitos de miscigenação. Compreender que geneticamente povos tão distantes como os indígenas brasileiros e os aborígenes australianos apresentam semelhanças é mais uma evidência da unidade dos seres humanos. Entretanto, cabe a questão de por que, culturalmente, essas condições de discriminação e preconceito permanecem.
4. Resposta pessoal. Destaque a importância das comissões de ética na aprovação de pesquisas realizadas com populações indígenas. Pode-se comentar que, nos anos 1960, pesquisadores dos Estados Unidos coletaram sangue de indígenas ianomâmis e mantêm amostras do DNA deles estocadas. Atualmente esses indígenas reivindicam a devolução dessas amostras e consideram esse armazenamento um desrespeito a seus ancestrais.

Interligações (p. 91)

1. É necessária a associação do período em anos que a técnica possui com o tempo de vida (ou decaimento) de isótopos radioativos. Existe um período máximo, pois a radiação seria tão baixa que tenderia a zero, não possibilitando ser detectada, e um mínimo por causa das dificuldades técnicas de detectar de maneira acurada pequenas diferenças.
2. A resposta deve utilizar o radical da palavra "termo-luminescência" e associá-lo com o uso de calor para excitação e detecção por emissão de luz.

Atividades (p. 93)

1. A bipedia refletiu-se em um estreitamento da pelve e, como consequência, uma diminuição no tamanho do canal para o parto. As fêmeas de *Homo erectus* eram bípedes e, portanto, apresentavam o canal do parto relativamente menor que o de seus ancestrais diretos. Assim, as fêmeas que davam à luz um pouco mais cedo (prematuramente) tinham maiores chances de ter um parto saudável, já que o bebê seria menor, e, assim, de deixar mais descendentes. Com isso, a seleção natural foi restringindo o tamanho máximo do bebê ao nascer.

MODELO

2. Resposta pessoal. Incentive os estudantes a perceberem a influência social em muitos aspectos de seu comportamento. Alguns exemplos são preferências de moda, música, estilo de vida, preconceitos e desejos de consumo. Esse exercício pode aumentar a capacidade do estudante de olhar criticamente para si e incentivá-lo a pensar por si.

Interligações (p. 94)

1. No início dos anos 1970, uma missão franco-brasileira, chefiada pela arqueóloga francesa Annette Laming-Emperaire, encontrou o crânio de Luzia em escavações na Lapa Vermelha, gruta em Lagoa Santa e Pedro Leopoldo, na região metropolitana de Belo Horizonte. O crânio de Luzia foi datado com cerca de 11.400 a 12.000 anos, um dos fósseis humanos mais antigos encontrados na América. Acredita-se que Luzia pertenceu a um extinto povo de caçadores-coletores. O antropólogo e arqueólogo brasileiro Walter Neves reconstruiu a face de Luzia. Aparentemente, tratava-se de uma jovem de 20 anos, com olhos arredondados e nariz largo, lembrando os aborígenes da Austrália e os negros da África. Por sua semelhança com Lucy, fóssil de mais de 3 milhões de anos encontrado na Tanzânia em 1974, foi apelidada de Luzia pelo pesquisador. A reconstrução das feições de Luzia foi importante, pois iniciou os questionamentos acerca do povoamento da América. O pesquisador Walter Neves sugeriu uma teoria para o povoamento desse continente: o modelo dos dois componentes biológicos, que propõe duas ondas de colonização da América pelos *Homo sapiens*.
2. Resposta pessoal. Estudos sobre a morfologia de Luzia permitiram a criação da teoria sobre o povoamento da América: o modelo dos dois componentes biológicos. Essa teoria formulada há mais de duas décadas propõe que a América tenha sido colonizada por dois grupos distintos de *Homo sapiens* vindos da Ásia.

   A primeira onda migratória teria ocorrido há cerca de 14 mil anos e foi composta de indivíduos parecidos com Luzia, com morfologia não mongoloide, semelhante à dos atuais australianos e africanos, mas que não deixaram descendentes. A segunda teria entrado aqui há cerca de 12 mil anos e seus membros apresentavam o tipo físico característico dos asiáticos, dos quais os indígenas modernos derivam. Recentes estudos genéticos têm demonstrado que algumas tribos indígenas brasileiras apresentam semelhanças genéticas significativas com grupos nativos atuais da Oceania, apoiando o modelo dos dois componentes biológicos.

ATIVIDADES FINAIS (p. 95)

1. Propicie um ambiente de troca de informações entre os estudantes, de modo que todos tenham acesso aos resultados das pesquisas.
2. A deriva continental, pois explicaria, pela existência no passado de um único continente, a distribuição de organismos vivos e fósseis, sem a necessidade de múltiplas origens.
3. Em todos os continentes; isso evidencia que, no passado, os continentes se apresentavam como uma massa única, a Pangeia.
4. Os fósseis permitem construir filogenias quando são encontrados ancestrais comuns para diferentes grupos; também permitem compreender como eram os ambientes nas diferentes eras geológicas.
5. Permite inferir que esses continentes já estiveram próximos o suficiente para terem espécies em comum.
6. Incentive os estudantes a enriquecer a pesquisa com imagens e reconstruções dos fósseis.
7. A espécie mais antiga é a *Australopithecus afarensis*, que viveu há cerca de 4,5 milhões de anos e tinha uma massa corporal média de 40 kg.
8. As quatro espécies que representam um grande aumento de massa corporal em relação aos australopitecíneos são *Homo rudolfensis*, *Homo erectus*, *Homo sapiens* e *Homo neanderthalensis*.
9. A espécie com a maior massa corporal média é a *Homo neanderthalensis*.
10. Entre as hipóteses, pode-se citar que o maior consumo de carne, garantido pelo uso de lascas de pedra, talvez tenha proporcionado o aumento na massa corporal.
11. Resposta pessoal. A ideia é promover uma reflexão sobre tecnologia e a necessidade de sobrevivência no mundo atual.

MODERNA

Capítulo 4

À luz das estrelas

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Física.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como competências específicas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	A competência diz respeito à valorização do conhecimento historicamente construído e é desenvolvida ao longo de todo o capítulo. A seção **Interligações – A teoria do *Big Bang* e a radiação cósmica de fundo**, em especial, valoriza e apresenta conhecimentos historicamente construídos sobre o surgimento do Universo e da radiação cósmica de fundo, contribuindo para a compreensão de nossas origens.	Todo o capítulo
2	Ao questionar sobre o surgimento do Universo, a teoria do *Big Bang*, a radiação cósmica de fundo, o surgimento dos elementos químicos, a possibilidade de observação do Universo através de outros elementos que não a luz e a questão do lixo espacial, discutindo e compreendendo a construção histórica de todos esses conceitos, os estudantes trabalham essa competência.	97 e 111
4	A seção **Interligações – Origem estelar dos elementos químicos** estimula a pesquisa e o compartilhamento de informações, ideias e sentimentos em diferentes contextos, produzindo sentidos que levam ao entendimento mútuo, trabalhando a competência.	106

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
1	EM13CNT104	A habilidade é abordada na discussão sobre os corpos que são colocados no espaço e se transformam em lixo espacial, que pode atingir a Terra, na seção **Interligações – O lixo espacial**.	111
	EM13CNT105	A discussão sobre o surgimento do Universo, das partículas e suas possíveis combinações, formando elementos químicos cuja combinação forma novos na seção **Interligações – A origem estelar dos elementos químicos** trata dessa habilidade.	106
2	EM13CNT201	A discussão sobre o surgimento do Universo, das partículas e suas possíveis combinações, formando elementos químicos que se combinam, desenvolve essa habilidade, na seção **Interligações – A origem estelar dos elementos químicos**.	106
	EM13CNT204	A discussão sobre o surgimento do Universo, das partículas e suas possíveis combinações e seu agrupamento através da força gravitacional, na seção **Interligações – A origem estelar dos elementos químicos**, desenvolve essa habilidade.	106
	EM13CNT209	A seção **Interligações - A origem estelar dos elementos químicos**, apresenta uma relação entre o processo de fusão nuclear das estrelas e a formação de elementos químicos encontrados no Universo.	106
3	EM13CNT301	A habilidade de construir questões, elaborar hipóteses, interpretar modelos explicativos para construir, justificar e avaliar conclusões é trabalhada em todo o texto e nas atividades do capítulo.	Todo o capítulo
	EM13CNT302	A discussão sobre os corpos que são colocados no espaço e depois se transformam em lixo espacial, que pode atingir a Terra, na seção **Interligações – O lixo espacial**, envolve o uso de linguagem visual para comunicar o resultado de pesquisas em torno de tema científico de relevância ambiental.	111
	EM13CNT308	O texto do item **Radiotelescópios** permite analisar o funcionamento desse equipamento para compreender sua tecnologia e seu impacto.	109

MODERNA

Competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Justificativa	Página
3. Analisar e avaliar criticamente as relações de diferentes grupos, povos e sociedades com a natureza (produção, distribuição e consumo) e seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas à proposição de alternativas que respeitem e promovam a consciência, a ética socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional, nacional e global.	A seção **Interligações – O lixo espacial** aborda o tema da corrida espacial e permite uma abordagem ampla sobre impactos ambientais das ações humanas.	111

Conhecimentos prévios para o melhor aproveitamento do conteúdo

O capítulo trata de conceitos relacionados à Cosmologia e à Astronomia. Alguns desses conceitos já foram discutidos nos anos finais do Ensino Fundamental, sendo importante retomá-los para possibilitar uma discussão mais aprofundada dos conteúdos que serão tratados.

Durante o 6º ano, os estudantes entram em contato com as características das camadas da Terra através do trabalho com a habilidade EF06CI11. São retomados ainda os elementos da habilidade EF06CI12, pois se discute a identificação de diferentes tipos de rocha. Ambas as habilidades estão relacionadas à compreensão sobre os elementos químicos que serão tratados no capítulo.

- (EF06CI11) Identificar as diferentes camadas que estruturam o planeta Terra (da estrutura interna à atmosfera) e suas principais características.
- (EF06CI12) Identificar diferentes tipos de rocha, relacionando a formação de fósseis a rochas sedimentares em diferentes períodos geológicos.

No 9º ano os estudantes trabalham a habilidade EF09CI03 no estudo da estrutura da matéria, assunto fundamental para a compreensão do surgimento dos elementos químicos. Trabalham também a habilidade EF09CI04, que os coloca em contato com conceitos de luz, necessários para a compreensão de uma série de fenômenos tratados neste capítulo. Tratamos aqui de conceitos ondulatórios, radiação eletromagnética e recepção e emissão de ondas, aprofundando as habilidades EF09CI05 e EF09CI06. Por fim, o detalhamento sobre a composição dos corpos do espaço retoma e expande as habilidades EF09CI14, EF09CI15 e EF09CI17.

- (EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.
- (EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.
- (EF09CI05) Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram os sistemas de comunicação humana.
- (EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.
- (EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões).
- (EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.).
- (EF09CI17) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta.

Objetivos do capítulo

Ao final deste capítulo, o estudante deverá ser capaz de:

- Compreender o efeito Doppler.
- Reconhecer as principais características das ondas e sua natureza.
- Identificar a luz como onda.
- Conhecer a equação fundamental da ondulatória.
- Conhecer a teoria do *Big Bang*.
- Compreender a expansão do Universo e como ela foi descoberta.
- Conhecer a lei de Hubble.
- Compreender o conceito de radiação cósmica de fundo.
- Entender a origem dos elementos químicos.
- Compreender o campo de estudo da Radioastronomia.
- Conhecer o funcionamento dos radiotelescópios.
- Entender o conceito de lixo espacial.

MODERNA

O conhecimento sobre ondulatória e efeito Doppler, além do entendimento da luz como onda, permite compreender a ideia de expansão do Universo. Essa ideia de expansão supõe que deve ter havido um início, o que foi proposto pela teoria do *Big Bang*. A compreensão do *Big Bang* permite entender o surgimento dos diferentes elementos químicos ao longo da evolução.

Sugestões metodológicas

Para começo de conversa (p. 97)

Inicie a aula pedindo aos estudantes que observem as imagens da abertura e contem o que observam e sentem ao vê-las. Aguarde as respostas e estimule a participação. Se julgar adequado, peça aos estudantes que baixem no celular algum aplicativo de observação do céu. Há diversas opções gratuitas de excelente qualidade. Em seguida, faça a leitura do texto, sempre estimulando os estudantes a responder oralmente às questões propostas. É fundamental sensibilizar a turma para o tema, mostrando que a discussão deste capítulo está diretamente ligada, entre outras coisas, à nossa existência e à composição de tudo que nos cerca.

Ouça atentamente as respostas apresentadas e valorize o conhecimento prévio de cada um, corrigindo deslizes conceituais sem se aprofundar, pois isso será feito no andamento do capítulo. É natural que alguns conceitos, como radiação cósmica de fundo, sejam desconhecidos dos estudantes. Aproveite para ressaltar que é mais um conhecimento que será adquirido ao longo do capítulo.

É possível que apareça durante essa discussão a ideia de que o Universo e tudo que existe nele é uma criação divina. Comente que o livro dará um tratamento científico a esse tema, discutindo os conceitos e ideias propostos e explicados pela comunidade científica. Explicações religiosas devem ser respeitadas, em observância à liberdade de crença de cada indivíduo, mas fogem do escopo da disciplina.

Efeito Doppler – uma maneira de observar o Universo (p. 98)

Inicie a discussão perguntando aos estudantes se eles já perceberam que, quando um veículo com sirene ligada se aproxima deles, o som fica gradativamente mais agudo (estridente), e, quando o veículo se afasta, o som da sirene vai se tornando mais grave. Comente que se trata de um fenômeno que ocorre com as ondas, chamado de efeito Doppler, relacionado à mudança de uma característica das ondas. Outro exemplo de percepção do efeito Doppler no dia a dia ocorre quando motocicletas se movimentam em alta velocidade em uma rodovia. Se algum estudante já teve a oportunidade de ir a uma corrida automobilística, pôde perceber o mesmo efeito. Destaque que não se trata de o som estar mais forte ou mais fraco com o movimento da fonte em relação ao observador.

Para explicar um fenômeno, é necessário isolar as variáveis que influenciam diretamente no que está sendo observado. No caso do efeito Doppler, por exemplo, algumas variáveis envolvidas são as características das ondas sonoras (comprimento, frequência e amplitude), a velocidade do som, a velocidade de um móvel fonte de ondas sonoras, o meio de propagação e a posição do receptor. Identificar variáveis que influenciam em uma situação-problema, isolando-as de todas as variáveis presentes nessa situação, envolve habilidades relacionadas ao pilar da **abstração** do pensamento computacional.

Mais informações sobre o efeito Doppler podem ser obtidas no artigo disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta5efeito-doppler-velocidade-do-som-quando-a-fonte-esta-em-movimento> (acesso em: 18 jul. 2020).

Luz também é onda (p. 98)

Discuta as grandezas físicas associadas às ondas. Para isso, pode-se usar uma corda e pedir o auxílio de um dos estudantes. Peça a ele que segure uma das extremidades firmemente, enquanto você segura a outra. Comece a agitá-la verticalmente, comentando que está criando uma perturbação que se propaga, isto é, um tipo de onda. Varie a maneira como você agita a corda, pedindo aos estudantes que observem que características estão variando, para discuti-las na sequência. Faça um desenho no quadro para representar essa características das ondas, semelhante ao esquema do livro. Comente que essa é uma representação da onda, e não uma onda propriamente dita. Nomeie crista e vale, e represente a amplitude. A crista pode ser facilmente associada à crista da onda do mar. Os estudantes devem perceber a amplitude como o "tamanho" da perturbação durante o movimento da corda. Se necessário, refaça o experimento com a corda para destacar isso. Chame a atenção para a variação da amplitude em função da intensidade da agitação. Comente que a amplitude está relacionada à energia transportada pela onda, e que você gastou mais energia quando as amplitudes geradas com a corda foram maiores. Reforce ainda que a amplitude é definida como a distância entre o ponto de equilíbrio (repouso) da onda até a crista ou até o vale, e não a distância entre crista e vale. A representação no quadro costuma resolver esse problema.

A seguir, trate cuidadosamente dos conceitos de período e frequência. Comece definindo o que é uma oscilação completa e use o exemplo do livro para definir período. Se considerar conveniente, retome o experimento com a corda e peça a algum estudante que cronometre o tempo que você gasta para criar a oscilação completa. Depois, defina frequência e sua unidade. Explique que a unidade de período no SI é o segundo, e a de frequência é o hertz. Destaque que o valor de hertz corresponde ao número de oscilações por segundo.

É possível que algum estudante questione a relação entre período e frequência. Se ninguém o fizer, estimule essa discussão. Retome o experimento da corda. Reduza o tempo da oscilação completa e pergunte à turma o que está acontecendo com o número de oscilações e, consequentemente, com a frequência. Depois, reduza a velocidade e discuta novamente. Os estudantes devem perceber que, se o tempo de uma oscilação completa diminui, o número de oscilações aumenta. Consequentemente, a frequência aumenta também. Comente que período e frequência são grandezas inversamente proporcionais e, a partir disso, escreva a relação matemática entre T e f. Explique que a equação $f = 1/T$ significa que uma oscilação completa ocorre no intervalo de tempo T.

Defina o comprimento de onda como a distância percorrida pela perturbação durante o período. Desenhe-o no quadro e comente que o comprimento pode ser obtido também como a distância entre duas cristas sucessivas, ou entre dois vales sucessivos. Por fim, defina a velocidade de propagação da onda, como feito no texto.

Ondas mecânicas são deformações que se propagam em meios elásticos e, portanto, precisam de meio material para poder se propagar, ou seja, não existem no vácuo. Cite exemplos, como uma onda que se propaga pela corda ou uma

EM MOBILIZAÇÃO

onda que se propaga na superfície da água quando saltamos na piscina. Destaque que o som é um tipo de onda mecânica e, portanto, não se propaga no vácuo.

Em seguida, peça aos estudantes que realizem as atividades, individualmente ou em grupo, de acordo com a conveniência. Depois, estimule a leitura das respostas e a troca de informações entre eles.

Ondas eletromagnéticas são compostas de campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si que conseguem se propagar no vácuo. De acordo a sua frequência (ou com seu comprimento de onda), recebem diferentes classificações, como ondas de rádio, micro-ondas, IV, UV, raios X e outras. Cada uma dessas faixas tem uma característica de interação com a matéria e diferentes usos em nosso dia a dia. O conjunto de todas as ondas eletromagnéticas recebe o nome de espectro eletromagnético. No vácuo, todas se propagam à mesma velocidade, que é de aproximadamente 300.000 km/s. Nos meios materiais, a velocidade de propagação sempre será menor.

Há a possibilidade de algum estudante comentar sobre efeitos dessas diferentes formas de radiação. Nesse caso, comente sobre as diferenças entre radiações ionizantes e não ionizantes. Para maiores detalhes, consulte o texto diponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html> (acesso em: 4 ago. 2020).

Caixa de ferramentas (p. 100)

Destaque esta seção, que trata do nanômetro, unidade de medida largamente utilizada nos estudos de ondulatória e de partículas subatômicas.

Sugestão de atividades complementares

Se possível, trabalhe a questão a seguir com a turma, resgatada de uma edição do vestibular da Universidade Estadual de São Paulo (Unesp).

"Nas últimas décadas, o cinema tem produzido inúmeros filmes de ficção científica com cenas de guerras espaciais, como *Guerra nas estrelas*. Com exceção de *2001, uma odisseia no espaço*, estas cenas apresentam explosões com estrondos impressionantes, além de efeitos luminosos espetaculares, tudo isso no espaço interplanetário.

a) Comparando *Guerra nas estrelas*, que apresenta efeitos sonoros de explosão, com *2001, uma odisseia no espaço*, que não os apresenta, qual deles está de acordo com as leis da Física? Justifique.

b) E quanto aos efeitos luminosos, que todos apresentam? Justifique."

Comente que quem está de acordo com as leis da Física é o filme *2001, uma odisseia no espaço,* e que para os efeitos luminosos ambos estão corretos.

Adicionalmente, você pode estimular os estudantes a realizarem as simulações disponíveis em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string> e <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves> (acessos em: 4 ago. 2020).

O efeito Doppler sonoro e luminoso (p. 101)

Após a apresentação das grandezas físicas associadas às ondas, a discussão conceitual ficará mais completa. Justifique que o movimento da fonte que produz ondas pode fazer que as frentes de onda se aproximem, diminuindo o comprimento de onda e, consequentemente, aumentando a frequência, dando a sensação de som mais agudo. Esse movimento também pode fazer que as frentes de onda se afastem, aumentando o comprimento de onda e diminuindo a frequência, gerando a sensação de som mais grave.

Comente que, no caso de ondas luminosas, mudanças de frequência causam alterações na cor com que um objeto é percebido. É possível que algum estudante questione o fato de não percebermos mudança nas cores de objetos que estejam se movimentando. Reforce que o efeito Doppler com a luz só é perceptível para velocidades próximas à da luz no vácuo, como destacado no texto.

Sugestão de atividade complementar

Explore com os estudantes a simulação disponível em: <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s5kv_doppler&l5pt> (acesso em: 4 ago. 2020), para que percebam a mudança de frequência na onda sonora captada pelo receptor.

A expansão do Universo (p. 102)

Inicie a discussão comentando que o astrônomo Edwin Hubble observava o espectro de luz emitido por diferentes galáxias. Comente que, de acordo com a constituição química de cada uma delas, as cores emitidas são diferentes, pois cada elemento químico possui uma configuração particular, que funciona como uma espécie de "impressão digital". É assim que se identifica a composição dos astros no espaço. Porém, Hubble percebeu que os espectros das galáxias mais distantes estavam levemente deslocados para o vermelho e mais deslocados quanto mais afastada estivesse a galáxia. Ele então associou esse desvio ao efeito Doppler, que já era conhecido. O desvio para o vermelho, conhecido como *redshift* em inglês, indica que há um movimento de afastamento dessas galáxias em relação à Terra, o que sugere essa expansão do Universo. Essa constatação afetou diversos paradigmas que predominavam até então.

A ideia de expansão remete à reflexão de que o Universo teve um começo em algum momento, e que está se expandindo desde então, com as galáxias se afastando umas das outras continuamente. A partir daí, diversas ideias podem ser exploradas, como o tempo de existência do Universo.

Discuta o exemplo do livro sobre o balão que se expande, fazendo a comparação com o que deve ter acontecido com o Universo ao longo do tempo. Se possível, leve um balão à sala de aula para fazer a demonstração. Faça também a análise do gráfico que mostra a velocidade de afastamento das galáxias, comentando que, quanto maior a distância entre elas, maior a velocidade de afastamento.

Interligações (p. 104)

Faça a leitura do texto com os estudantes, parando sempre que achar necessário para destacar alguma informação importante ou para sanar dúvidas. A primeira parte do texto trata de grandezas diretamente proporcionais. Trata-se de uma excelente oportunidade de um trabalho com o professor de Matemática, para explorar mais detalhadamente a situação. Depois dos exemplos do texto, cite mais exemplos do dia a dia e peça aos estudantes que contribuam com outros.

EM ROTEIRA

Na sequência, comente a lei de Hubble e diga que ela pode ser obtida a partir do gráfico. Destaque que a constante de proporcionalidade nesse caso recebeu o nome de constante de Hubble. Comparando essa expressão com a da velocidade escalar média, pode-se chegar à conclusão de que a constante de Hubble nos permite determinar o tempo de existência do Universo.

Comente ainda que, na década de 1950, foi proposta uma teoria que explica o surgimento do Universo, a teoria do *Big Bang* ou da grande explosão. Essa teoria defende que o Universo surgiu há 13,7 bilhões de anos, com uma grande explosão. Ela será detalhada no próximo item do capítulo.

Em seguida, peça aos estudantes que realizem as atividades da seção individualmente ou em grupo, de acordo com a conveniência. Depois, estimule a leitura das respostas e a troca de informações entre eles.

A teoria do *Big Bang* e a radiação cósmica de fundo (p. 105)

Comece o item explicando que a teoria do *Big Bang* supõe que uma grande explosão deu origem ao Universo e levou à formação de uma espécie de plasma com diversas partículas a uma temperatura elevadíssima. Durante os primeiros 380 mil anos, aproximadamente, o Universo se expandiu e começou a resfriar. A partir daí, as partículas elementares começaram a se combinar para formar os primeiros elementos químicos, e os fótons passaram a circular pelo espaço, dando origem ao que conhecemos hoje como radiação cósmica de fundo. Trata-se de uma radiação eletromagnética na faixa das micro-ondas, dispersa por todo o Universo, a uma temperatura extremamente baixa, próxima do zero absoluto. Essa radiação foi detectada por acaso, em 1964, nos Estados Unidos, e sua temperatura era igual àquela prevista teoricamente.

Em 1989, o satélite COBE foi lançado para observar se as propriedades da radiação cósmica de fundo eram as mesmas em diferentes posições. O resultado de sua análise está na imagem da página 106. Comente com os estudantes que essa descoberta corrobora a teoria do *Big Bang*. É importante destacar que se trata da teoria mais aceita para explicar o surgimento do Universo, mas não é a única.

Essa é uma ótima oportunidade para reforçar algumas características importantes sobre a ciência: ela trabalha com testes de hipóteses, e não com verdades absolutas; ao longo do tempo, diversas teorias vão surgindo e são analisadas pela comunidade científica, podendo ser referendadas ou não. Além disso, a ciência é uma construção humana. Isso significa que ela é feita por uma série de pessoas, não havendo um cientista "genial", que propõe explicações mirabolantes e revolucionárias sozinho. Para saber mais sobre o assunto, consulte a matéria disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-51215323> (acesso em: 4 ago. 2020).

Interligações (p. 106)

Faça a leitura do texto com os estudantes, parando sempre que achar necessário para destacar alguma informação importante ou sanar dúvidas. A seção trata do surgimento dos elementos químicos. É uma excelente oportunidade de um trabalho com o professor de Química para explorar mais detalhadamente a situação.

Reforce a ideia de que as partículas só começaram a se combinar depois que o Universo passou por determinado resfriamento. Com temperaturas elevadas e densidade de energia muito alta, é impossível haver qualquer tipo de agrupamento, por conta da grande instabilidade. Destaque ainda a formação da chamada primeira geração de estrelas, com isótopos de H e He que começaram a se atrair gravitacionalmente. Use a figura da página 106 para ilustrar o processo de fusão nuclear. Discuta que essa reação ocorre continuamente nas estrelas, dando origem a elementos cada vez mais pesados. Quando essas estrelas explodem, lançam esses elementos pelo espaço, dando origem a outros astros.

Analise a tabela periódica da página 110 para mostrar o tipo de origem de cada elemento químico. Por fim, comente sobre essa tabela, que trata da classificação das estrelas, com seus componentes, suas temperaturas e suas cores.

Em seguida, peça aos estudantes que realizem as atividades individualmente ou em grupo, de acordo com a conveniência. Depois, estimule a leitura das respostas e a troca de informações entre eles.

Sugestão de atividade complementar

Para aprofundar o assunto, recomende aos estudantes o curso gratuito "Alquimia cósmica: a origem dos elementos químicos da tabela periódica", disponível em: <https://lumina.ufrgs.br/course/view.php?id=85> (acesso em: 4 ago. 2020).

A radioastronomia (p. 108)

Comece a discussão retomando a última pergunta da seção **Para começo de conversa**, sobre a existência de outras maneiras de observar o Universo que não seja através da luz visível. Comente que o estudo astronômico pela luz visível apresenta uma série de limitações. Há um desvio significativo sofrido por ela até nos atingir na superfície da Terra, e melhores condições são obtidas em regiões desérticas ou de altitude elevada (o que justifica a existência de observatórios nesses locais). Destaque ainda que a luz visível é uma porção bem estreita do espectro eletromagnético, e que se restringir a ela significaria a perda de uma grande quantidade de informações preciosas sobre o Universo.

A área chamada de Radioastronomia estuda as ondas de rádio emitidas em diferentes pontos do Universo, complementando as observações feitas com a luz visível. Como o espectro eletromagnético das ondas de rádio é bem maior do que o da luz visível, mais informações podem ser obtidas. Comente ainda que os pulsares foram detectados inicialmente através de ondas de rádio, e não da luz. Isso levou, inicialmente, à crença de que se tratava de alguma civilização extraterrestre tentando estabelecer comunicação.

Radiotelescópios (p. 109)

Inicie a discussão do item comentando que o instrumento usado para detectar as ondas de rádio vindas do Universo é o radiotelescópio. Trata-se de uma enorme antena com formato côncavo. Comente que as ondas de rádio, ao incidirem no espelho, são refletidas de acordo com o que foi discutido no Capítulo 1. Essas ondas são captadas e enviadas a um amplificador, que encaminha o sinal para um computador, onde são gravadas e analisadas. O tamanho da antena depende do comprimento de onda que se deseja detectar. Trate do conceito de resolução angular como a capacidade de distin-

REPRODUÇÃO

guir objetos cujas imagens estejam próximas. Mais detalhes estão disponíveis em: <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap06.pdf> (acesso em: 4 ago. 2020).

Por fim, comente que as antenas dos radiotelescópios precisam de grandes superfícies para fazer a captação adequada dos sinais. A estratégia desenvolvida pelos cientistas foi a de construir associação de diversos radiotelescópios.

Sugestão de atividade complementar

Instruções para a construção de um radiotelescópio caseiro são fornecidas em: <http://www.astronomiapratica.com.br/experimentos/ouvindo-o-ceu-construindo-um-radiotelescopio/> (acesso em: 4 ago. 2020).

Interligações (p. 111)

Comente que as órbitas descritas pelos satélites dependem da altitude em que estão. Em seguida, explique que o motivo de os satélites desativados não caírem no planeta é o mesmo que faz que a Terra não caia no Sol. Enfatize que há uma força de atração gravitacional e uma velocidade tangencial. Portanto, eles possuem tendência de escaparem tangencialmente da órbita, e é a força de atração gravitacional que os impede.

Ao tratar do que acontece quando os satélites são desativados, comente que os mais modernos são lançados para longe da Terra no desativamento. Já os antigos podem cair no planeta, mas o atrito com a atmosfera faz que a maioria deles se desintegre na reentrada. Trata-se de uma excelente oportunidade de um trabalho com o professor de Geografia. Discuta, por exemplo, o tema da corrida espacial no passado e no presente, e os aspectos geopolíticos envolvidos.

Avaliação

A avaliação deve ocorrer de maneira contínua, com os aspectos qualitativos sendo sempre preponderantes sobre os quantitativos. O desenvolvimento do capítulo permite que o professor avalie o aprendizado de seus estudantes ao longo das aulas utilizando as seções de **Atividades** e **Interligações**. A produção individual de cada estudante também deve ser levada em consideração de diferentes maneiras, contemplando, inclusive, a realização de provas finais, que devem ser analisadas e comentadas após a correção. Outra possibilidade de avaliação é a construção do radiotelescópio, que pode ser proposta como trabalho coletivo a ser apresentado em uma feira de ciências, por exemplo. A relação entre os pares possibilita grande desenvolvimento intelectual.

Bibliografia complementar

- BRITO, A. A.; MASSONI, N. T. *Astrofísica para a Educação Básica*: a origem dos elementos químicos no Universo. Curitiba: Appris, 2019.
  Livro que discute a origem dos elementos químicos.
- PERUZZO, J.; POTTKER, W. E.; PRADO, T. G. *Física Moderna e Contemporânea*: das teorias quânticas e relativísticas às fronteiras da Física. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. v. 2.
  Livro com maiores detalhes sobre Física de Partículas, Astrofísica e Cosmologia.

Resoluções

Atividades (p. 99)

1. Para determinar a frequência, temos primeiro de perceber que 20 cm correspondem a $\frac{1}{4}$ de λ, e que as unidades da velocidade v e de λ estão diferentes.
   Logo, podemos escrever:
   $v = \lambda \cdot f \Rightarrow 10 = 4 \cdot 0{,}2 \cdot f \Rightarrow f = 12{,}5$ Hz
   Chame a atenção para a necessidade de conversão de unidades para que a velocidade e o comprimento de onda fiquem com unidades coerentes.
2. Do gráfico: $\lambda = 2$ m e, com $f = 5$ Hz, temos:
   $v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = 2 \text{ m} \cdot 5 \text{ Hz} \Rightarrow v = 10$ m/s
   Destaque as três oscilações completas na figura e esclareça que a amplitude é de 1 mm. Chame a atenção para as unidades representadas nos eixos.
3. Pelo enunciado, temos:
   Frequência: $f = \frac{3.600 \text{ ondas}}{1 \text{ minuto}} = \frac{3.600 \text{ ondas}}{60 \text{ segundos}} \Rightarrow$
   $\Rightarrow f = 60$ Hz
   $\lambda = 10$ m
   $v = \lambda \cdot f = 10 \text{ m} \cdot 60 \text{ Hz} \Rightarrow v = 600$ m/s
   Destaque a necessidade da conversão de ondas por minuto para hertz.
4. Como: $\lambda = 17$ m e $v = 340$ m/s, logo:
   $v = \lambda \cdot f \Rightarrow 340 \text{ m/s} = 17 \text{ m} \cdot f \Rightarrow f = 20$ Hz
   Comente que nosso sistema auditivo detecta sons de 20 Hz até 20 kHz.

Atividades (p. 101)

1. Temos pelo enunciado: $\lambda = 6{,}75 \cdot 10^{-7}$ m e $v = 3 \cdot 10^8$ m/s. Logo:
   $v = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = 6{,}75 \cdot 10^{-7} \cdot f \Rightarrow f = 4{,}44 \cdot 10^{14}$ Hz
   Chame a atenção para possíveis erros nas operações matemáticas com potências de base 10.
2. Temos pelo enunciado: $f = 100$ MHz e $v = 3 \cdot 10^8$ m/s. Logo:
   $v = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 100 \cdot 10^6 \Rightarrow \lambda = 3$ m
   Destaque a necessidade da substituição do prefixo pelo valor numérico correspondente na conta.
3. Pelo enunciado: $f = 5{,}0$ kHz, e a velocidade das ondas no vácuo, no espaço, é $v = 3 \cdot 10^8$ m/s. Logo:
   $v = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 5 \cdot 10^3 \Rightarrow \lambda = 60.000$ m
   Reforce que toda onda eletromagnética se propaga no vácuo com $v = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Atividades (p. 102)

1. O efeito Doppler consiste na diferença de frequências sonoras captadas por um observador, que pode estar em repouso ou não. Essa diferença de frequências é percebida pela sensação auditiva de agudos e graves. A grandeza física responsável por tal diferença é a frequência da onda sonora. As frequências mais

MODERNA

baixas são percebidas como um som grave e as frequências maiores, como um som agudo.

No caso do efeito Doppler, é possível perceber que, quando a fonte sonora se aproxima de um observador, ele perceberá o som mais agudo emitido pela fonte e, quando a fonte se afasta, perceberá um som mais grave.

Quando a ambulância se aproxima do observador, as frentes de onda emitidas por ela tornam-se mais próximas umas das outras na parte da frente do veículo (no sentido do movimento), por causa de seu deslocamento. De seu ponto de vista, o observador receberá frentes de onda com intervalos menores de tempo na comparação com a fonte em repouso. O resultado será a percepção, pelo observador, de um som mais agudo, ou seja, a frequência da onda sonora para o observador será maior do que a que está sendo emitida pela fonte.

Quando a ambulância mantém uma distância constante do observador, este não perceberá mais o som agudo, pois a frequência não será alterada pela velocidade relativa dos corpos; assim, as frentes de onda alcançarão o observador com menor frequência, que é a frequência original da onda emitida pela ambulância.

2. Alternativa **d**. O efeito Doppler é a alteração da frequência percebida de uma fonte que se movimenta em relação a um dado observador. Na aproximação ocorre o aumento da frequência percebida, portanto, ela se torna maior do que a frequência da fonte emissora e se mantém constante nesse valor, pois a ambulância está em movimento uniforme; no afastamento ocorre a redução da frequência percebida, portanto, se torna menor do que a frequência real da fonte e se mantém constante nesse valor, pois a ambulância está em movimento uniforme.

Interligações (p. 104)

1. Para os pontos 1 e 3 escolhidos do eixo horizontal, em bilhões de anos, pelo gráfico, teremos os valores de 20 mil km/s e 60 mil km/s, para as velocidades de recessão do eixo vertical.
2. Pelo gráfico:
   $\Delta v = v_f - v_i = 60 - 20 \Rightarrow \Delta v = 40$ mil km/s
   $\Delta d = d_f - d_i = 3 - 1 \Rightarrow \Delta d = 2$ bilhões de anos-luz
   Chame a atenção para a importância de se observar as unidades nos eixos do gráfico.
3. Fazendo uma regra de três:
   1 ano-luz ——— $9{,}5 \cdot 10^{12}$ km
   $2 \cdot 10^9$ anos-luz ——— x
   $\therefore\ x = 1{,}9 \cdot 10^{22}$ km
4. Pelo item 2, $\Delta v = 40$ mil km/s e $\Delta d = 2$ bilhões de anos-luz.
   Assim, $\Delta v/\Delta d = \frac{40 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^9} = 2 \cdot 10^{-5}$ km/s · ano-luz
   Logo, $H = 2 \cdot 10^{-5}$ km/s · ano-luz
5. Como $H = 2 \cdot 10^{-5}$ km/s · ano-luz, então:
   $1/H = 5 \cdot 10^4$ s · ano-luz/km
6. 1 min = 60 s
   1 h = 60 min = 60 · 60 s = 3.600 s
   1 dia = 24 h = 24 · 3.600 s = 86.400 s
   1 ano = 365 dias = 365 · 86.400 s = 31.536.000 s
   Como um ano-luz equivale a $9{,}5 \cdot 10^3$ bilhões de km, se fizermos a conversão, teremos:
   $1/H = 5 \cdot 10^4$ s · $9{,}5 \cdot 10^3$ bilhões de km/km =
   $= 47{,}5 \cdot 10^7$ bilhões de segundos.
   Convertendo para anos:
   $\frac{47{,}5 \cdot 10^7 \text{ bilhões}}{3{,}1536 \cdot 10^7} \Rightarrow 15{,}06$ bilhões de anos.
   Buscas na internet devem encontrar valores em torno de 14 bilhões de anos.
   Sendo assim, o valor obtido pelos cálculos com os dados do gráfico é $\frac{1{,}06}{14} = 0{,}0757 = 7{,}57\%$ maior.

Interligações (p. 106)

1. O Sol é uma estrela do tipo G, com temperatura aproximada de 6.000 K, e elementos químicos: Fe, Ca, H.

ATIVIDADE FINAIS (p. 112)

1. Alternativa **d**. No efeito Doppler, a aproximação entre fonte e observador sempre fará que este perceba ondas de maior frequência. No afastamento, o observador perceberá frequências menores que a realmente emitida.
2. Alternativa **b**. No efeito Doppler, quando a ambulância se afasta, a frequência do som diminui e ele se torna mais grave.
3. Alternativa **e**. Somente quando a fonte de ondas sonoras está em movimento é que ocorre o efeito Doppler, o que só acontece em II e III. Quando a ambulância se aproxima, a frequência aumenta, e, quando o mau motorista se afasta, a frequência diminui.
4. Alternativa **b**. A afirmativa III está incorreta, pois não foi necessário 1 milhão de anos para a formação dos primeiros átomos.
5. Alternativa **c**. De acordo com o fragmento, a revista busca informar ao leitor que o *Big Bang* não foi uma explosão, mas sim uma expansão de matéria e energia. Assim, por meio de um jogo de palavras, o título sintetiza a ideia apresentada no texto de que foi algo maior.
6. Alternativa **d**. Os elementos apresentados na alternativa utilizam como base os elementos apresentados no enunciado da questão.

MODERNA

Capítulo 5

Interferência humana no ambiente

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Biologia.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como competências específicas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	A competência abrange a valorização do conhecimento científico. Ela é trabalhada durante todo o capítulo, ao estimular os estudantes a utilizarem a reflexão científica para compreender o mundo físico e as consequências dos impactos ambientais.	Todo o capítulo
2	Na atividade 2, os estudantes são convidados a pesquisar sobre métodos de pesca comercial para elaborar um relatório sobre os impactos ambientais produzidos por essa prática.	125
4	A competência é trabalhada em atividades que solicitam a produção de diferentes materiais informativos, em formatos e para públicos variados.	120 e 122
5	A competência é desenvolvida em atividades que solicitam usos diversos das tecnologias digitais, como pesquisa e divulgação de informações.	120 e 122
7	A competência é trabalhada com a argumentação baseada em evidências, 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.	Todo o capítulo
10	O capítulo todo apresenta e discute como diferentes atividades humanas impactam o ambiente, fomentando a discussão sobre como esse problema pode ser abordado, em nível individual e coletivo.	Todo o capítulo

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
1	EM13CNT106	A habilidade é trabalhada com a análise da matriz energética brasileira e atividades que promovem reflexão sobre a importância das fontes renováveis.	123
2	EM13CNT203	Todo o capítulo aborda efeitos das ações humanas sobre os ecossistemas e suas consequências para a vida.	Todo o capítulo
	EM13CNT206	A abertura do capítulo propõe reflexões sobre a importância da conservação da biodiversidade, avaliando os efeitos da ação humana e das políticas ambientais.	114
3	EM13CNT309	A seção que analisa a matriz energética brasileira promove reflexões sobre a importância das fontes renováveis, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade.	123
	EM13CNT310	Os tópicos **Destino do lixo** e **Exploração de recursos naturais** tratam de serviços básicos, avaliando necessidades da população e os impactos relacionados.	117

Competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Justificativa	Página
6. Participar do debate público de forma crítica, respeitando diferentes posições e fazendo escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.	O capítulo aborda diferentes assuntos relevantes ao debate público atual, referentes aos impactos do ser humano sobre o ambiente. Com isso, favorece a formação de escolhas alinhadas com o exercício da cidadania e a responsabilidade ambiental.	Todo o capítulo

MODERNA

Conhecimentos prévios para o melhor aproveitamento do conteúdo

O capítulo trata dos impactos ambientais, mobilizando conceitos e conhecimentos trabalhados nos anos finais do Ensino Fundamental para garantir o aprofundamento dos conteúdos.

Das habilidades do 7º ano, destacamos a EF07CI07, que trata da caracterização dos principais ecossistemas brasileiros. Já a habilidade EF07CI08 aborda como os impactos ambientais afetam as populações. Por fim, a unidade temática de Vida e Evolução retoma a habilidade EF07CI11, que envolve o uso da tecnologia, nas diferentes dimensões da vida humana, considerando indicadores ambientais e de qualidade de vida. A unidade temática de Terra e Universo também deve ser mobilizada como conhecimento prévio. A habilidade EF07CI13 trata do efeito estufa, que é aprofundado aqui.

- (EF07CI07) Caracterizar os principais ecossistemas brasileiros quanto à paisagem, à quantidade de água, ao tipo de solo, à disponibilidade de luz solar, à temperatura etc., correlacionando essas características a flora e fauna específicas.
- (EF07CI08) Avaliar como os impactos provocados por catástrofes naturais ou mudanças nos componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam suas populações, podendo ameaçar ou provocar a extinção de espécies, alteração de hábitos, migração etc.
- (EF07CI11) Analisar historicamente o uso da tecnologia, incluindo a digital, nas diferentes dimensões da vida humana, considerando indicadores ambientais e de qualidade de vida.
- (EF07CI13) Descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (queima dos combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro.

Habilidades do 8º ano são também mobilizadas. Na unidade temática Matéria e Energia, a habilidade EF08CI01 identifica e classifica diferentes fontes de energia, e a habilidade EF08CI16 discute iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental.

- (EF08CI01) Identificar e classificar diferentes fontes (renováveis e não renováveis) e tipos de energia utilizados em residências, comunidades ou cidades.
- (EF08CI16) Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.

No 9º ano, na unidade temática Vida e Evolução, é aprofundado o trabalho com a habilidade EF09CI12, que versa sobre a importância das unidades de conservação, e a habilidade EF09CI13, que estimula a proposição de iniciativas para a solução de problemas ambientais.

- (EF09CI12) Justificar a importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade e do patrimônio nacional, considerando os diferentes tipos de unidades (parques, reservas e florestas nacionais), as populações humanas e as atividades a eles relacionados.
- (EF09CI13) Propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade bem-sucedidas.

Objetivos do capítulo

Ao final deste capítulo, o estudante deverá ser capaz de:

- Compreender o funcionamento dos ecossistemas e dos impactos decorrentes da ação humana sobre eles.
- Reconhecer os principais impactos ambientais causados pela humanidade no meio ambiente.

A compreensão do funcionamento dos ecossistemas e dos impactos decorrentes da ação humana neles é importante para que os estudantes possam avaliar ações individuais e coletivas, procurando contribuir para a construção de uma sociedade mais sustentável.

Sugestões metodológicas

Para começo de conversa (p. 114)

A seção inicial do capítulo tem por objetivo sondar os conhecimentos prévios dos estudantes e retomar conceitos já trabalhados que são importantes para o andamento do trabalho.

Faça uma discussão breve sobre as mensagens passadas pela imagem e sua relação com o gráfico. Peça aos estudantes que exponham suas ideias antes de iniciar a leitura. Esse trabalho mobiliza competências de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, e pode ser explorado com maior profundidade com a colaboração do professor de Geografia ou de História.

Verifique se os estudantes compreendem a intensidade do crescimento populacional e conseguem mencionar os impactos que ele pode causar no ambiente. Solicite que leiam o texto individualmente, parando antes do tópico sobre poluição. Debata sobre o texto e as reflexões propostas, e observe o que os estudantes trazem de conhecimento prévio sobre os impactos da mineração e, em especial, sobre os desastres de Mariana e Brumadinho. Leia em voz alta as perguntas e peça aos estudantes que tentem respondê-las a partir do que já sabem. Esclareça que essas questões serão retomadas ao final do capítulo.

Poluição (p. 115)

Inicie o debate solicitando aos estudantes que analisem a imagem da termelétrica e a legenda. Pergunte quais matrizes energéticas poderiam ser adotadas de maneira a causar menos impacto no ambiente. Peça aos estudantes que leiam o texto e façam um glossário no caderno com os termos em negrito. Debata sobre as consequências da poluição por gás carbônico, observando se os estudantes mencionam o aquecimento global como consequência do aumento do efeito estufa.

Continue a leitura solicitando aos estudantes que analisem as imagens e pensem em outros exemplos de cada tipo de poluição, em especial refletindo como as próprias ações cotidianas podem causar impacto. Se julgar pertinente, organize os estudantes em três grupos: poluição atmosférica,

MODERNA

poluição do solo e poluição da água, para que cada um pense em exemplos cotidianos de práticas que podem agravar cada um dos problemas. Depois, peça para os grupos apresentarem os problemas levantados para a turma e, conjuntamente, pensem em soluções para cada um.

Sugestão de atividade complementar

Pode-se solicitar aos estudantes que simulem o efeito estufa com o aplicativo disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/greenhouse> (acesso em: 4 ago. 2020).

Caixa de ferramentas (p. 116)

Peça aos estudantes que leiam o texto e analisem o esquema, e relembre o conceito de densidade, se necessário explorando-o com outros exemplos, como o ar-condicionado e o aquecedor elétrico. Se possível, peça aos estudantes que pesquisem fotografias de locais sofrendo com inversão térmica e observem a camada de poluição.

Destino do lixo (p. 117)

Se possível, projete para os estudantes o filme *A história das coisas*, uma animação estadunidense de 2007, dirigida por Louis Fox e facilmente encontrada na internet. O curta-metragem debate o consumo de bens materiais e o impacto que ele causa no ambiente, pela análise de cadeias de produção e dos descartes gerados no processo. O vídeo pode servir de ponto de partida para um debate sobre os hábitos de consumo dos próprios estudantes.

Peça aos estudantes que analisem o esquema do aterro sanitário, discutindo os aspectos que o tornam uma solução melhor que os lixões. Aproveite também para debater o destino do lixo, em especial do lixo orgânico, analisando formas de reduzir o volume, como composteiras e minhocários.

Sugestão de atividade complementar

Solicite aos estudantes que leiam a matéria "Aprenda a fazer um minhocário e produza adubo em sua casa" e debata com eles a viabilidade de fazer um minhocário em casa ou na escola. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2018/03/como-fazer-um-minhocario-em-casa.html> (acesso em: 4 ago. 2020).

Os estudantes podem até mesmo realizar uma pesquisa para estimar o quanto de resíduos orgânicos deixariam de ir para os aterros ou lixões com a construção de uma composteira.

Exploração de recursos naturais (p. 117)

Debata com os estudantes a diferença entre recursos naturais renováveis e não renováveis. Esclareça que, apesar de os recursos renováveis poderem ser repostos, a exploração predatória deles pode atrapalhar tal reposição, em especial em relação aos organismos vivos e à água. Dê exemplos de práticas que podem atrapalhar tais ciclos, como o não respeito ao período de defeso ou a poluição da água e do ar.

Se possível, solicite aos estudantes que pesquisem e apresentem aos colegas soluções para minimizar o consumo de matérias-primas oriundas de fontes não renováveis. Os estudantes podem organizar as iniciativas que considerarem mais promissoras e fazer uma apresentação *on-line* para divulgação nas redes sociais da escola.

Sugestão de atividade complementar

Solicite aos estudantes que busquem em plataformas digitais artigos científicos que tratem de inovações tecnológicas na exploração de recursos naturais renováveis. Os estudantes deverão ler o resumo dos artigos e criar uma apresentação curta sobre o tema, de modo a transpor esse texto para uma linguagem mais clara. O estímulo à leitura de artigos científicos é importante para a alfabetização científica, e os estudantes podem trabalhar a cultura digital ao transpor a linguagem escrita para o mundo digital, produzindo um vídeo curto, um *podcast* ou uma animação para expor as inovações descritas nos artigos.

Caixa de ferramentas (p. 118)

Pode-se solicitar aos estudantes que tentem calcular sua pegada ecológica no *site*: <http://www.pegadaecologica.org.br> (acesso em: 4 ago. 2020).

Desmatamento (p. 119)

Analise a imagem de maneira dialogada com os estudantes, ressaltando a intensidade do problema no Brasil. Compare com outros países e debata as consequências disso. Peça aos estudantes que leiam a lista de consequências colocadas no primeiro parágrafo e debatam cada uma delas, analisando como o desmatamento agrava o problema e como tais impactos podem afetar a qualidade de vida de todos nós.

Sugestão de atividade complementar

Para aprofundar o debate sobre os impactos do desmatamento, divida os estudantes em grupos e faça um debate prévio, listando consequências do desmatamento. Em seguida, cada grupo ficará responsável por aprofundar um impacto, pesquisando e elaborando uma pequena apresentação que mostre as causas e as consequências do impacto escolhido.

Introdução de espécies exóticas (p. 119)

Caso exista algum caso de espécie invasora em sua região, utilize-o para ilustrar o problema que ela causa. Na internet existem algumas listas de espécies invasoras no Brasil. Pode-se também utilizar estudos de caso clássicos, como o capim-annoni (*Eragrostis plana*) ou o caramujo-gigante-africano (gênero *Achatina*). Ao solicitar aos estudantes que pesquisem sobre tais espécies e compreendam seus impactos no ambiente, o ensino torna-se mais significativo.

Comunicando ideias (p. 120)

Os dados podem ser obtidos junto à prefeitura do município onde residem. Dados mais detalhados também podem ser obtidos junto ao IBGE, em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/2332> (acesso em: 4 ago. 2020).

Estimule os estudantes a colocarem informações objetivas no panfleto, de modo a esclarecer a população sobre a forma correta de descarte, estimulando a utilização das lixeiras coloridas. Caso os estudantes constatem que a reciclagem é

EDIÇÃO PROVISÓRIA

pouco presente no município, estimule-os a ter ações junto ao poder público para melhorar esse problema. Pode-se realizar a redação de uma carta destinada aos vereadores, explicando o problema, apresentando dados e sugerindo soluções.

Erosão (p. 120)

Pergunte aos estudantes se eles conhecem algum local que já sofreu com deslizamentos de Terra. Explique que, ao construirmos em locais como encostas, impermeabilizamos parte do solo, concentrando o fluxo de água para outros pontos. Estes se tornam mais vulneráveis a deslizamentos, o que é agravado com a retirada da vegetação, pois as raízes auxiliariam na contenção do solo.

O debate desse assunto muitas vezes passa pela questão do direito à moradia. Debata com os estudantes a importância de políticas públicas de acesso à moradia e a preservação das áreas de risco, impedindo que sejam ocupadas com construções, devido aos riscos. Evite a responsabilização de indivíduos que, muitas vezes, não tendo onde morar, constroem em terrenos vulneráveis para tentar garantir a sobrevivência.

Eutrofização (p. 120)

A eutrofização é um processo comum em locais onde há despejo de esgoto não tratado ou que recebe fertilizantes de atividades agrícolas. O texto disponível no *site* do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, em: <http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_eutro.htm> (acesso em: 4 ago. 2020), pode servir como aprofundamento ao professor.

O *site* do projeto "Mar sem fim" apresenta conteúdos sobre diferentes aspectos do oceano. Nele, podem-se obter muitas informações, com vídeos, artigos e imagens a ser utilizados para aprofundamento tanto do professor quanto dos estudantes. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/saude-dos-oceanos-e-nossa-saude> (acesso em: 4 ago. 2020).

Crise climática (p. 121)

O tema do aquecimento global é um debate recorrente na mídia, e provavelmente os estudantes já possuem algum conhecimento sobre o assunto. Aproveite para sondar tais conhecimentos. Explique que as mudanças climáticas podem ser naturais, dando exemplos utilizando conhecimentos prévios, como sobre a Era do Gelo.

Peça aos estudantes que analisem os gráficos e debata as diferenças de efeito estufa e aquecimento global, que muitas vezes são usados como sinônimos. Reforce o efeito estufa como um efeito natural e essencial à vida na Terra, explicando que o aquecimento global se deve à intensificação de tal efeito.

Sugestão de atividade complementar

Pode-se solicitar aos estudantes que façam uma pesquisa para debater mais profundamente o aquecimento global. O *site* do Ministério do Meio Ambiente possui material para aprofundamento, disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global> (acesso em: 4 ago. 2020). Outra opção é projetar para os estudantes o premiado documentário estadunidense *Uma verdade inconveniente*, de 2006, solicitando que elaborem um resumo ou uma apresentação sobre o tema.

Diminuição da camada de ozônio (p. 121)

Reforce a diferença entre as causas e consequências da diminuição da camada de ozônio e do aquecimento global, visto que é comum haver confusão entre os temas. A camada de ozônio reduz a incidência de raios ultravioleta na superfície da Terra, enquanto os gases do efeito estufa dificultam a dispersão dos raios infravermelhos para o espaço. O tema também permite trabalhar a intersecção entre ciência e políticas públicas. Aproveite para debater com os estudantes os acordos internacionais tanto sobre efeito estufa quanto sobre a diminuição da camada de ozônio.

Chuva ácida (p. 122)

Se possível, articule o debate sobre chuva ácida com o professor de Química, trabalhando as equações químicas envolvidas na situação. A página do Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação da USP possui material detalhado sobre a questão e pode ser explorada com os estudantes. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_chuva.htm> (acesso em: 4 ago. 2020).

Sugestão de atividade complementar

Pode-se realizar uma experiência com os estudantes para demonstrar a ação do ácido sobre o mármore. Para isso, pode-se utilizar cascas de ovo a fim de simular o mármore, visto que ambos possuem o carbonato de cálcio em sua estrutura. O *site* a seguir tem instruções para um experimento simples, pelo qual se pode demonstrar como o carbonato de cálcio reage com ácidos, produzindo gás carbônico. Disponível em: <https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/comportamento-carbonatos-na-presenca-Acidos.htm> (acesso em: 4 ago. 2020).

Interligações (p. 123)

Analise o infográfico debatendo com os estudantes sobre as diferentes matrizes energéticas. Peça aos estudantes que leiam e tentem formular perguntas que possam ser respondidas pela análise do infográfico. O exercício de tentar formular perguntas sobre um texto auxilia na compreensão dele. Peça a eles que troquem as perguntas e tentem responder às questões dos colegas. Pode-se também solicitar aos estudantes que pesquisem como se dá a distribuição das matrizes energéticas em diferentes locais, analisando o estado onde vivem, outros países com diferentes demandas e condições geográficas e, por fim, a divisão de matrizes energéticas no mundo.

Ecossistemas aquáticos (p. 124)

Inicie o debate analisando os recursos hídricos da região onde vivem. Comente com os estudantes sobre a bacia hidrográfica da região e aproveite para sondar os conhecimentos que eles possuem sobre o assunto.

Inicie a leitura e o debate sobre os ecossistemas de água doce, sempre que possível remetendo a exemplos locais. Reforce a diferença entre ambientes lóticos e lênticos e retome o

MANUAL DO PROFESSOR

conceito de eutrofização, explicando que ambientes lênticos são mais suscetíveis a esse tipo de poluição.

As zonas do ambiente marinho costumam despertar a curiosidade dos estudantes, em especial as zonas abissais. Se julgar pertinente, peça que se dividam em grupos e pesquisem sobre a fauna dessas áreas. Há também materiais interessantes na internet para auxiliar a compreensão do tamanho do oceano. O infográfico interativo disponível em: <https://neal.fun/deep-sea/> (acesso em: 4 ago. 2020) pode ser usado para mostrar um pouco da fauna já descoberta e ampliar o vocabulário de inglês.

Avaliação

A avaliação deve ser contínua, observando os debates dos estudantes durante o desenvolvimento dos assuntos. Utilize as questões propostas nas seções **Atividades**, **Interligações** e **Comunicando ideias** para avaliar a aprendizagem concomitantemente ao desenvolvimento dos conteúdos.

Caso julgue necessária uma avaliação final, pode-se sugerir aos estudantes que pensem em uma atividade debatendo as questões ambientais da região onde vivem. Uma possibilidade de produto final pode ser a escrita de uma carta aos vereadores da cidade, com o levantamento de questões ambientais e a proposição de medidas para mitigar os impactos identificados.

Bibliografia complementar

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Site* do Ministério do Meio Ambiente, disponível em: <https://www.mma.gov.br> (acesso em: 4 ago. 2020).

  O portal do Ministério do Meio Ambiente conta com números e estatísticas referentes a impactos e preservação ambiental.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Glossário de termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2019/02/glossarioODS14.pdf> (acesso em: 4 ago. 2020).

  Documento com explicações dos termos utilizados na elaboração dos objetivos de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas.

Resoluções

Atividades (p. 120)

1. Nos lixões, os resíduos são depositados a céu aberto, não há nenhuma medida de proteção do solo e o lixo não recebe nenhum tipo de tratamento. É a solução menos indicada para o descarte do lixo. Nos aterros controlados, o lixo é depositado sobre um solo parcialmente impermeabilizado e há coleta de gases e chorume provenientes da decomposição do lixo. Em geral recebem diariamente uma cobertura de solo ou saibro, para evitar que o lixo fique exposto e atraia animais. Nos aterros sanitários, o solo é totalmente impermeabilizado e há coleta de todo o gás e chorume produzidos. É considerada a maneira mais eficaz de descarte de resíduos sólidos comuns.
2. Conhecer a dinâmica da sucessão ecológica de um local facilita na escolha das espécies para um programa de reflorestamento. O uso de espécies exóticas não é recomendado; nesses casos, devem ser priorizadas espécies nativas da região.

Comunicando ideias (p. 120)

Resposta pessoal. Auxilie os estudantes a buscar as informações pedidas. Elas podem ser obtidas na prefeitura ou em outros órgãos governamentais.

Atividades (p. 122)

1. A resposta depende do local considerado. Oriente os estudantes a fundamentarem sua posição com argumentos razoáveis.
2. Os adubos químicos usados pela agricultura são levados para os lagos, rios e mares por meio do escoamento das águas da chuva. Esses nutrientes são utilizados pelas algas e, em grande quantidade, provocam um aumento acelerado das populações desses seres vivos, fenômeno conhecido como "floração das águas".

Comunicando ideias (p. 122)

Esta atividade pretende desenvolver o pensamento crítico dos estudantes acerca da sustentabilidade, fazendo-os considerar não apenas os aspectos ambientais de uma ação, mas também os sociais. Procure estimular a discussão sobre o assunto, criando um ambiente de debate saudável, em que todos possam manifestar suas opiniões, expor e ouvir críticas.

Interligações (p. 123)

1. Analisando os dados apresentados, a principal justificativa para essa situação privilegiada está relacionada à relevância de duas fontes renováveis na matriz energética nacional. A primeira é o grande potencial hidráulico do país, do qual boa parte já é aproveitada, sobretudo nas áreas com maior demanda por energia. Além dessa fonte, o Brasil encontra-se em posição de destaque quanto ao aproveitamento da biomassa para a geração de energia, notadamente em função do uso do etanol derivado da cana-de-açúcar para a produção de combustível. Ambas as fontes apresentam efeitos negativos sobre o ambiente e a sociedade. As usinas hidrelétricas são responsáveis pela interferência no fluxo dos rios, pela inundação de imensas áreas, afetando a fauna e a flora do local e a ocupação humana; em muitos casos, as comunidades são obrigadas a se realocarem. Por sua vez, a energia gerada por biomassa também possui seus efeitos negativos: ocupação de grandes áreas destinadas ao plantio de algumas

MODELO

culturas, o que gera destruição do meio ambiente, redução das áreas disponíveis para a produção de alimentos, menor poder calorífico comparado com outros combustíveis e contribuição para a formação de chuvas ácidas.

2. Proponha uma discussão entre os estudantes de modo que todos consigam expor suas opiniões. Defina a expressão "combustíveis não renováveis" e conscientize-os sobre os impactos ambientais envolvidos na queima desses combustíveis, retomando o que foi apresentado na unidade. Explore as vantagens da energia renovável, mostrando que ela não é livre de impactos, mas estes são considerados menos danosos, comparativamente aos produzidos pelo uso dos combustíveis fósseis.

Atividades (p. 125)

1. A canalização de rios afeta profundamente o ecossistema. Ao promover a alteração brusca de um fator abiótico (em geral, a luminosidade é a mais afetada), a canalização afeta diretamente as populações de organismos fotossintetizantes, o que impacta os demais níveis das cadeias alimentares. A canalização dos rios e córregos também está associada à diminuição da permeabilidade do solo, o que tem efeitos sobre os ecossistemas terrestres próximos e contribui para a ocorrência de alagamentos.
2. O relatório deve explicar que a pesca de arrasto é um método que causa grande impacto ao ecossistema marinho, pois são usadas dragas que raspam o fundo e trazem para a superfície uma grande quantidade de organismos que não são aproveitados comercialmente. Isso altera a estrutura do meio e das comunidades que vivem no assoalho marinho. O espinhel consiste em um longo fio de náilon cheio de anzóis e iscas. Esse método é mais seletivo, não provocando danos ao fundo dos oceanos nem retirando organismos que não serão comercializados. Contudo, em razão de sua seletividade, ele pode provocar a diminuição de determinadas espécies em um prazo mais curto.

ATIVIDADES FINAIS (p. 126)

1. Resposta pessoal. Verifique a pertinência das relações apontadas pelos estudantes e oriente-os em caso de eventuais problemas.
2. Vantagens: redução do volume a ser descartado, com consequente economia de espaço; minimização da produção de resíduos; redução da toxicidade do material com a destruição de bactérias e vírus causadores potenciais de doenças, sendo, portanto, a forma ideal de lidar com o lixo hospitalar; possibilidade da recuperação de energia utilizada no processo para a geração de vapor ou eletricidade. Desvantagens: custo elevado, exigência de mão de obra qualificada e dificuldades operacionais.
3. A fabricação de cimento a partir de materiais coprocessados, como pneus velhos, óleo, tintas e resíduos hospitalares, no lugar dos combustíveis fósseis tradicionalmente utilizados, elimina a produção de resíduos tóxicos para o ambiente. Além disso, reduz a emissão de gases causadores do aquecimento global e é menos dispendiosa em relação ao processamento tradicionalmente feito.
4. Resposta pessoal. Estimule os estudantes a pensar em propostas viáveis que possam ser efetivamente implantadas na escola, caso ela ainda não possua um SGA.
5. A pesca apresentou um crescimento constante até o final da década de 1990, quando se aproximou de uma estagnação. A aquicultura apresentou um crescimento acelerado nas últimas décadas e que se mostra bastante intenso atualmente.
6. A diminuição no crescimento da pesca pode ser explicada pela diminuição na disponibilidade dos cardumes e pelo crescimento da aquicultura. O crescimento da aquicultura pode ser explicado pelo desenvolvimento da técnica, que é relativamente recente, e pela busca por fontes mais sustentáveis de alimentos.
7. Alternativa **a**. O benefício ambiental gerado na proposta apresentada é a redução da brita.
8. Alternativa **d**. O desenvolvimento de novos processos nas estações de tratamento de efluentes minimiza a permanência dos medicamentos nos recursos hídricos.

EDIÇÃO PRIVADA

Capítulo 6

A velocidade das transformações químicas

Professor indicado

Recomenda-se que esse capítulo seja trabalhado pelo professor de Química.

BNCC – competências e habilidades trabalhadas

Estão indicadas a seguir, a partir da BNCC, competências gerais, competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, assim como competências específicas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, cujo desenvolvimento é favorecido no capítulo. Para isso, são apontados os momentos em que seu trabalho pode ser propício.

Competência geral	Justificativa	Página
1	Na seção **Comunicando ideias**, os estudantes são incentivados a pesquisar sobre as tecnologias aplicadas na conservação dos alimentos ao longo do tempo, analisando sua importância social, o que contribui para sua compreensão da realidade atual.	152
2	Na seção **Atividade prática**, os estudantes exercitam a observação, a reflexão e a análise crítica para investigar e desenvolver conclusões acerca dos fatores que alteram a velocidade de uma reação química. Nas questões propostas nessa seção, eles são incentivados a formular hipóteses para justificar o que foi observado na parte experimental.	132
4	Na seção **Interligações – Quente ou frio?**, os estudantes aplicam o conhecimento científico estudado neste capítulo para explicar um fenômeno natural e compartilhar com os outros estudantes. Dessa forma, eles podem desenvolver a argumentação e a produção de texto claro e objetivo para o entendimento mútuo. Na seção **Interligações – Enzimas**, os estudantes são incentivados a pesquisar e selecionar informações sobre catalisadores biológicos e podem produzir materiais utilizando diferentes linguagens para compartilhar as informações pesquisadas. Na seção **Comunicando ideias**, eles podem usar diferentes formas de linguagem (escrita, verbal, digital) para partilhar informações acerca do desperdício de alimentos. Os conhecimentos científicos de conservação de alimentos e matemáticos, assim como sobre dados estatísticos de desperdício de alimentos, ajudarão os estudantes a expressar e a contextualizar suas ideias para conscientizar e alertar a comunidade sobre o tema abordado.	137, 149 e 152
9	Na seção **Atividades finais**, há uma atividade que propõe aos estudantes a discussão de seus pensamentos e ideias sobre os problemas relacionados aos processos de obtenção do carvão, de forma que eles podem exercitar o diálogo, a empatia e a resolução de conflito de ideias, além de refletir sobre o respeito ao próximo, os direitos humanos e entender a importância das condições de trabalho adequadas para a manutenção da saúde e qualidade de vida das pessoas que atuam nas carvoarias. Adicionalmente, a discussão entre os estudantes pode contribuir para a valorização das diversas profissões que existem na sociedade e que muitas vezes são menosprezadas.	152

Competência específica	Habilidade	Justificativa	Página
1	EM13CNT101	Ao longo do capítulo, apresenta-se o estudo dos aspectos relacionados à velocidade das reações químicas. Por meio de equações, as transformações químicas são analisadas e representadas em termos da quantidade de matéria envolvida no processo. Para explicar sua velocidade (taxa de reação), são considerados os seguintes fatores: a concentração, a temperatura, a superfície de contato e a presença de catalisadores. A transformação dos reagentes em produtos envolve a troca de energia e pode ocorrer em diferentes velocidades, sendo explicada pela teoria das colisões. Nas atividades propostas, são abordadas diversas situações-problema no contexto sobre a produção de amônia, o uso de catalisadores e o armazenamento de medicamentos, nas quais os estudantes são incentivados a realizar previsões; e, para a compreensão das evidências, o aspecto submicroscópico é considerado na explicação.	136 e 151
2	EM13CNT205	No decorrer do capítulo, espera-se que os estudantes façam previsões sobre o que pode justificar as evidências das situações de estudo e, diante disso, reconheçam os limites explicativos das Ciências da Natureza para interpretar os questionamentos oriundos das atividades experimentais, dos fenômenos naturais e dos processos tecnológicos. Na seção **Atividade prática**, por exemplo, indaga-se sobre o motivo pelo qual a dissolução do comprimido efervescente em água gelada ocorre com velocidade menor que em água quente, de forma que os estudantes aplicam seus conhecimentos científicos para interpretar e elaborar explicações sobre o que foi observado experimentalmente.	132

continua

continuação

3	EM13CNT301	Os estudantes, neste capítulo, terão a possibilidade de avaliar/enfrentar situações-problema da realidade sob uma perspectiva científica, por meio da proposição de questões, da elaboração de hipóteses, da testagem e da utilização de instrumentos de medidas, para representar e interpretar modelos explicativos que justifiquem as evidências. Um exemplo dessa possibilidade estaria na proposição de estudo da situação de conservação e cocção dos alimentos, das reações de combustão, da "dissolução" do comprimido efervescente em água, das recomendações sobre o uso de balões de oxigênio em hospitais e do entendimento sobre animais ectotérmicos e endotérmicos.	132, 136, 137, 140, 145 e 153
	EM13CNT302	A seção **Comunicando ideias** propõe aos estudantes a produção de um material de divulgação científica para a conscientização do desperdício de alimentos no Brasil, elaborado com base na interpretação e na análise crítica de resultados de pesquisas sobre a conservação dos alimentos, sobre as razões de perdas dos alimentos e o papel dos conservantes.	152
	EM13CNT306	O capítulo desenvolve essa competência em uma atividade que incentiva os estudantes a aplicar seus conhecimentos científicos na reflexão sobre os riscos relacionados ao uso de cilindros de gás oxigênio em ambientes hospitalares.	140
	EM13CNT309	Na seção **Atividades finais** há uma atividade de análise de questões socioambientais e econômicas relacionadas à produção do carvão mineral e do carvão vegetal.	152

Competência específica de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Justificativa	Página
3. Analisar e avaliar criticamente as relações de diferentes grupos, povos e sociedades com a natureza (produção, distribuição e consumo) e seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas à proposição de alternativas que respeitem e promovam a consciência, a ética socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional, nacional e global.	O capítulo apresenta atividades para discutir aspectos socioambientais associados à produção de carvão, como o uso ilegal de madeira nativa de áreas de preservação para a obtenção de carvão vegetal, o que possibilita que os estudantes avaliem e analisem os impactos econômicos e socioambientais dessas ações para promover a construção da consciência, da ética socioambiental e do consumo responsável.	152
4. Analisar as relações de produção, capital e trabalho em diferentes territórios, contextos e culturas, discutindo o papel dessas relações na construção, consolidação e transformação das sociedades.	A análise das relações entre produção, capital e trabalho e o debate sobre o papel dessas relações para a transformação da sociedade são propostos no capítulo. A atividade de pesquisa sobre as consequências, à saúde humana, da inalação de substâncias produzidas no processo de obtenção do carvão vegetal aborda a problemática dessas relações. A extração e a produção do carvão retratam uma realidade de exploração do trabalho e revelam as condições inadequadas às quais as pessoas são submetidas pela necessidade de subsistência.	152

Conhecimentos prévios para o melhor aproveitamento do conteúdo

Este capítulo trata do conteúdo referente à velocidade das transformações químicas, o qual possibilita o entendimento de que as reações químicas podem acontecer com diferentes velocidades de reação e que certos fatores podem influenciar esse processo, como: a temperatura, a concentração, a presença de catalisador e a superfície de contato.

A compreensão desse conteúdo requer o conhecimento sobre conceitos fundamentais, como a natureza particular da matéria e o caráter dinâmico das transformações químicas. Não menos importante seriam os conhecimentos prévios sobre os conceitos de **mol**, **concentração em quantidade de matéria** (mol/L), **oxidação**, **redução**, **ligação química**, **energia de ligação** e **variação de entalpia**, que, juntamente com os aspectos mencionados anteriormente, possibilitarão um melhor aproveitamento da temática deste capítulo.

A seguir, estão detalhadas as habilidades do Ensino Fundamental – anos finais tidas como conhecimentos prévios importantes para o aprendizado dos conteúdos abordados neste capítulo. Caso ache necessário ou identifique que os estudantes manifestam concepções alternativas, retome conceitos que julgar pertinentes, no momento em que a dúvida surgir.

- (EF07CI02) Diferenciar temperatura, calor e sensação térmica nas diferentes situações de equilíbrio termodinâmico cotidianas.
- (EF07CI05) Discutir o uso de diferentes tipos de combustível e máquinas térmicas ao longo do tempo, para avaliar avanços, questões econômicas e problemas socioambientais causados pela produção e uso desses materiais e máquinas.
- (EF09CI02) Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas.
- (EF09CI03) Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.

Objetivos do capítulo

Com a abordagem proposta neste capítulo, espera-se que os estudantes compreendam os conceitos básicos de Cinética Química, quais sejam: velocidade (ou taxa de desenvolvimento) das reações químicas, incluindo os fatores que a influenciam, e a teoria das colisões.

A seguir, são apresentados os objetivos específicos esperados neste capítulo:

EM MODERNA

- Compreender os conceitos e as relações entre eles, relativos a velocidade de reação, teoria das colisões, energia de ativação, complexo ativado e catálise, sabendo aplicá-los em diferentes contextos.
- Compreender que variáveis como estado de agregação da matéria, temperatura, concentração de uma solução, superfície de contato e catalisador podem alterar a velocidade das reações químicas.
- Estabelecer relações qualitativas entre a variação de um fator que influencia a velocidade da reação – temperatura, concentração, superfície de contato ou catalisadores – e a quantidade de colisões efetivas (em nível submicroscópico), ou seja, a velocidade de uma transformação química.
- Compreender e representar graficamente o conceito de energia de ativação de uma reação.
- Elaborar hipóteses qualitativas, com base em atividade prática, sobre a influência das variáveis que impactam na velocidade das transformações químicas, usando para isso modelos explicativos (macro e submicroscópicos).
- Compreender o papel e o mecanismo de ação de um catalisador, bem como sua especificidade na velocidade de reações químicas, diferenciando os tipos de catálise.
- Entender o papel dos catalisadores no contexto de uma transformação química, considerando sua contribuição para a redução de problemas socioambientais, como a poluição ambiental por CO(g).
- Relacionar o mecanismo de ação de um catalisador com a energia de ativação e a formação do complexo ativado.
- Analisar situações cotidianas aplicando os conhecimentos e a linguagem próprios das Ciências, em específico da cinética química, para interpretá-las e vislumbrar melhores soluções do ponto de vista da qualidade de vida.

Neste capítulo, os estudantes elaboram análises gráficas envolvendo as bases dessa teoria e propõem hipóteses qualitativas sobre resultados de observações experimentais envolvendo a influência da temperatura, da concentração de uma solução e da superfície de contato sobre a velocidade das reações.

Com base nesses conhecimentos, os estudantes refletem sobre questões do cotidiano, processos produtivos e suas repercussões socioambientais, bem como em soluções viáveis para minorar os efeitos da poluição automotiva e de más condições de trabalho. Tudo isso possibilita a integração com outras áreas do conhecimento, favorecendo o desenvolvimento de sua cidadania.

Sugestões metodológicas

Neste capítulo, consideramos fundamental o professor enfatizar aspectos qualitativos da cinética química. Assim, no estudo dos fatores que influenciam a velocidade das reações, é importante privilegiar a interpretação das observações experimentais realizadas (pelos estudantes ou pelo professor) ou das descrições de resultados dos trabalhos e imagens que constam no texto para, com essas interpretações, compreender os modelos teóricos explicativos que decorrem dessas observações.

Vale ressaltar que as equações de velocidade e a ordem das reações são sempre determinadas experimentalmente; a partir delas é que os cientistas foram elaborando modelos para explicar o que observavam em seus experimentos – essa ordem nem sempre é entendida pelos estudantes.

Um recurso sugerido no capítulo para auxiliar na compreensão dos estudantes quanto ao conceito de velocidade de uma reação química é a analogia. Esse recurso pode possibilitar a construção do conceito científico escolar em questão ao permitir um raciocínio analógico, comparativo, entre um domínio familiar e outro menos familiar (domínio-alvo). É considerada uma forma estratégica para abordar assuntos complexos, ou seja, conteúdos escolares que exigem dos estudantes certa abstração para sua compreensão. A especificidade da analogia em relação a outros tipos de comparações decorre da existência de relações entre os domínios comparados: o domínio familiar e o domínio-alvo. Essas relações são estabelecidas entre os elementos ou atributos em correspondência ou entre as relações que, dentro de cada domínio, são estabelecidas entre elementos, atributos ou relações.

Há que se considerar ainda que é necessário ponderar algumas restrições para que uma analogia possa ser definida como uma comparação. A consistência estrutural é a primeira regra a ser ponderada. Há dois aspectos a observar: (a) cada elemento, atributo ou relação do domínio familiar apresenta correspondência com um elemento, atributo ou relação do domínio-alvo; (b) a definição de uma conectividade entre os constituintes de cada domínio acontece de forma paralela.

Por exemplo, a comparação entre a velocidade com que as formigas são atraídas pelo açúcar (perceba que a velocidade de atração não é constante nesse intervalo de tempo) e a velocidade com que ocorre a variação da concentração de CO(g) (em módulo), em razão das interações entre as moléculas dos reagentes (ou a velocidade com que os reagentes são consumidos – ou interagem – para formar os produtos), no mesmo intervalo de tempo, possibilita que você estabeleça uma conectividade em paralelo entre: (a) o atributo velocidade de atração das formigas pelo açúcar, do domínio familiar, e o atributo velocidade da variação da concentração de CO(g), do domínio-alvo; (b) a relação entre os elementos referentes à variação do número de formigas e o açúcar, construída no interior do domínio familiar; e (c) a relação entre a variação da concentração ou quantidade de CO(g) e o produto, CO_2(g), construída no interior do domínio-alvo.

Em relação às limitações da analogia mencionadas, é importante deixar claro para os estudantes que: (a) no primeiro caso, depois do período de três minutos, as formigas e o açúcar permaneceram inalterados – em contrapartida, no caso da reação química, os produtos são diferentes dos reagentes; (b) as moléculas de uma substância no estado gasoso (como é o caso do CO(g)) movimentam-se com velocidade e energia cinética elevadas, o que não acontece com as formigas; (c) as formigas foram atraídas pelo açúcar, entretanto, no contexto de uma reação química, a formação dos produtos não decorre de um processo de atração, mas pela formação de novas e diferentes ligações químicas em razão das interações entre as moléculas; e (d) o que se considera no domínio familiar é o número de formigas porque são contabilizadas por unidade, o que não ocorre quando estamos tratando da matéria, que se aborda em termos de quantidade de matéria, cuja unidade é mol.

O foco relacional é a segunda regra a ser considerada para que a comparação seja uma analogia, ou seja, a comparação acontece em virtude do estabelecimento de uma similaridade entre as relações estabelecidas entre o domínio familiar e o

domínio-alvo. Por fim, a sistematicidade é a terceira, uma vez que a analogia esquematiza relações conectadas por relações de ordem superior.

Para começo de conversa (p. 128)

As transformações químicas ocorrem a todo momento, seja naturalmente no nosso e em outros organismos vivos, ou artificialmente em indústrias, laboratórios e até em situações em que não existe o controle humano.

Um dos objetivos das questões presentes nessa seção é sondar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre como os materiais se transformam e o que pode interferir na velocidade das transformações químicas.

Na primeira pergunta, os estudantes podem citar diversos fatores que demonstram a importância de se controlar as transformações químicas, como a possibilidade de prever a quantidade de produto que deve ser formado, a quantidade de energia consumida ou liberada e gastos com material. No caso de implosões, existem limites a serem respeitados: a quantidade mínima para dar conta da implosão e a quantidade máxima para não causar impactos maiores que os previstos.

Ao se questionar a respeito da conservação da carne, espera-se que os estudantes respondam que um pedaço grande se conserva por mais tempo que a carne moída. É possível que nesse momento eles não saibam explicar exatamente o porquê, mas anote na lousa as respostas e as hipóteses que eles levantarem. Se julgar pertinente, discuta também outras situações do cotidiano em que seja fácil perceber a influência do tamanho da superfície de contato na velocidade de reações químicas.

O conceito de velocidade de uma reação química (p. 129)

Esclareça que o termo velocidade é utilizado em outros contextos (não químicos) também como grandeza escalar – por exemplo, velocidade de transmissão de vírus, velocidade de disseminação de notícias falsas, etc. – e explique a diferença.

Explique aos estudantes que o objetivo da aula é construir com eles o significado de velocidade de uma reação química e para isso fará uso da analogia. Em seguida, informe a eles o que é uma analogia e a importância de utilizá-la para a compreensão do conteúdo em questão. Essa informação deve se limitar ao fato de que a compreensão do conceito exige certa abstração; portanto, o recurso da analogia facilitará o estabelecimento das conexões/relações necessárias para o entendimento da situação-alvo.

Na sequência, apresente aos estudantes a situação de estudo que, no caso, é a existência de uma colher de açúcar próximo a um formigueiro. Como forma de estimular a participação e buscar uma construção conceitual com os estudantes, questione-os: Quantas formigas serão atraídas na direção da colher de açúcar? Após a manifestação das hipóteses dos estudantes, proponha como tarefa uma situação hipotética em que é registrado o número de formigas que chegam ao açúcar no intervalo de três minutos ou mais (conforme quadro "Número de formigas por intervalo de tempo", presente no **Livro do Estudante**). Com base nessas informações, calcule a velocidade com que as formigas são atraídas para o açúcar para os intervalos de tempo indicados no quadro. Ao terminar essa etapa, considere com os estudantes que, de forma geral, a análise das diferentes situações hipotéticas permite concluir que a velocidade média com que as formigas são atraídas para o açúcar é a somatória de formigas atraídas para o açúcar dividida pelo intervalo de tempo de observação.

Enfatize com os estudantes que, de forma análoga, serão analisadas informações experimentais, não hipotéticas, para a seguinte reação química:

$$CO(g) + NO_2(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$$

Contextualize com os estudantes que a evidência de que essa reação ocorre é o descoramento da mistura gasosa inicial. Em continuidade, registre a variação dos valores de concentração de CO(g), em mol/L, no intervalo de tempo de 40 segundos, conforme a tabela "Concentração de CO no decorrer da reação com NO_2", do **Livro do Estudante**. Indague-os sobre qual seria o motivo pelo qual a concentração de CO(g) diminuiu com o tempo. Utilize as respostas para propor o cálculo da velocidade da reação. Para isso, calcule a velocidade da reação nos intervalos descritos na tabela. Considere o fato de que a variação da concentração é expressa em módulo. Feito isso, é possível formalizar com os estudantes que a velocidade média de interação dos reagentes para a formação dos produtos dessa reação é a variação da quantidade de CO(g) (em módulo) dividida pelo intervalo de tempo.

Assim, para possibilitar a construção do conceito pelos estudantes, relacione os atributos do domínio familiar com os atributos do domínio-alvo, conforme discutido anteriormente. E leve-os a considerar que, de forma geral, a velocidade de uma reação química qualquer é diretamente proporcional à concentração dos reagentes. Assim, no momento de relacionar os atributos das duas situações de estudo (os casos da formiga e da reação química), é fundamental informar os estudantes sobre as limitações da analogia, ou seja, aquilo que o processo descrito na analogia não apresenta similaridade quando comparado à reação química.

A teoria das colisões e as mudanças na velocidade das reações químicas (p. 132)

Antes de abordar a teoria das colisões, é importante que você faça com os estudantes a **Atividade prática** presente neste capítulo do **Livro do Estudante**.

ATIVIDADE PRÁTICA (p. 132)

O experimento proposto estimula a percepção de quais variáveis podem influenciar a velocidade de uma reação química. Nos casos apresentados, a influência se dá ora pela superfície de contato do comprimido efervescente (um triturado e outro inteiro, ambos em água a uma mesma temperatura), ora pela temperatura da água (ambos os comprimidos inteiros). A percepção das variáveis que têm influência numa situação-problema dialoga com o pilar abstração do pensamento computacional.

Organize os estudantes em grupos de quatro integrantes. Antes de iniciar o experimento, questione-os: Quais medicamentos efervescentes já utilizaram? Foi utilizado para qual finalidade? Para o organismo, qual é o benefício de o medicamento ser efervescente? Por que o comprimido é considerado efervescente? Qual é a composição dos medicamentos efervescentes? Como são embalados e conservados? O que acontece quando um comprimido efervescente inteiro é colocado em água à temperatura ambiente? E se for triturado? Por que ocorre essa diferença? O que pode acontecer quando um

REPRODUÇÃO

comprimido inteiro efervescente é colocado em água gelada? E se a água estiver aquecida? Por que ocorre essa diferença?

Com essas questões, obtenha informação sobre o conhecimento deles em relação ao benefício do medicamento efervescente para o organismo; entenda como eles interpretam o fenômeno da efervescência; realize um trabalho interdisciplinar, trazendo conhecimentos de outras áreas para discutir os tipos de embalagem, as condições de conservação e a ação do comprimido (ou medicamento) efervescente no organismo; e levante quais são as hipóteses dos estudantes para justificar as possíveis evidências das situações das questões mencionadas, possibilitando a elaboração de argumentos e o desenvolvimento da capacidade de refletir sobre os fatos cotidianos, exercitando a curiosidade intelectual, a imaginação e a criatividade para investigar as causas, desenvolvendo assim a competência geral 2 da BNCC.

Se julgar pertinente, complemente o experimento com a prática demonstrativa indicada a seguir.

Sugestão de atividade complementar: atividade prática

O experimento a seguir pode ser demonstrado aos estudantes como parte integrante da atividade prática. Entretanto, caso não haja os equipamentos de proteção necessários e um local adequado, ele não deverá ser realizado nem mesmo de forma demonstrativa.

Equipamento de proteção individual (EPI)

- avental de mangas compridas
- luvas
- máscara
- óculos de proteção

Materiais

- 2 copos ou frascos de vidro idênticos
- 1 frasco plástico para medida de volume com 10 mL (podem ser usados medidores plásticos como os que acompanham frascos de medicamentos ou colheres de medida empregadas em culinária)
- 1 pedaço pequeno de palha de aço ("palhinha")
- 1,0 mL de solução de ácido muriático (ácido clorídrico contendo impurezas), comercializado em lojas de material de construção
- pipeta ou conta-gotas

Atenção!

O ácido muriático é corrosivo: não aspirar seus vapores; não deixar cair em objetos metálicos, roupas, mármore ou cimento; se cair nas mãos, lavá-las em água corrente.

O ácido clorídrico diluído deve ser preparado pelo professor, usando EPI, em local ventilado, de preferência em capela dotada de sistema de exaustão. Para isso, adicionar 20 gotas do ácido concentrado a 100 mL de água.

Procedimento

1. Cortar dois pedaços de palha de aço com aproximadamente 0,2 cm $\times$ 0,2 cm cada um.

2. Colocar amostras de 20 mL de ácido muriático nos dois copos.

3. Em um dos copos, acrescentar água até que o volume dobre.

4. Pegar cada um dos pedacinhos de palha de aço e puxar suas bordas, "esparramando" bem os fios. Em seguida, jogá-los nos copos contendo ácido muriático.

5. Após 5 minutos, observar a superfície dos fios das duas amostras e compará-las.

Descarte dos resíduos

O que restou nos copos após o experimento pode ser neutralizado com cal, por exemplo, antes de ser jogado na pia; a solução obtida pela adição de água ao ácido muriático deve ser etiquetada e guardada para uso posterior.

Após a demonstração, propor aos estudantes as seguintes questões:

a) Em qual das amostras a velocidade de saída das bolhas é maior?

b) Qual foi o fator que diferenciou a velocidade da reação nos dois copos?

Respostas:

a) Na que contém a solução de ácido clorídrico à qual não foi acrescentada água, portanto a mais concentrada.

b) A concentração de um dos reagentes (ácido muriático).

A teoria das colisões (p. 133)

Para explicar aos estudantes as evidências experimentais, faça, inicialmente, uso da analogia. Ao se tratar da analogia, reitera-se a necessidade de elaborar um planejamento conforme descrito no tópico anterior. Proponha-lhes a observação de duas situações cotidianas: (a) situação 1 – mesa de bilhar com duas bolas: uma preta e outra branca; (b) situação 2 – mesa de bilhar com uma bola preta e dez bolas brancas. Diante dessas situações, pergunte aos estudantes em qual das duas situações é mais provável que uma bola preta se choque com uma branca. A hipótese é que a resposta seja na situação 2, porque o número de bolas brancas é maior, o que significa maior probabilidade de colisões.

Então, como você poderá relacionar a analogia descrita com as evidências observadas nos experimentos para que os estudantes compreendam a teoria das colisões? Isso implica relacionar o domínio familiar com o domínio-alvo e fazer com que os estudantes, por meio da situação análoga, entendam a situação de estudo em sua complexidade. Ressalve que, ainda que esteja utilizando essa situação cotidiana, não significa que no caso de moléculas o processo seja idêntico. Por exemplo, no caso da situação da bola de bilhar, explique que, ao jogar a bola preta e ela colidir com a bola branca, o que vai acontecer é que elas vão, após colidirem, se afastar e continuar sendo as mesmas bolas de bilhar. Entretanto, quando estamos falando da matéria, mais especificamente de moléculas, quando uma molécula colide com outra, pode ocorrer uma transformação química, e, dessa forma, as moléculas dos produtos não são as mesmas dos reagentes. A colisão que leva a uma transformação química é chamada colisão efetiva e que, para que isso aconteça, os reagentes precisam estar em contato. Nem toda colisão pode levar a uma transformação química. No caso da analogia, as bolas de bilhar estariam representando as moléculas, com as limitações já apresentadas. Agora, uma vez construída com os estudantes a ideia de que a colisão entre moléculas pode levar a uma transformação química, caberia a pergunta: O que determina a ocorrência de uma transformação química? Quais fatores influem na velocidade de uma reação química?

EM TEORIA

Para responder a essas perguntas, retome a analogia e discuta a quantidade de bolas. Agora o domínio familiar será o número de bolas e o domínio-alvo, a concentração das moléculas. A explicação da pergunta será no sentido de que a transformação química decorre de colisões efetivas que dependem de determinados quesitos para ocorrer. No caso do jogo de bilhar, a colisão eficaz (ou efetiva) é aquela que leva a bola para caçapa (domínio familiar) e, no caso das moléculas, aquela que leva à transformação química (domínio-alvo). Comparando essas duas situações, questione os estudantes sobre quais condições devem ser atingidas para que o efeito seja favorável (ou seja, a bola alcance a caçapa e os reagentes sejam transformados em produtos). Para que a colisão seja efetiva no jogo de bilhar, ao lançar a bola preta, o jogador tem de pensar numa estratégia para que essa bola faça um movimento que a leve a colidir com a bola branca, que, por sua vez, deve seguir uma orientação na direção da caçapa (domínio familiar). E como isso acontece na transformação química? Para que ocorra a transformação química, deve-se considerar a geometria da molécula (que pode tornar o caminho favorável ou não) e a orientação das moléculas ao colidir, ou seja, a maneira como a colisão vai ocorrer. Assim, construa uma comparação entre o domínios familiar e o domínio-alvo e revele suas limitações.

Para auxiliá-lo no planejamento e no desenvolvimento dessa atividade, são apresentados a seguir três quadros (quadro X, quadro Y e quadro Z), que mostram o mapeamento comparativo entre o domínio familiar e o domínio-alvo da analogia proposto neste tópico do **Livro do Estudante**, para o estudo da teoria das colisões. Os quadros X, Y e Z tratam de um aspecto da teoria das colisões (colisão efetiva) e do papel da geometria e da energia das colisões na teoria das colisões, respectivamente.

Quadro X: Comparativo entre o domínio familiar e o domínio-alvo de um aspecto da teoria das colisões: a colisão efetiva pode levar a uma transformação química.

Domínio familiar	Domínio-alvo
Bola branca	Moléculas
Bola preta	Moléculas
A bola preta colide com a branca.	Uma molécula colide com outra.
A bola preta e a bola branca podem sofrer deformação.	As moléculas podem sofrer alteração (reação química).
As colisões entre a bola preta e a bola branca podem não deformar esses objetos; desse ponto de vista, são colisões ineficazes.	As colisões entre as moléculas podem produzir transformações (reações químicas) nas substâncias; desse ponto de vista, são colisões eficazes.

Fonte: Adaptado de FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma sala de aula sobre cinética química. *Ciência & Educação*, Bauru/SP, v. 23, n. 1, p. 29-50, 2017.

Quadro Y: Comparativo entre o domínio familiar e o domínio-alvo quanto ao aspecto do papel da geometria molecular na teoria das colisões (colisão efetiva para transformação química).

Domínio familiar	Domínio-alvo
Bolas de bilhar	Moléculas
Jogo de bilhar	Transformação química (ou reação química)
Movimento das bolas	Movimento das moléculas
As bolas podem se mover em várias direções (dependendo da tacada).	As moléculas podem se movimentar em diferentes direções e sentidos.
Por causa do movimento das bolas, elas podem colidir umas com as outras.	Por causa do movimento das moléculas, elas podem colidir umas com as outras.
A direção dos movimentos das bolas gera colisões com diferentes geometrias.	A direção dos movimentos das moléculas gera colisões com diferentes geometrias.
Há direções no movimento das bolas que têm geometria de colisão favorecida e geram colisões efetivas (bola na caçapa).	Há direções no movimento das moléculas que têm geometria favorecida e geram colisões efetivas (reações químicas).
Durante o jogo de sinuca, a quantidade de colisões com geometria desfavorável é maior que a quantidade de colisões com geometria favorável.	Durante o processo de transformação química, a quantidade de colisões com geometria desfavorável é maior que a quantidade de colisões com geometria favorável.
O maior número de colisões com geometria desfavorável gera um grande número de colisões que não conduzem as bolas para a caçapa.	O maior número de colisões com geometria desfavorável gera um grande número de colisões que não provocam reações químicas.
Uma bolinha alcança uma caçapa após ter sido atingida por outra em uma geometria favorável.	Uma molécula interage com outra após ter sido atingida em uma geometria favorável.

Fonte: Adaptado de FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma sala de aula sobre cinética química. *Ciência & Educação*, Bauru/SP, v. 23, n. 1, p. 29-50, 2017.

Quadro Z: Comparativo entre o domínio familiar e o domínio-alvo quanto ao aspecto do papel da energia cinética na teoria das colisões (energia cinética suficiente para enfraquecer as ligações e formar novas, ocorrendo transformação química).	
Domínio familiar	**Domínio-alvo**
Energia das bolas de sinuca.	Energia das moléculas.
Geometria (ou estratégia) favorável e movimento (ou velocidade) insuficiente para alcançar a caçapa.	Geometria favorável e energia insuficiente para a transformação química (ou reação química).
Uma colisão entre bolas de bilhar será efetiva se houver geometria favorável e energia suficiente para bola ir à caçapa.	Uma colisão entre moléculas será efetiva se houver geometria favorável e energia cinética suficiente para formar o intermediário (complexo ativado), que resulta em reação.

Fonte: Adaptado de FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma sala de aula sobre cinética química. *Ciência & Educação*, Bauru/SP, v. 23, n. 1, p. 29-50, 2017.

Considerando que qualquer analogia tem suas limitações, é fundamental apresentar aos estudantes as limitações da analogia do jogo de bilhar. Entre elas, o fato de que o choque entre as bolas implica alteração substancial da quantidade de energia mecânica, o que não acontece no nível molecular, pois os choques entre as moléculas não implicam perda de energia cinética e, por isso, diz-se que são perfeitamente elásticos. No caso das bolas de bilhar, o choque não fará com que elas se deformem ou se rompam, o que é bem diferente no caso de colisões moleculares.

Na sequência da aula, trabalhe com o exemplo da reação química representada por $CO(g) + NO_2(g) \rightarrow CO_2(g) + NO(g)$, apresentada no **Livro do Estudante**, para explicar que é necessário que as moléculas de CO colidam com as moléculas de NO_2 e que os átomos estejam orientados espacialmente de modo favorável para que a reação entre os gases monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO_2) ocorra. Como sugestão para atividade, proponha aos estudantes a produção de um material concreto para representar, em nível submicroscópico, as possibilidades de colisão entre as moléculas dos reagentes (CO e NO_2). Esse material seria útil para trabalhar a orientação das moléculas que se colidem e os argumentos científicos que justificam tal orientação para que ocorra a transformação química.

Além da orientação, a colisão pode originar produtos desde que seja suficientemente energética para enfraquecer a ligação química N ═ O. Ou seja, a energia cinética das moléculas que se colidem deve ser suficiente para enfraquecer as ligações químicas que mantêm a interação dos átomos das moléculas dos reagentes. Por isso, é necessária uma energia mínima para que os reagentes sejam transformados em produtos – a energia de ativação. Trabalhe a interpretação dos gráficos de entalpia da reação entre CO e NO_2 para discutir com os estudantes o conceito de energia de ativação e complexo ativado. Como discutir isso com os estudantes? A proposta é trabalhar o gráfico da energia em função do caminho da reação para a transformação química da reação em questão. Peça aos estudantes que façam uma interpretação por escrito de suas percepções sobre o processo que está sendo representado; em seguida, discuta com eles o significado das entidades representadas no gráfico. Para finalizar, como tarefa os estudantes devem retomar a escrita de suas percepções iniciais e reelaborá-la, passando para uma etapa de comunicação aos colegas sobre os acertos e os equívocos de seus entendimentos, bem como a compreensão atual sobre a transformação química estudada.

Interligações (p. 137)

Esta seção foi proposta para possibilitar o planejamento de atividades que permitam o desenvolvimento de um ensino interdisciplinar, pois a interpretação da situação-problema dependerá dos conhecimentos de diferentes áreas. Além disso, também se prezou por uma temática que pudesse permitir um trabalho contextualizado. O **Interligações – Quente ou frio?** aborda um tema que faz referência à sensação de quente ou frio que nós, humanos, temos quando entramos em contato com outros animais ou materiais.

Fatores que influenciam na velocidade de uma reação (p. 138)

O objetivo deste tópico é levar os estudantes a compreender como alguns fatores (temperatura, concentração, superfície de contato e catalisador) alteram a velocidade de reações químicas, considerando os modelos explicativos. Sugerimos que sejam trabalhadas as diferentes situações descritas neste capítulo, a fim de relacionar e comparar como essas alterações podem influenciar a rapidez ou não das reações químicas. A seguir, serão apresentadas as situações possíveis e a tarefa para os estudantes.

A. Elabore, por escrito, uma explicação (de acordo com a teoria das colisões) para o fato de o comprimido efervescente triturado dissolver com velocidade de reação maior que o inteiro. Faça um desenho para representar esse processo e inclua a explicação do que for representado.

B. Elabore, por escrito, uma explicação (de acordo com a teoria das colisões) para o fato de o comprimido efervescente inteiro dissolver com velocidade de reação maior em água quente do que em água gelada. Faça um desenho para representar esse processo e inclua a explicação do que for representado.

C. Elabore, por escrito, uma explicação (de acordo com a teoria das colisões) para o fato de a quantidade de bolhas de gás hidrogênio liberadas pela amostra de zinco em pó ser maior quando em ácido clorídrico do que na amostra de zinco em lâmina. Faça um desenho para representar esse processo e inclua a explicação do que for representado.

D. Observe as fotos da reação de combustão de ferro em diferentes concentrações de oxigênio, apresentada no **Livro do Estudante**, e responda por que ocorre a diferença observada. Faça um desenho para representar esse processo e inclua a explicação do que for representado.

E. Qual é o papel dos catalisadores automotivos na reação de combustão dos hidrocarbonetos? Faça um desenho para representar esse processo e inclua a explicação do que for representado.

Cada uma dessas situações deve ser proposta a um grupo de estudantes para que seja uma construção coletiva. Para compreender os entendimentos dos estudantes, peça-lhes que gravem um vídeo com a explicação e o desenho e socializem com a turma. Com essas informações, sintetize as ideias dos estudantes e utilize-as para planejar as próximas aulas, de acordo com as dificuldades ou concepções alternativas que eles apresentaram. Com o conhecimento das elaborações dos estudantes, questione suas explicações a fim de levá-los à compreensão do conhecimento científico escolar.

Com as situações **A** e **C**, explore a influência da superfície de contato na velocidade da reação química. Assim, ao colocarmos um comprimido efervescente inteiro na água, a reação é mais lenta do que ao colocarmos um comprimido triturado, por exemplo. Isso ocorre porque há uma maior frequência de colisões entre as espécies reagentes.

Com a situação **D**, fale que o aumento da concentração de um reagente provoca aumento na frequência de colisões entre as moléculas. E, quanto maior o número de colisões entre as espécies reagentes, maior será a velocidade da reação química. Não só o aumento da concentração dos reagentes, mas também o aumento da superfície de contato entre as espécies reagentes aumentam a velocidade da reação química. Contudo, comunique aos estudantes que nem todas as colisões moleculares têm como consequência a formação de uma nova substância, porque, para haver transformação (ou reação química), é necessário haver o rompimento de ligações químicas e formação de novas ligações, o que requer colisões efetivas, para as quais são indispensáveis duas condições: orientação favorável das moléculas que se colidem e colisão suficientemente energética.

Com a situação **B**, desenvolva a ideia de que, segundo a teoria das colisões, para que haja reação química entre duas moléculas, é preciso que haja colisão orientada e suficientemente energética (igual à energia de ativação ou maior que ela). Portanto, na água quente, a velocidade da reação química é maior. Consequentemente, a energia cinética média também aumenta e, com isso, haverá maior probabilidade de as moléculas se colidirem com energia suficiente para provocar uma transformação química.

Para verificar o entendimento dos estudantes, peça-lhes que expliquem, por escrito, a figura que representa a colisão entre as partículas em diferentes temperaturas. De modo similar, pode-se solicitar aos estudantes que comparem essa situação com a representada em seu desenho. Em seguida, solicite-lhes que socializem os resultados e finalize a atividade explicando a relação entre os modelos (da figura e do desenho dos estudantes), concluindo que o aumento de temperatura de um sistema implica o aumento de velocidade de reação.

Com a situação **E**, discuta o fato de o emprego de catalisadores nos sistemas de exaustão dos automóveis contribuir para a redução da poluição ambiental. Para os estudantes compreenderem isso, é necessário dizer que os catalisadores são específicos de cada processo, isto é, uma substância que funciona como catalisador para uma reação pode não funcionar como tal para outra. Pode ocorrer até mesmo o contrário: uma substância que catalisa uma transformação pode reduzir a velocidade de outra – nesse caso, dizemos que ela funciona como um inibidor, substância que diminui a velocidade de uma reação.

Na reação química, a adição de um catalisador torna desnecessário elevar a energia do sistema até que atinja valor correspondente ao complexo ativado da reação em sua ausência. O acréscimo de um catalisador a um sistema em reação propicia que ela aconteça com energia de ativação mais baixa do que se ocorresse sem o catalisador. No tópico do capítulo, evidencie aos estudantes, por meio da equação de decomposição do óxido nitroso (sem ou com catalisador), a diminuição do gasto energético na presença do catalisador (E_a = 251,0 kJ/mol maior que E_a = 121,0 kJ/mol).

Sobre os tipos de catálise, são abordadas a catálise homogênea e a heterogênea, além da apresentação dos catalisadores automotivos que aceleram a transformação do CO(g) em CO_2(g), ou seja, facilitam o processo de oxidação do C, tornam as combustões dos hidrocarbonetos completas e minimizam o lançamento de gases tóxicos à atmosfera. É fundamental diferenciar a catálise homogênea da catálise heterogênea. A diferença é que no primeiro caso catalisador e reagentes formam uma só fase. O exemplo para discutir com os estudantes é a obtenção do trióxido de enxofre, mais especificamente a transformação de SO_2(g)

em $SO_3(g)$ com a presença do $NO_2(g)$ como catalisador (transformação 2 apresentada no tópico "Catálise homogênea" do **Livro do Estudante**). Note que o $NO_2(g)$, que é reagente em uma etapa, se regenera em outra, como se não tivesse participado da reação. Por outro lado, na catálise heterogênea, catalisador e reagentes constituem fases distintas, havendo uma superfície de contato entre eles. O exemplo aqui é o funcionamento do catalisador automotivo (conforme a situação **E**).

Os catalisadores automotivos têm a função de tornar completas as combustões dos hidrocarbonetos, acelerando a transformação do CO(g) em $CO_2(g)$, bem como converter os óxidos de nitrogênio prejudiciais à saúde em substâncias menos nocivas. Você pode discutir as equações representadas no **Livro do Estudante**. Por isso, avalie as respostas dos estudantes considerando as informações descritas anteriormente e também a noção de que a grande superfície do catalisador, Pt (platina), por exemplo, acelera a transformação do CO(g) (tóxico) em $CO_2(g)$ (não tóxico). O desenho pode ser avaliado em comparação ao proposto no **Livro do Estudante**.

Finalizado isso, conclua a explicação sintetizando como os fatores concentração, superfície de contato e temperatura influem a velocidade de uma reação química.

Interligações (p. 149)

A seção **Interligações – Enzimas** possibilita uma abordagem interdisciplinar porque, da mesma maneira que existem substâncias que catalisam as transformações químicas, as enzimas catalisam processos biológicos. Por isso, faça uma comparação entre ambos para que os estudantes compreendam que, ainda que por mecanismos diferentes, a similaridade é aumentar ou diminuir a velocidade das reações químicas.

Para buscar a participação dos estudantes no processo de aprendizagem sobre a ação das enzimas, proponha-lhes que façam um levantamento das principais enzimas do organismo humano e de que ação desempenham e, ainda, que realizem um estudo sobre a transformação do alimento no organismo humano (da boca até o intestino) e a ação das enzimas nesse processo. Feito isso, os estudantes socializam suas respostas e você pode trabalhar com a situação descrita na obra para aprofundar o conhecimento sobre a temática.

Explique aos estudantes que, no sistema digestório, por exemplo, as macromoléculas (carboidratos, lipídios e proteínas) são deslocadas por vários órgãos e neles passam por reações químicas que as transformam em moléculas menores. O início do processo é na boca com a enzima amilase (ou ptialina), presente na saliva, que provoca a hidrólise das moléculas de amido. Uma parte das moléculas de amido da batata, por exemplo, transforma-se em maltose $(C_{12}H_{22}O_{11})_n$, uma molécula de carboidrato menor que o amido. Pensando nisso, pergunte aos estudantes: Qual seria a importância de mastigar os alimentos? Após o processo de mastigação, assim como no caso do comprimido efervescente triturado ou do zinco em pó, o número de partículas disponíveis para reagir com a enzima é maior, culminando no aumento da velocidade da transformação química. Outra pergunta poderia ser: O que pode acontecer se não se fizer uma mastigação adequada e pedaços grandes de alimentos forem ingeridos? Caso não ocorra uma mastigação adequada, não ocorrerá uma mistura eficiente entre o alimento e a saliva; portanto, uma pequena quantidade de moléculas de amido sofrerá a hidrólise (reação de decomposição por ação da água).

Essa comparação entre o tamanho dos pedaços de alimentos e o tamanho das partículas pode mostrar aos estudantes que, independentemente de o processo ser biológico ou químico, é uma ação que influencia a velocidade de uma transformação química. Ou seja, pedaços menores de alimento disponibilizam mais macromoléculas para interagir com a enzima e formar mais produtos (ou moléculas de amido menores); no caso da reação entre o zinco e o ácido clorídrico, o zinco em pó disponibiliza mais superfície de contato do que a lâmina para que ocorra sua interação com o ácido. Esse seria um exemplo de como você pode relacionar conhecimentos das áreas de Ciências da Natureza (Química e Biologia).

Cabe aqui um esclarecimento importante quanto à analogia utilizada para explicar o mecanismo da catálise. Apesar de o modelo "chave-fechadura" não ser mais aceito pela comunidade científica, ele continua sendo utilizado em livros didáticos. Destacamos que a principal limitação desse modelo é que ele simplifica as interações químicas entre substrato e enzima e o processo de catálise.

A teoria do encaixe induzido proposta por Daniel Koshland e colaboradores em 1958 tem sido utilizada para explicar os mecanismos de interação enzima-substrato em conjunto com outro modelo conhecido como modelo de seleção conformacional.

Recomendamos a leitura do artigo "Construção de Modelos 3-D impressos como estratégia para a aprendizagem do conceito de interação enzima-substrato", de Joyce F. A. e Keila B. K., disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333639242_Construcao_de_Modelos_3D_impressos_como_estrategia_para_a_aprendizagem_do_conceito_de_interacao_enzima-substrato>. Acesso em: 3 set. 2020.

MODERNA

Comunicando ideias (p. 152)

Para desenvolver essa seção, sugere-se dividir os estudantes em dois grupos. Considerando que a temática de estudo é a conservação dos alimentos, um deles ficará responsável por argumentar sobre os aspectos favoráveis e o outro sobre os aspectos desfavoráveis das questões que serão propostas na sequência. Em cada grupo, poderão ocorrer subdivisões e cada subgrupo ficará responsável por uma das questões. Para desenvolver a atividade, os subgrupos de um dos grupos deverão debater e argumentar com os outros. Isso poderá desenvolver a habilidade da argumentação, a capacidade de síntese, além de estimular os estudantes a construir elaborações justificadas pelos conhecimentos científicos da área de Ciências da Natureza.

Reelabore os questionamentos, mas sugerimos que você siga as temáticas das questões a seguir.

I. Apresente diferentes maneiras de conservação de alimentos utilizadas ao longo dos anos e justifique cada processo (grupo A – abordará a eficiência dos processos; grupo B – abordará os aspectos desfavoráveis e a necessidade de buscar processos mais eficazes).

II. Papel dos conservantes identificados nos rótulos de alimentos industrializados (grupo A – defesa de uso de conservantes; grupo B – não defesa do uso de conservantes). Para essa questão, será necessário um levantamento sobre quais conservantes estão presentes nos alimentos.

No final da atividade, explique sobre as principais maneiras de conservação de alimentos nos dias atuais e o papel dos conservantes nos produtos industrializados.

Para desenvolver a competência geral 10 da BNCC, é possível pedir aos estudantes que busquem dados sobre a situação da fome no Brasil, ou mais precisamente onde vivem, e discutam esses dados em grupo propondo soluções criativas para ajudar essas pessoas, com empatia.

Após essas discussões, oriente os estudantes a produzir os materiais de divulgação sobre o tema, com a seleção dos conteúdos que eles consideraram mais interessantes, para a promoção da conscientização sobre a importância de reduzir o desperdício de alimentos no Brasil. Destaque que eles podem produzir materiais em diferentes formatos e, por isso, na elaboração do conteúdo, é importante considerar as características dos gêneros de texto e/ou discurso durante a produção dos materiais de divulgação, contribuindo, assim, para o desenvolvimento da competência geral 4 da BNCC.

Avaliação

O capítulo em questão apresenta uma gama enorme de problematizações com os estudantes. A avaliação pode envolver diversos aspectos. Para abarcar um número maior de habilidades, sugerimos que os estudantes sejam divididos em grupos e que seja aplicado um estudo de caso que envolva situações-problema sobre cinética química.

Segundo Sá e Queiroz (2009), para que um bom caso seja elaborado é preciso que siga algumas tarefas:

Tarefas do estudante	Tarefas do professor
– Identificar e definir o problema. – Acessar, avaliar e usar informações necessárias à resolução do problema. – Apresentar a solução do problema.	– Ajudar o estudante a analisar o problema, buscar informações sobre o assunto, considerar suas possíveis soluções. – Incentivar a reflexão sobre as consequências das decisões tomadas.

A classe pode ser dividida em grupos de 4 a 6 estudantes e o caso pode ser elaborado com foco no que o professor achar mais conveniente. Segundo Pazinato e Braibante (2014), a distinção entre um caso bom e um ruim se dá por:

Características de um estudo de caso "ruim"	Características de um estudo de caso "bom"
– Apresentar apenas a descrição dos fatos; – Apresentar uma história sem foco definido; – Não deixar claro o problema a ser discutido; – Não conter informações necessárias para o esclarecimento do caso; – Não mostrar o ambiente com o qual o assunto ou a organização estão envolvidos; – Ser longo.	– Abordar um assunto relevante, que desperte interesse e atual; – Possibilitar que haja empatia entre os estudantes e os personagens centrais; – Incluir declarações e comentários dos personagens; – Ser construído com objetivo didático claro; – Apresentar fatos claros, precisos, abrangentes e que contenham todos os dados que os estudantes possam precisar para tomar decisões; – Possibilitar a reflexão de situações usuais do mundo real; – Provocar um conflito (fatos controversos); – Ser curto.

O caso pode ser aplicado com o objetivo de promover competências e habilidades, como interpretação de textos, resolução de problemas e tomada de decisões, além de proporcionar a aplicação dos conceitos químicos em situações reais. De acordo com Sá e Queiroz (2009), para resolver o caso peça aos estudantes que:

– identifiquem e definam o problema;

– acessem, avaliem e usem informações necessárias à sua solução;

– apresentem a solução do problema.

Peça aos estudantes que registrem as reflexões durante todo o processo de solução do estudo de caso, elaborando um relatório. Ao final, as soluções elaboradas por cada grupo devem ser socializadas com a turma e discutidas.

Avalie os estudantes com base nos objetivos planejados para o trabalho com o estudo de caso. O relatório pode seguir o critério e a criatividade dos estudantes. Tenha em mente que eles precisam mencionar os fenômenos relatados no estudo de caso e os conceitos relacionados a eles.

Bibliografia complementar

- ALBUQUERQUE, M. V. *et al*. Educação alimentar: uma proposta de redução do consumo de aditivos alimentares. *Química Nova na Escola*, São Paulo/SP, v. 34, n. 2, p. 51-57, 2012.

  Esse artigo relata um trabalho que estuda a ingestão de aditivos alimentares na dieta de estudantes e propõe uma reeducação alimentar no sentido de diminuir o consumo de tais aditivos.
- MIRANDA, C. L.; PEREIRA, C. S.; MATIELLO, J. R.; REZENDE, D. B. Modelos didáticos e cinética química: considerações sobre o que se observou nos livros didáticos de Química indicados pelo PNLEM. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 3, p. 197-203, ago. 2015. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_3/07-EA-08-14.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

  Considerando a importância dos modelos e do papel do livro didático no ensino de Ciências Naturais, o artigo analisa os diversos modelos associados à cinética química presentes nos livros didáticos de Química selecionados pelo PNLEM/2012 - 2014.
- FATARELLI, I. F. C.; FERREIRA, L. N. A.; FERREIRA, J. Q.; QUEIROZ, S. L. Método cooperativo de aprendizagem *Jigsaw* no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, São Paulo/SP, v. 32, n. 3, p. 161-168, 2010. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_3/05-RSA-7309_novo.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

  O artigo descreve uma atividade com método cooperativo de *Jigsaw* no ensino de fatores que influenciam a velocidade das reações químicas.
- FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma aula sobre cinética química. *Ciência & Educação*, Bauru/SP, v. 23, n. 1, p. 29-50, mar. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132017000100029&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 ago. 2020.

  O artigo traça um estudo de analogias utilizadas em aulas com a temática de cinética química e analisa quais são as comparações feitas pelos professores.
- LIMA, J. F. L.; PINA, M. S. L.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFILI, Z. M. S. A contextualização no ensino de cinética química. *Química Nova na Escola*, São Paulo/SP, n. 11, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a06.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

  O artigo traz um relato de experiência sobre cinética química aplicada à conservação de alimentos, sugerindo práticas experimentais com materiais oriundos do cotidiano dos estudantes do Ensino Médio.
- MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*, São Paulo/SP, n. 7, p. 30-34, 1998.

  Esse artigo traz uma discussão sobre concepções alternativas de estudantes sobre calor e temperatura e indica atividades experimentais para corrigir tais concepções.
- PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, M. E. F. O estudo de caso como estratégia metodológica para o ensino de Química no nível médio. *Revista Ciências & Ideias*. ISSN: 2176-1477, v. 5, n. 2, p. 1-18, 2014.

  O artigo possui o objetivo de apresentar o caso "A saúde de Maria Eduarda" como uma estratégia de ensino da temática Alimentos para estudantes do Ensino Médio.
- PEREIRA, E. G. C.; SANTOS, T. C. Conservantes e saúde: percepções de alunos do Ensino Fundamental. *Enseñanza de las Ciencias*, n. extraordinário, p. 5.361-5.366, 2017.

  Esse artigo aborda uma proposta de atividade didática que propõe reflexões de estudantes do Ensino Fundamental sobre a temática de conservantes e como isso se aplica à vida prática.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. *Estudo de casos no ensino de Química*. Campinas: Átomo, 2009. 95 p.

  O livro traz reflexões teóricas e propostas pragmáticas sobre a importância do estudo de casos como estratégias de ensino e avaliação em Química e demais componentes curriculares.

MODERNA

Resoluções

Atividades (p. 131)

1. As quantidades de N_2 e H_2 diminuem. A quantidade de NH_3 aumenta.
2. **a)** 3 mol de N_2, 6 mol de H_2 e 0 mol de NH_3.
   b) Pela estequiometria da equação e pelo dado do enunciado, após um minuto foram formados 2 mol de NH_3. Portanto, foram consumidos 1 mol de N_2 e 3 mol de H_2.
   c) 2 mol de NH_3.
   d) Inicialmente, havia 3 mol de N_2, 6 mol de H_2 e 0 mol de NH_3; após um minuto, foram consumidos 1 mol de N_2 e 3 mol de H_2 e formados 2 mol de NH_3. Portanto, no balão, há 2 mol de N_2, 3 mol de H_2 e 2 mol de NH_3.
3. **a)** A proporção em mol da reação é 1 mol de N_2 : 3 mol de H_2 : 2 mol de NH_3. Se após dois minutos restou no balão 1,2 mol de N_2, isso significa que reagiu 0,8 mol de N_2. Portanto, foram consumidos 2,4 mol de H_2.
   b) 0,8 mol · 2 = 1,6 mol de NH_3.
   c) 1,2 mol de N_2, 0,6 mol de H_2 e 3,6 mol de NH_3.
4. Em relação a N_2: 1 mol de N_2/min; a H_2: 3 mol de H_2/min; e a NH_3: 2 mol de NH_3/min.
5. Em relação a N_2: 0,8 mol de N_2/min; a H_2: 2,4 mol de H_2/min; e a NH_3: 1,6 mol de NH_3/min.
6. Porque os coeficientes estequiométricos que indicam a proporção em mol dos participantes da reação são diferentes.
7. Diminuiu.
8.

	N_2O_5	→	$2\,NO_2$	+ $\frac{1}{2}\,O_2$
$t = 0$	1,40 mol L^{-1}	-	0	0
reagiu	0,32 mol L^{-1}	formando	0,64 mol L^{-1}	0,16 mol L^{-1}
$t = 1$ h	1,08 mol L^{-1}	-	0,64 mol L^{-1}	0,16 mol L^{-1}
reagiu	0,28 mol L^{-1}	formando	0,56 mol L^{-1}	0,14 mol L^{-1}
$t = 2$ h	0,80 mol L^{-1}	-	1,20 mol L^{-1}	0,30 mol L^{-1}

9. $v_m = \dfrac{|\text{quantidade de matéria final} - \text{quantidade de matéria inicial}|}{\text{intervalo de tempo}}$

   Intervalo de 0 h-1 h:
   Para N_2O_5, $v_m = 0{,}32$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para NO_2, $v_m = 0{,}64$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para O_2, $v_m = 0{,}16$ mol L^{-1} h^{-1}

   Intervalo de 1 h-2 h:
   Para N_2O_5, $v_m = 0{,}28$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para NO_2, $v_m = 0{,}56$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para O_2, $v_m = 0{,}14$ mol L^{-1} h^{-1}

   Intervalo de 0 h-9 h:
   Para N_2O_5, $v_m = 0{,}144$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para NO_2, $v_m = 0{,}29$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para O_2, $v_m = 0{,}07$ mol L^{-1} h^{-1}
10. As velocidades em relação aos diversos reagentes são proporcionais aos coeficientes da equação, independentemente do intervalo de tempo.

ATIVIDADE PRÁTICA (p. 132)

1. O triturado.
2. A variável, isto é, o fator que diferencia os dois procedimentos, é a superfície de contato do comprimido com água.

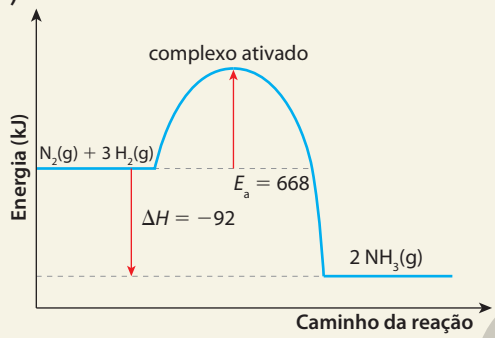
MODERNA

3. Resposta pessoal. O reagente que constitui o comprimido triturado está mais "exposto" à água do que o comprimido inteiro, apresentando maior área de contato com a água, o que permite que a reação aconteça com maior velocidade.
4. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes respondam que, no recipiente onde há água quente, observa-se um número maior de bolhas formadas e o consumo mais rápido do comprimido do que no recipiente com água gelada.
5. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes notem que apenas a temperatura de um dos reagentes (a água) diferencia um processo do outro.

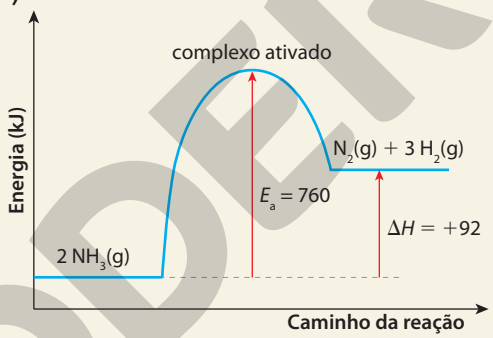
Atividades

(p. 136)

1. a) A temperatura do *freezer* é mais baixa que a do congelador e muito mais baixa que 20 °C. Portanto, as velocidades de transformação que ocasionariam a deterioração do alimento no *freezer* são muito menores, o que conserva o alimento por mais tempo.
   b) Sob pressão, a água entra em ebulição a uma temperatura maior. Por isso, na panela de pressão, o tempo de cozimento dos alimentos é menor, tendo em vista que a energia cinética das moléculas no interior da panela aumenta, o que acarreta o aumento das velocidades de reação envolvidas no cozimento dos alimentos.
2. Porque, à medida que o tempo passa, a concentração do reagente (N_2O_5) diminui. Como geralmente a velocidade de reação depende da concentração, ocorre decréscimo da velocidade.
3. a)



b)



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

   c) A decomposição de NH_3, que é endotérmica.
   d) A síntese de NH_3, cuja energia de ativação é mais baixa que a de decomposição.
4. Não. Para que um choque entre duas moléculas reagentes resulte em produto, é necessário que algumas condições sejam satisfeitas, entre elas a disposição espacial das moléculas ao se chocarem.
5. Nas minas de carvão, o gás metano é um componente da atmosfera interna e, segundo o enunciado, é comum ocorrerem explosões e desmoronamentos por conta de sua combustão. Isso indica que o número de colisões eficazes deve ser elevado. Dois fatores contribuem para isso: a concentração elevada de gás metano, o que aumenta a probabilidade de choques, e a temperatura relativamente elevada, o que explica a maior energia cinética média das moléculas.

Interligações

(p. 137)

1. Ectotérmico. O radical *ecto* tem origem grega e significa "de fora". Assim, ectotérmicos são animais cuja temperatura corpórea varia de acordo com a do ambiente. Os ectotérmicos são conhecidos como animais de sangue frio.
2. Os animais do grupo A, de modo geral, têm temperatura menor que a nossa porque, em média, a temperatura do ambiente é menor que a de nosso organismo. Isso explica a sensação de frio ao encostarmos em um deles, uma vez que ocorre transferência de energia na forma de calor do nosso corpo para o animal.
3. Resposta pessoal. A temperatura dos jacarés e dos crocodilos se equipara à do ambiente; em dias de temperatura mais baixa, as reações no organismo de jacarés e crocodilos ocorrem com velocidade menor, por isso todas as reações fisiológicas desses animais são mais lentas.

MODERNA

Atividades

(p. 139)

1. Sugerimos auxiliar os estudantes na montagem do gráfico, aproveitando a oportunidade para verificar se eles dominam essa habilidade. O gráfico construído pelos estudantes deverá ter o aspecto representado a seguir.

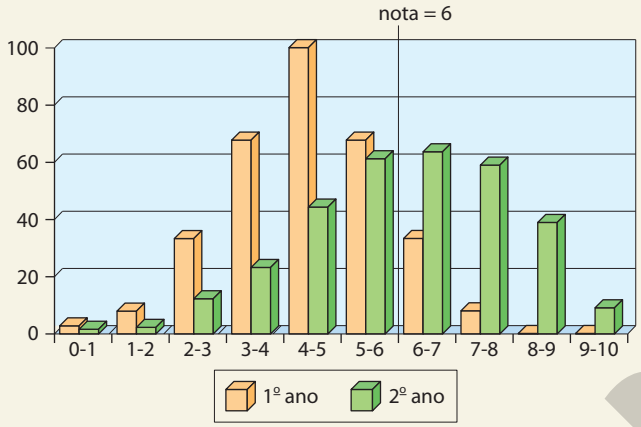


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

2. Pode-se perceber que o rendimento médio aumentou do grupo do 1º ano para o do 2º ano.
3. A curva do 2º ano possui aspecto mais achatado que a do 1º ano pelo fato de a área determinada pelos pontos do gráfico de ambas as curvas ser a mesma (o número de alunos e o intervalo de notas — 0 a 10 — são idênticos), havendo, no caso do 2º ano, maior número de notas mais altas, inclusive com melhor distribuição em relação à curva do 1º ano. Além disso, no 2º ano, há alunos distribuídos por todas as faixas de notas. O deslocamento da curva se deu para o lado direito.
4. Porque a área total determinada pelo produto número de alunos com certa nota *versus* a nota não muda, uma vez que o total de alunos da classe é o mesmo e o intervalo de notas — de 0 a 10 — também.
5. Considerando a linha que indica a nota igual a 6,0, pode-se perceber que a soma do número de alunos à direita dessa linha é maior para o 2º ano que para o 1º ano.

Atividades

(p. 140)

1. Gás oxigênio (O_2).
2. Porque pode não haver número de moléculas suficiente para ocorrerem colisões eficazes entre as moléculas de oxigênio e as do combustível, isto é, essas moléculas não se chocariam com energia maior que a energia de ativação necessária para que ocorra a transformação química.
3. Esses agentes físicos aumentam a energia cinética média das moléculas do combustível e do oxigênio, isto é, fornecem energia ao sistema para que seja atingida a energia de ativação e para que a reação tenha início.
4. Em certos lugares de um hospital, a concentração do O_2 no ar fica maior que o usual no ar atmosférico, porque parte do gás oxigênio administrado a pacientes se difunde no ambiente. Isso explica por que a velocidade de combustão também fica maior nesse ambiente, o que eleva os riscos de incêndio, exigindo maiores cuidados com a segurança.

Atividades

(p. 145)

1. $v = k \cdot [NO]^2 \cdot [Cl_2]$
2. Porque as substâncias reagentes são moleculares e não são boas condutoras de corrente elétrica, enquanto entre os produtos formam-se íons em solução aquosa que são condutores de eletricidade. Como a condutividade aumenta com a concentração de íons em solução à medida que a reação se processa, há um aumento de condutividade, tendo em vista o aumento da concentração de íons (H^+ e I^-). Com base na medida periódica da condutividade, como ela tem relação com o aumento da concentração de produtos, pode-se relacioná-la à velocidade da reação.

MODERNA

Interligações (p. 150)

1.

Enzima	Função
Amilase	Catalisadoras da hidrólise da amilopectina, da amilose e do glicogênio em maltose e dextrinas.
Lipase	Rompimento das ligações químicas das moléculas de gordura.
Desidrogenase	Catalisadoras da transferência de íons de hidrogênio e pares de elétrons.
Pepsina	Degradação de proteínas em moléculas menores.
Urease	Atua na degradação da ureia.

Atividades (p. 151)

1. Luz e calor podem acelerar uma reação química na medida em que aumentam a velocidade média das moléculas, provocando maior número de colisões moleculares. No entanto, não são catalisadores. Apenas substâncias que são adicionadas ao sistema e aceleram a reação por interferir no mecanismo pelo qual ela se processa, diminuindo a energia de ativação, são catalisadores.
2. **a)** Exotérmica, porque a energia dos produtos é menor que a dos reagentes.
   b) $\Delta H = 0\ kJ - 25\ kJ = -25\ kJ$
   c) $34\ kJ - 25\ kJ = 9\ kJ$. É possível que alguns estudantes cheguem a respostas diferentes, como 10 kJ, se eles assumirem que o ponto máximo corresponde a 35 kJ.
   d) $30\ kJ - 25\ kJ = 5\ kJ$
   e) $10\ kJ - 5\ kJ = 5\ kJ$
3. **a)** $\Delta H = 25\ kJ - 0\ kJ = +25\ kJ$
   b) Endotérmico, porque a energia dos produtos é maior que a dos reagentes.
   c) $34\ kJ - 0\ kJ = 34\ kJ$. É possível que alguns estudantes cheguem a respostas diferentes, como 35 kJ, se eles assumirem que o ponto máximo corresponde a 35 kJ.
   d) $30\ kJ - 0\ kJ = 30\ kJ$
   e) $\Delta H = 35\ kJ - 30\ kJ = 5\ kJ$
4. Não, porque o acréscimo de catalisador tem como função diminuir a energia de ativação do complexo ativado, que é o mesmo para ambas as reações, a direta e a inversa.
5. Quando se acrescenta água ao medicamento em pó, aumenta-se a superfície de exposição do medicamento ao ambiente, por isso é preferível guardá-lo em geladeira, pois, assim, baixa-se sua temperatura, garantindo que ele dure o tempo necessário ao tratamento. De qualquer modo, após esse período, ele terá de ser inutilizado, enquanto os comprimidos, cuja superfície de exposição ao ambiente é menor, correm menos risco de se alterar em contato com o ar.
6. Os amaciantes, como o suco de abacaxi, contêm enzimas. Elas aceleram o processo de transformação das proteínas contidas na carne – que possuem longas moléculas com átomos de carbono interligados (cadeias) – em substâncias cujas moléculas têm cadeia bem menor, tornando a carne mais macia.

Comunicando ideias (p. 152)

1. Resposta variável. Consulte as orientações nas *Sugestões metodológicas*.

ATIVIDADES FINAIS (p. 152)

1. **a)** Resposta pessoal. Sugerimos identificar os sentimentos desencadeados por essa leitura. É importante que os estudantes percebam que em um intervalo de mais de duas décadas as condições de trabalho de inúmeros carvoeiros permanecem inaceitáveis, considerando as normas estabelecidas pela Organização Internacional do Trabalho (OIT). Esses trabalhadores estão expostos a substâncias tóxicas e a outras condições de insalubridade.

MODERNA

b) Trabalhadores expostos à fumaça apresentam problemas respiratórios mais frequentemente do que indivíduos que não inalam essa fumaça. Os estudantes podem relatar tosse, catarro, chiado na respiração, dispneia, sibilância e pneumoconiose. Para a pesquisa, podem ser sugeridos os *sites* da Fundacentro (Ministério do Trabalho), de Pneumologia e de ONGs ambientais.

2. Alternativa **d**. A partir dos dados da tabela, podemos calcular o k da equação de velocidade:

$v = k \cdot [A]^2 \cdot [B]$

$3{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{mol L}^{-1}\ \text{min}^{-1} = k \cdot (0{,}01\ \text{mol L}^{-1})^2 \cdot (0{,}01\ \text{mol L}^{-1})$

$k = 30\ \text{L}^2\ \text{mol}^{-2}\ \text{min}^{-1}$

Utilizando o valor de k, podemos calcular o valor de x e y:

$x = 30\ \text{L}^2\ \text{mol}^{-2}\ \text{min}^{-1} \cdot (0{,}02\ \text{mol L}^{-1})^2 \cdot (0{,}01\ \text{mol L}^{-1})$

$x = 12 \cdot 10^{-5}\ \text{mol L}^{-1}\ \text{min}^{-1}$

$y = 30\ \text{L}^2\ \text{mol}^{-2}\ \text{min}^{-1} \cdot (0{,}02\ \text{mol L}^{-1})^2 \cdot (0{,}02\ \text{mol L}^{-1})$

$y = 24 \cdot 10^{-5}\ \text{mol L}^{-1}\ \text{min}^{-1}$

3. Alternativa **e**. Pela análise do gráfico, nota-se que no instante inicial (t = 0) havia somente uma única substância no sistema, o limoneno, que é consumido no decorrer da reação (curva decrescente do gráfico), ou seja, ele é o reagente do processo. Pode-se perceber também que, no final da reação (t = 20 min), o único produto obtido é o *p*-cimeno, formado ao longo do processo (curva crescente). Já o α-terpineno inicialmente não estava presente, foi produzido e consumido ao longo da reação, fazendo dele um intermediário.

4. Alternativa **b**. Considerando os dados dos experimentos 1 e 2 e a lei da velocidade:

$v = k \cdot [NO_2]^x \cdot [F_2]^y$:

Experimento 1

$v = k \cdot [NO_2]^x \cdot [F_2]^y$

$2 \cdot 10^{-4} = k \cdot [5 \cdot 10^{-3}]^x \cdot [10^{-3}]^y$

Experimento 2

$v = k \cdot [NO_2]^x \cdot [F_2]^y$

$8 \cdot 10^{-4} = k \cdot [10^{-2}]^x \cdot [2 \cdot 10^{-3}]^y$

Dividindo o experimento 2 por 1:

$$\frac{8 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} = \frac{k \cdot [10^{-2}]^x \cdot [2 \cdot 10^{-3}]^y}{k \cdot [5 \cdot 10^{-3}]^x \cdot [10^{-3}]^y}$$

$4 = 2^x \cdot 2^y$

$2^2 = 2^{(x + y)}$

Comparando as alternativas, a única que satisfaz a igualdade ($x + y = 2$) é:

$v = k \cdot [NO_2] \cdot [F_2]$

5. a) De acordo com o gráfico, utilizaram-se 25 gramas de glicose para obter 9 litros de H_2.

$$n_{\text{glicose}} = \frac{25\ \text{g}}{180\ \text{g mol}^{-1}} \simeq 0{,}14\ \text{mol}$$

$$n_{H_2} = \frac{9\ \text{L}}{25\ \text{L mol}^{-1}} = 0{,}36\ \text{mol}$$

Considerando as equações químicas, tem-se que a proporção de glicose, ácido etanoico (ou ácido butanoico) e hidrogênio é:

$$\begin{array}{ccccc} C_6H_{12}O_6 & \longrightarrow & 2\ CH_3COOH & + & 4\ H_2 + 2\ CO_2 \\ 1 & & 2 & & 4 \\ n & & 2n & & 4n \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccc} C_6H_{12}O_6 & \longrightarrow & C_3H_7COOH & + & 2\ H_2 + 2\ CO_2 \\ 1 & & 1 & & 2 \\ 0{,}14\ \text{mol} - n & & 0{,}14\ \text{mol} - n & & 2 \cdot (0{,}14\ \text{mol} - n) \end{array}$$

Assim, a quantidade produzida de H_2 é:

$\{4n + [2 \cdot (0{,}14\ \text{mol} - n)]\} = 0{,}36\ \text{mol}$

$n = 0{,}04\ \text{mol}$

Pela estequiometria das equações, formaram-se $2n$ mol de ácido etanoico ($2 \cdot 0{,}04\ \text{mol} = 0{,}08\ \text{mol}$) e $0{,}14\ \text{mol} - n$ mol de ácido butanoico ($0{,}14\ \text{mol} - 0{,}04\ \text{mol} = 0{,}10\ \text{mol}$). Portanto, formou-se mais ácido butanoico.

b) Quanto maior a inclinação da reta tangente à curva no gráfico, maior será a velocidade instantânea. Pelo gráfico, a curva atinge a inclinação máxima após 30 horas de fermentação.

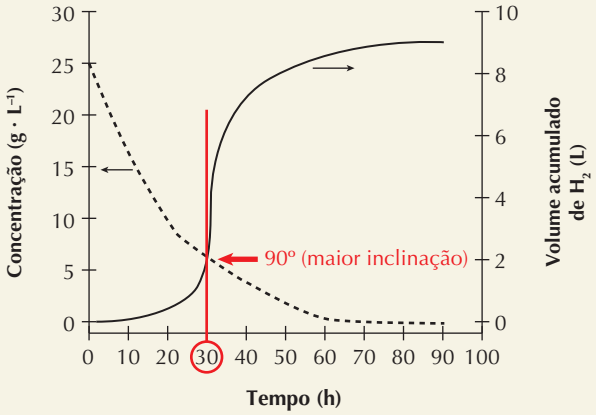


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

PONTO FINAL

Na atividade final deste volume, os estudantes são convidados a refletir sobre o desenvolvimento industrial e tecnológico ocorrido nas últimas décadas e avaliar os efeitos da ação humana sobre o ambiente.

Como era o dia a dia das pessoas antes da oferta de computadores pessoais, celulares e internet? O que existia para dar conta das utilidades atuais dos plásticos? De que modo a rápida e recente evolução industrial e tecnológica interferiu no modo de vida das pessoas e como isso hoje nos obriga a refletir sobre questões de preservação ambiental? Essas são algumas das questões cujas respostas poderão ser buscadas e debatidas em conjunto pelos estudantes.

Espera-se que eles consigam avaliar a rapidez da evolução dos equipamentos eletrônicos e como isso, de certa forma, precisa estar atrelado à maior atenção para a finalidade que é dada atualmente aos equipamentos considerados obsoletos. Nesse sentido, o caso do plástico é emblemático, uma vez que, embora a preocupação com os resíduos não seja recente, o crescimento decorrente da utilização do plástico em vários setores da indústria trouxe sérios problemas ambientais, como poderão observar nos vídeos sugeridos.

Desenvolvimento do trabalho

A proposta foi planejada para ser realizada em duas etapas, organizadas de acordo com o tipo de agrupamento dos estudantes e as características da proposta. A primeira etapa estimula os estudantes a refletir sobre questões que buscam identificar conhecimentos prévios, além de sensibilizá-los quanto aos temas que serão pesquisados. Sugere-se que a condução do trabalho nessa etapa ocorra de modo livre, incentivando os estudantes a relatarem suas práticas e as de seus familiares. A oportunidade para questionamentos e críticas surgirá na etapa seguinte, durante os trabalhos de pesquisa em grupo.

Para se aprofundar nos temas que serão abordados na atividade e ampliar a exploração de dúvidas e questionamentos dos estudantes, consulte as indicações a seguir.

- Lixo eletrônico – uso e descarte. Uma proposta de intervenção em uma Escola Pública de Vitória (ES). Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4377/2943>. Acesso em: 10 set. 2020.

O artigo faz uma análise do descarte de lixo eletrônico e apresenta uma proposta de trabalho que, apesar de inicialmente pensada para estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental, pode ser adaptada para o Ensino Médio.

- O plástico está cobrindo e destruindo nosso planeta. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/186-noticias/noticias-2017/568748-documentario-o-plastico-esta-cobrindo-e-destruindo-nosso-planeta>. Acesso em: 10 set. 2020.

MODERNA

Essa página traz um vídeo de aproximadamente 7 minutos, produzido pela Organização das Nações Unidas, que descreve a grave situação causada pelo descarte inadequado de plásticos e como isso está impactando o ambiente marinho. Se possível, assista ao vídeo com os estudantes.

Se julgar conveniente, assista com os estudantes ao vídeo sugerido na atividade 2. Eles poderão observar as transformações pelas quais passaram diversos itens de estudo e trabalho ao longo do tempo. Espera-se que a troca de observações estimule a compreensão a respeito da rapidez com que a evolução tecnológica ocorre.

Na execução da atividade 3, dedicada à pesquisa propriamente dita, é desejável que os estudantes tenham acesso à internet para consultar outros *links* para vídeos e textos sobre o tema:

- <http://www.evolucaotecnologica.com.br/?p=82>
  Histórico da evolução dos equipamentos de armazenagem de dados.
- <https://www.bbc.com/portuguese/geral-44502689>
  Histórico da descoberta e da evolução do uso industrial, comercial e residencial de artigos de plásticos.
- <https://www.showmetech.com.br/historia-das-midias-por-quanto-tempo-seus-arquivos-estarao-a-salvo/>

Rápido histórico sobre diversas mídias de armazenagem de informações, passando pelo vinil e pela fita cassete.

- <https://www.inovarambiental.com.br/perigo-do-descarte-irregular-de-lixo-eletronico/>
  Análise das consequências para o ambiente do descarte irregular de equipamentos eletrônicos.
- <https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lixo-eletronico-conheca-importancia-de-descartar-corretamente/>
  Texto sobre a importância do descarte correto do lixo eletrônico.

Acessos em: 10 set. 2020.

Produto final

Oriente os estudantes nas apresentações. Estimule-os a não só apontar os problemas atuais advindos do descarte inadequado do lixo eletrônico e dos plásticos, mas também avaliar propostas de intervenção que busquem o não agravamento e a diminuição desses problemas. É importante reforçar que as atividades propostas contemplam um percurso de análise do passado e do presente e visam resolver problemas que, embora atuais, afetam o nosso futuro.

Incentive os estudantes a produzir apresentações que possam ser disponibilizadas de diferentes formas (panfleto digital, vídeo, painel, jornal, *performance*, *podcast* etc.) e também contribuam para a formação de estudantes mais jovens e da comunidade escolar.

MODERNA

MIGUEL THOMPSON
Doutor em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Ciências (Biologia) pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Professor.

ELOCI PERES RIOS
Doutora em Ciências (Área de concentração: Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Mestra em Ciências (Oceanografia Biológica) pela Universidade de São Paulo. Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professora.

WALTER SPINELLI
Doutor em Educação (Área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Educação (Área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo. Professor.

HUGO REIS
Doutor em Ciências (Área de concentração: Física de Partículas Elementares) pela Universidade de São Paulo. Mestre em Ciências (Área de concentração: Física de Partículas Elementares) pela Universidade de São Paulo. Bacharel em Física pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professor.

BLAIDI SANT'ANNA
Licenciado em Física pela Universidade de São Paulo. Diretor, coordenador pedagógico e professor.

VERA LÚCIA DUARTE DE NOVAIS
Mestre em Educação (Área de concentração: Currículo) pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Bacharela e licenciada em Química pela Universidade de São Paulo. Professora.

MURILO TISSONI ANTUNES
Licenciado em Química pela Universidade de São Paulo. Professor.

CONEXÕES

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Universo, materiais e evolução

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

MODERNA

Coordenação geral: Maria do Carmo Fernandes Branco
Edição executiva: Glaucia Teixeira, Rita Helena Bröckelmann
Edição: Thiago Macedo de Abreu Hortêncio, Daniel Hohl, Luiz Alberto de Paula, Kátia Paulilo Mantovani, Juliana Albuquerque, Ana Carolina de Almeida Yamamoto, Lara Vieira Leite, Paula Hirata
Preparação: Vero Verbo Serviços Editoriais
Assistência editorial: Elizangela Gomes Marques
Gerência de *design* e produção gráfica: Everson de Paula
Coordenação de produção: Patricia Costa
Suporte administrativo editorial: Maria de Lourdes Rodrigues
Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite
Projeto gráfico: Bruno Tonel
Capa: Daniela Cunha
Ilustrações: Otávio dos Santos, Daniela Cunha
IhorZigor/Shutterstock; Sazhnieva Oksana/Shutterstock; A-spring/Shutterstock
Coordenação de arte: Aderson Oliveira, Wilson Gazzoni
Edição de arte: Marcel Hideki Yonamine, Eliazar Alves Cavalcanti Junior, Nilza Shizue Yoshida
Editoração eletrônica: Grapho Editoração
Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo
Coordenação de revisão: Camila Christi Gazzani, Elaine Cristina del Nero, Maristela S. Carrasco
Revisão: Ana Maria Marson, Márcio Della Rosa, Nilce Xavier, Salvine Maciel, Palavra Certa, Renato Bacci
Coordenação de pesquisa iconográfica: Sônia Oddi, Luciano Baneza Gabarron
Pesquisa iconográfica: Fabiana Nogueira, Enio Lopes, Vanessa Trindade, Márcia Mendonça, Camila D'Angelo, Renata Martins
Suporte administrativo editorial: Flávia Bosqueiro
Coordenação de *bureau*: Rubens M. Rodrigues
Tratamento de imagens: Joel Aparecido, Luiz Carlos Costa, Marina M. Buzzinaro
Pré-impressão: Alexandre Petreca, Everton L. de Oliveira, Marcio H. Kamoto, Vitória Sousa
Coordenação de produção industrial: Wendell Monteiro
Impressão e acabamento:

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

Conexões : ciências da natureza e suas tecnologias / Miguel Thompson ... [et al.]. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Outros autores: Eloci Peres Rios, Walter Spinelli, Hugo Reis, Blaidi Sant'Anna, Vera Lúcia Duarte de Novais, Murilo Tissoni Antunes
Área do conhecimento: Ciências da natureza e suas tecnologias
Obra em 6 vol.
Conteúdo: Matéria e energia -- Energia e ambiente -- Saúde e tecnologia -- Conservação e transformação -- Terra e equilíbrios -- Universo, materiais e evolução

1. Biologia (Ensino médio) 2. Ciências (Ensino médio) 3. Física (Ensino médio) 4. Química (Ensino médio) I. Thompson, Miguel. II. Rios, Eloci Peres. III. Spinelli, Walter. IV. Reis, Hugo. V. Sant'Anna, Blaidi. VI. Novais, Vera Lúcia Duarte de. VII. Antunes, Murilo Tissoni

20-39324 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

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

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Todos os direitos reservados

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

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

APRESENTAÇÃO

A Ciência é uma poderosa ferramenta de análise da realidade. A partir das Ciências Naturais, é possível compreender os fenômenos da natureza e desenvolver tecnologias que contribuam para o bem-estar humano e que possam colaborar para um convívio harmônico entre nossa espécie e o planeta.

Desenvolvido de maneira fragmentada, porém, o conhecimento científico também pode ampliar diferenças sociais e até acelerar o processo de degradação do ambiente decorrente das ações humanas. Nesse sentido, desenvolver uma visão de área, conectando diferentes saberes científicos em torno dos desafios contemporâneos, contribui decisivamente para nossa formação integral.

Ao construir esta coleção, escolhemos eixos integradores capazes de agregar conceitos das diferentes áreas que compõem as Ciências da Natureza e suas Tecnologias (a Biologia, a Física e a Química) e de educar nosso olhar para entendermos a complexidade do mundo de hoje. Ideias estruturantes como Matéria, Energia, Ambiente, Saúde, Tecnologia e Evolução, entre outras, conduziram nosso trabalho, capítulo a capítulo, de maneira a facilitar o desenvolvimento de uma visão abrangente e crítica, apontando novas possibilidades educativas para conceitos tradicionalmente desenvolvidos de maneira isolada.

Dessa forma, entendemos que poderemos contribuir para a formação de indivíduos e de uma sociedade mais aberta, ética e consciente em busca de um entendimento maior do incrível mundo que nos cerca.

Bom trabalho!

Autores

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

CONHEÇA SEU LIVRO

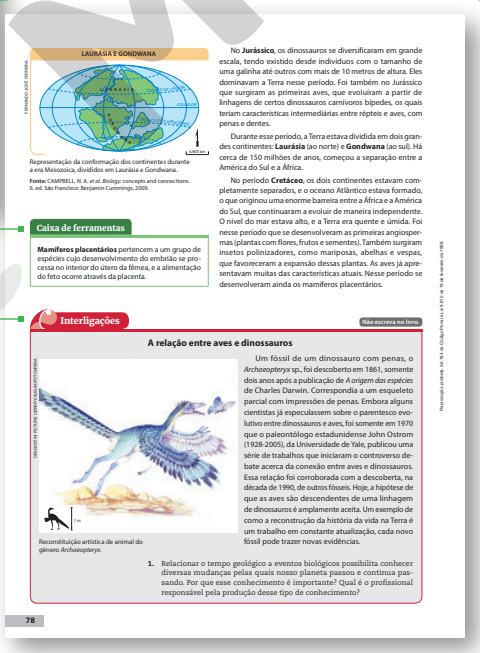
Videotutorial
- Assista ao videotutorial de apresentação do volume.

Ponto de partida
Envolve as três disciplinas e instiga os estudantes para o estudo do volume e suas temáticas.

CAPÍTULO 4
À luz das estrelas
As imagens de corpos celestes nos impressionam e fazem com que questionemos nosso papel nesse imenso Universo. Da esquerda para a direita e de cima para baixo: planeta Saturno a partir do Telescópio Espacial Hubble, a galáxia espiral de Andrômeda, a imagem da nebulosa Bhélix obtida pelo Telescópio Espacial Spitzer e uma estrela de nêutrons.
Para começo de conversa
Quando vemos algumas imagens de planetas, estrelas e galáxias, obtidas por meio de telescópios e satélites, sempre ficamos maravilhados. É comum, com esse encantamento, que nos ocorram questões filosóficas a respeito de nosso papel no Universo e sobre a possibilidade de existir vida em outros mundos.
Você já se perguntou se o Universo teve um início? E um fim? Você sabe de onde vêm os elementos químicos? Ou o que é radiação cósmica de fundo? Essas e muitas outras questões fazem parte deste capítulo.
Antes de começarmos, reflita sobre as seguintes questões:
O Universo sempre foi como é hoje, ou teve um início?
O que é a teoria do *Big Bang*?
O que é a radiação cósmica de fundo?
Como surgiram os elementos químicos no Universo?
Existem outras maneiras de observar o Universo que não seja através da luz visível?
Para dar uma "luz" a essas questões, neste capítulo estudaremos conceitos relacionados à Cosmologia e à Astronomia. Para isso, precisamos compreender um pouco mais sobre o efeito Doppler que ocorre para a luz; por meio dele vamos aprender conceitos fascinantes sobre a evolução do Universo. Vamos começar?
97

Atividades
Sequência de atividades ao longo do capítulo, que podem ser de aplicação mais direta de conceitos ou de questões abertas e dissertativas.

Para começo de conversa
Imagem e questão(ões) contextualizadora(s) sobre um problema apresentado. Podem ser questões de levantamento de conhecimento prévio ou de hipóteses.


LAURÁSIA E GONDWANA
Representação da conformação dos continentes durante a era Mesozoica, divididos em Laurásia e Gondwana.
Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biology*: concepts and connections. 6. ed. São Francisco: Benjamin Cummings, 2009.
No **Jurássico**, os dinossauros se diversificaram em grande escala, tendo existido desde indivíduos com o tamanho de uma galinha até outros com mais de 10 metros de altura. Eles dominavam a Terra nesse período. Foi também no Jurássico que surgiram as primeiras aves, que evoluíram a partir de linhagens de certos dinossauros carnívoros bípedes, os quais teriam características intermediárias entre répteis e aves, com penas e dentes.
Durante esse período, a Terra estava dividida em dois grandes continentes: **Laurásia** (ao norte) e **Gondwana** (ao sul). Há cerca de 150 milhões de anos, começou a separação entre a América do Sul e a África.
No período **Cretáceo**, os dois continentes estavam completamente separados, e o oceano Atlântico estava formado, o que originou uma enorme barreira entre a África e a América do Sul, que continuaram a evoluir de maneira independente. O nível do mar estava alto, e a Terra era quente e úmida. Foi nesse período que se desenvolveram as primeiras angiospermas (plantas com flores, frutos e sementes). Também surgiram insetos polinizadores, como mariposas, abelhas e vespas, que favoreceram a expansão dessas plantas. As aves já apresentavam muitas das características atuais. Nesse período se desenvolveram ainda os mamíferos placentários.
Caixa de ferramentas
Mamíferos placentários pertencem a um grupo de espécies cujo desenvolvimento do embrião se processa no interior do útero da fêmea, e a alimentação do feto ocorre através da placenta.
Interligações
Não escreva no livro.
A relação entre aves e dinossauros
Um fóssil de um dinossauro com penas, o *Archaeopteryx* sp., foi descoberto em 1861, somente dois anos após a publicação de *A origem das espécies* de Charles Darwin. Corresponsável a um esqueleto parcial com impressões de penas. Embora alguns cientistas já especulassem sobre o parentesco evolutivo entre dinossauros e aves, foi somente em 1970 que o paleontólogo estadunidense John Ostrom (1928-2005), da Universidade de Yale, publicou uma série de trabalhos que iniciaram o controverso debate acerca da conexão entre aves e dinossauros. Essa relação foi corroborada com a descoberta, na década de 1990, de outros fósseis. Hoje, a hipótese de que as aves são descendentes de uma linhagem de dinossauros é amplamente aceita. Um exemplo de como a reconstrução da história da vida na Terra é um trabalho em constante atualização, cada novo fóssil pode trazer novas evidências.
Reconstituição artística de animal do gênero *Archaeopteryx*.
1. Relacionar o tempo geológico a eventos biológicos possibilita conhecer diversas mudanças pelas quais nosso planeta passou e continua passando. Por que esse conhecimento é importante? Qual é o profissional responsável pela produção desse tipo de conhecimento?
78

Caixa de ferramentas
Explicação de alguns termos ou conceitos essenciais para a compreensão do texto.

Interligações
Apresenta texto e atividades como uma oportunidade de relacionar o conteúdo do capítulo com situações cotidianas ou outras áreas do conhecimento.

No **Quaternário**, ocorreram profundas mudanças climáticas que deram origem às glaciações, as quais afetaram especialmente as zonas polares e temperadas. As grandes massas de gelo se expandiram do Ártico à Antártida, cobrindo extensas regiões da Europa, Ásia e América. A última glaciação terminou há apenas 11 mil anos. Ao final desse período, o planeta adquiriu o aspecto que conhecemos hoje. As geleiras desapareceram; atualmente só se encontram nas montanhas e nas calotas polares.
Os ecossistemas foram afetados por essas mudanças climáticas; nas épocas glaciares predominaram vegetações similares às tundras atuais, e nos períodos mais quentes abundaram, por exemplo, os bosques de coníferas e carvalhos. Desapareceram os mamíferos de grande porte, e o *Homo sapiens* moderno se dispersou pelo planeta, estabelecendo-se a civilização humana. Vastas extensões de florestas desapareceram, e houve outra grande extinção de espécies.
Megafauna sul-americana
Há cerca de 10 mil anos, durante o período Neogeno, na América do Sul, viviam mamíferos de proporções muito maiores que as dos atuais. Entre eles, existiam tatus e preguiças-gigantes, que podiam atingir até 6 metros de comprimento e com mais de 2 toneladas de massa corpórea. Também habitaram a América do Sul durante esse período o tigre-dentes-de-sabre e o mastodonte (semelhante a um elefante). Fósseis desses animais já foram encontrados no Brasil e em outros países do continente.
Esses animais foram extintos há cerca de 10 mil ou 5 mil anos, provavelmente em decorrência de mudanças climáticas ocorridas em nosso continente.
Réplicas de uma preguiça-gigante (gênero *Megatherium*) e de um tigre-dentes-de-sabre (gênero *Smilodon*). (Museu Nacional, Rio de Janeiro, RJ, 2017.)
Atividades
Não escreva no livro.
1. Observe a charge da página 80 e explique por que o ser humano ilustrado não pode ser atacado pelos dinossauros.
2. Há um famoso filme de ficção sobre dinossauros, *Jurassic Park: parque dos dinossauros*. Explique o título do filme, com base no que você aprendeu sobre as eras e os períodos geológicos.
Comunicando ideias
Não escreva no livro.
Ao longo deste capítulo, vimos várias reconstituições artísticas dos ambientes das eras e períodos mais antigos, além de animais já extintos. Como você acha que essas reconstituições são feitas? Você as considera importantes cientificamente? Que profissionais devem atuar nesse trabalho?
81

Comunicando ideias
Atividade que envolve o desenvolvimento de habilidades relacionadas à comunicação de conteúdos científicos, em suas várias formas, dirigida a diversos públicos e em vários meios.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Fique por dentro
Traz indicações de *sites*, livros, revistas e artigos, além de sugestões de vivências em ambientes fora da escola.

Atividades finais
Conjunto de atividades e problemas sobre o conteúdo do capítulo, com aplicação dos conceitos ou sua mobilização em novas situações, dando continuidade às atividades presentes ao longo do tópico.

Fique por dentro

Internet

Consumo sustentável
<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>
Manual do Ministério do Meio Ambiente sobre consumo sustentável.

PNUD
<http://www.br.undp.org/>
Site do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, com notícias sobre projetos brasileiros que visam ao desenvolvimento humano e sustentável.

Acessos em: 10 abr. 2021.

Filmes

Oceanos de plástico. Direção: Craig Leeson, Hong Kong, 2016. (102 min.)
Documentário filmado em diversas localidades, aborda as consequências da poluição plástica para os ecossistemas e para a saúde humana.

Uma verdade inconveniente. Direção: Davis Guggenheim, Estados Unidos: Paramount, 2006. (96 min.)
O filme mostra uma análise sobre o aquecimento global, apontando equívocos e possíveis soluções para os problemas relacionados ao tema.

Livros

CALDAS, S. T. *Terra sob pressão*: a vida na era do aquecimento global. São Paulo: Moderna, 2008.
Aborda os problemas causados pelo uso indiscriminado dos recursos naturais e as consequências das interferências das ações humanas no ambiente.

VISSER, W. *Os 50+ importantes livros em sustentabilidade*. São Paulo: Instituto Jatobá e Peirópolis, 2012.
Apresenta uma sinopse dos 50 livros mais importantes sobre sustentabilidade, com uma reflexão sobre as soluções tecnológicas e questões econômicas e políticas.

ATIVIDADES FINAIS

Não escreva no livro.

1 Organize em um diagrama, de acordo com a ordem de importância, os conceitos indicados a seguir. Use o exemplo de esquema abaixo para conectá-los, aplicando um conceito central no topo.

Poluição atmosférica. Desmatamento. Mudanças climáticas. Efeito estufa. Chuva ácida. Protocolo de Kyoto.

Leia o texto a seguir para responder às questões 2 a 4.

Uma empresa B gastava R$ 56.000,00 em média por mês para destinar seus resíduos industriais a um aterro industrial privado, que cobrava R$ 500,00 a tonelada para sua disposição. Como eram resíduos não inertes e perigosos, não havia outra alternativa senão a disposição em aterro industrial ou a incineração, que nesse caso seria mais onerosa para a empresa, haja vista o custo médio da incineração de R$ 1.700,00 a tonelada. Com a implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), a empresa passou a estar focada em meio ambiente e descobriu que, em vez de dispor esse resíduo em aterro, se ela o reciclasse seria muito mais financeiramente vantajoso e o meio ambiente também lucraria, tendo em vista que não seria mais necessário dispô-lo em aterro (no solo e perpetuamente). O resultado foi o seguinte: em vez de mandar o resíduo para um aterro industrial, houve a possibilidade técnica de um coprocessamento em forno cimenteiro, de maneira que o resíduo fosse destruído e incorporado ao cimento. Esse processo custou para a empresa R$ 200,00 a tonelada contra os R$ 500,00 iniciais do aterro. Além do extraordinário benefício econômico, o resíduo anteriormente sem utilidade encontrou seu "túmulo" sendo agregado a um produto útil, portanto passou a ser valorado.

Fonte: GRIPPI, S. Lixo: reciclagem e sua história. Guia para as prefeituras brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

2 Pesquise sobre o processo de incineração e responda: quais são as vantagens e desvantagens quando comparado aos aterros sanitários?

3 Qual é a vantagem dos fornos de coprocessamento de cimento em relação aos tradicionalmente usados?

126

Não escreva no livro.

4 Em grupos, pesquisem o que é um Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Se sua escola possui um SGA, façam uma análise dele e elaborem um texto avaliando pontos positivos e negativos. Caso a escola não possua um SGA, elaborem um texto sobre as vantagens que ela obteria ao adotar um.

Analise o gráfico abaixo e responda às questões 5 e 6.

EVOLUÇÃO DA PESCA E DA AQUICULTURA NO MUNDO

Fonte dos dados: Revista *Panorama da Aquicultura*, v. 17, n. 100, 2007.

5 Que tendência é possível observar quanto à pesca nas últimas décadas apresentadas no gráfico? E quanto à aquicultura?

6 Como é possível explicar as tendências observadas no gráfico?

7 (Enem) O concreto utilizado na construção civil é um material formado por cimento misturado a areia, a brita e a água. A areia é normalmente extraída de leitos de rios e a brita, oriunda da fragmentação de rochas. Impactos ambientais gerados no uso do concreto estão associados à extração de recursos minerais e ao descarte indiscriminado desse material. Na tentativa de reverter esse quadro, foi proposta a utilização de concreto reciclado moído em substituição ao particulado rochoso graúdo na fabricação de novo concreto, obtendo um material com as mesmas propriedades que o anterior.
O benefício ambiental gerado nessa proposta é a redução do(a)
a) extração da brita.
b) extração de areia.
c) consumo de água.
d) consumo de concreto.
e) fabricação de cimento.

8 (Enem)

Algumas toneladas de medicamentos para uso humano e veterinário são produzidas por ano. Os fármacos são desenvolvidos para serem estáveis, mantendo suas propriedades químicas de forma a atender a um propósito terapêutico. Após o consumo de fármacos, parte de sua dosagem é excretada de forma inalterada, persistindo no meio ambiente. Em todo o mundo, antibióticos, hormônios, anestésicos, anti-inflamatórios, entre outros, são detectados em concentrações preocupantes no esgoto doméstico, em águas superficiais e de subsolo. Dessa forma, a ocorrência de fármacos residuais no meio ambiente pode apresentar efeitos adversos em organismos aquáticos e terrestres.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, v. 26, n. 4, ago. 2003 (adaptado).

Qual ação minimiza a permanência desses contaminantes nos recursos hídricos?
a) Utilização de esterco como fertilizante na agricultura.
b) Ampliação das redes de coleta de esgoto na zona urbana.
c) Descarte dos medicamentos fora do prazo de validade em lixões.
d) Desenvolvimento de novos processos nas estações de tratamento de efluentes.
e) Reúso dos lodos provenientes das estações de tratamento de esgoto na agricultura.

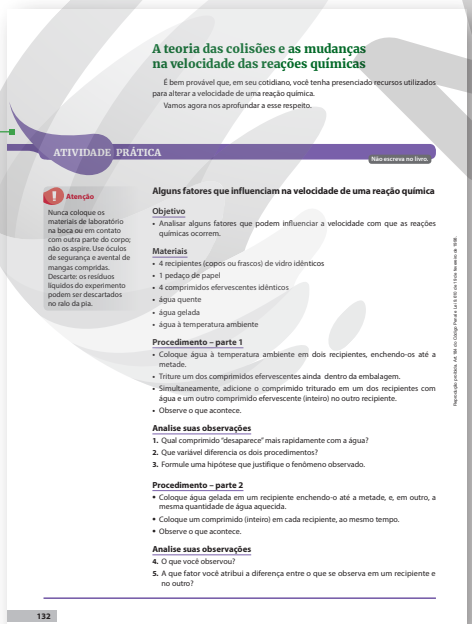
Próximos passos

Vimos, neste capítulo que o planeta tem sofrido muitas alterações decorrentes da intervenção humana. Algumas das ações podem causar desequilíbrios ecológicos de consequências globais, como a intensificação do efeito estufa e a consequente crise climática.
O aumento da temperatura global tem como uma de suas consequências alterar a velocidade de reações químicas que ocorrem em alguns ambientes e organismos. Tais alterações são suficientes para afetar, por exemplo, desde o equilíbrio dos recifes de coral até a determinação do sexo de alguns répteis. Fatores que influenciam a velocidade das reações químicas, bem como os efeitos deles decorrentes, são assunto do próximo capítulo.

127

Próximos passos
Ao final do capítulo, com intenção de conectar os conhecimentos, estabelece uma relação entre o capítulo em que se encontra e o seguinte.

Atividade prática
Práticas, algumas de cunho investigativo, relacionadas não só à interpretação de resultados, mas ao planejamento de experimentos. Para isso, são apresentados procedimentos e questões que, com a mediação do professor, orientam e problematizam o trabalho.



A teoria das colisões e as mudanças na velocidade das reações químicas

É bem provável que, em seu cotidiano, você tenha presenciado recursos utilizados para alterar a velocidade de uma reação química.
Vamos agora nos aprofundar a esse respeito.

ATIVIDADE PRÁTICA

Não escreva no livro.

Atenção
Nunca coloque os materiais de laboratório na boca ou em contato com outra parte do corpo; não os aspire. Use óculos de segurança e avental de mangas compridas. Descarte os resíduos líquidos do experimento podem ser descartados no ralo da pia.

Alguns fatores que influenciam na velocidade de uma reação química

Objetivo
- Analisar alguns fatores que podem influenciar a velocidade com que as reações químicas ocorrem.

Materiais
- 4 recipientes (copos ou frascos) de vidro idênticos
- 1 pedaço de papel
- 4 comprimidos efervescentes idênticos
- água quente
- água gelada
- água à temperatura ambiente

Procedimento – parte 1
- Coloque água à temperatura ambiente em dois recipientes, enchendo-os até a metade.
- Triture um dos comprimidos efervescentes ainda dentro da embalagem.
- Simultaneamente, adicione o comprimido triturado em um dos recipientes com água e um outro comprimido efervescente (inteiro) no outro recipiente.
- Observe o que acontece.

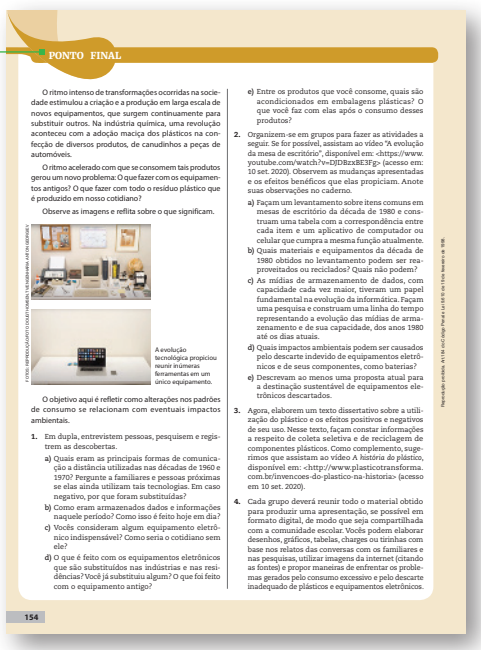
Analise suas observações
1. Qual comprimido "desaparece" mais rapidamente com a água?
2. Que variável diferencia os dois procedimentos?
3. Formule uma hipótese que justifique o fenômeno observado.

Procedimento – parte 2
- Coloque água gelada em um recipiente enchendo-o até a metade, e, em outro, a mesma quantidade de água aquecida.
- Coloque um comprimido (inteiro) em cada recipiente, ao mesmo tempo.
- Observe o que acontece.

Analise suas observações
4. O que você observou?
5. A que fator você atribui a diferença entre o que se observa em um recipiente e no outro?

132

Ponto final
Recupera a abertura do volume e realiza um fechamento, que pode ser uma sequência de atividades, um projeto, uma proposta de ampliação ou outros.



PONTO FINAL

O ritmo intenso de transformações ocorridas na sociedade estimulou a criação e a produção em larga escala de novos equipamentos, que surgem continuamente para substituir outros. Na indústria química, uma revolução aconteceu com a adoção maciça dos plásticos na confecção de diversos produtos, de canudinhos a peças de automóveis.

O ritmo acelerado com que se consomem tais produtos gerou um novo problema: O que fazer com os equipamentos antigos? O que fazer com todo o resíduo plástico que é produzido em nosso cotidiano?

Observe as imagens e reflita sobre o que significam.

A evolução tecnológica propiciou reunir inúmeras ferramentas em um único equipamento.

O objetivo aqui é refletir como alterações nos padrões de consumo se relacionam com eventuais impactos ambientais.

1. Em dupla, entrevistem pessoas, pesquisem e registrem as descobertas.
   a) Quais eram as principais formas de comunicação a distância utilizadas nas décadas de 1960 e 1970? Pergunte a familiares e pessoas próximas se elas ainda utilizam tais tecnologias. Em caso negativo, por que foram substituídas?
   b) Como eram armazenados dados e informações naquele período? Como isso é feito hoje em dia?
   c) Vocês consideram algum equipamento eletrônico indispensável? Como seria o cotidiano sem ele?
   d) O que é feito com os equipamentos eletrônicos que são substituídos nas indústrias e nas residências? Você já substituiu algum? O que foi feito com o equipamento antigo?
   e) Entre os produtos que você consome, quais são acondicionados em embalagens plásticas? O que você faz com elas após o consumo desses produtos?
2. Organizem-se em grupos para fazer as atividades a seguir. Se for possível, assistam ao vídeo "A evolução da mesa de escritório", disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DJDBzxBE3Fg> (acesso em: 10 set. 2020). Observem as mudanças apresentadas e os efeitos benéficos que elas propiciam. Anote suas observações no caderno.
   a) Façam um levantamento sobre itens comuns em mesas de escritório da década de 1980 e construam uma tabela com a correspondência entre cada item e um aplicativo de computador ou celular que cumpra a mesma função atualmente.
   b) Quais materiais e equipamentos da década de 1980 obtidos no levantamento podem ser reaproveitados ou reciclados? Quais não podem?
   c) As mídias de armazenamento de dados, com capacidade cada vez maior, tiveram um papel fundamental na evolução da informática. Façam uma pesquisa e construam uma linha do tempo representando a evolução das mídias de armazenamento e de sua capacidade, dos anos 1980 até os dias atuais.
   d) Quais impactos ambientais podem ser causados pelo descarte indevido de equipamentos eletrônicos e de seus componentes, como baterias?
   e) Descrevam ao menos uma proposta atual para a destinação sustentável de equipamentos eletrônicos descartados.
3. Agora, elaborem um texto dissertativo sobre a utilização do plástico e os efeitos positivos e negativos de seu uso. Nesse texto, façam constar informações a respeito de coleta seletiva e de reciclagem de componentes plásticos. Como complemento, sugerimos que assistam ao vídeo A história do plástico, disponível em: <http://www.plasticotransforma.com.br/invencoes-do-plastico-na-historia> (acesso em 10 set. 2020).
4. Cada grupo deverá reunir todo o material obtido para produzir uma apresentação, se possível em formato digital, de modo que seja compartilhada com a comunidade escolar. Vocês podem elaborar desenhos, gráficos, tabelas, charges ou tirinhas com base nos relatos das conversas com os familiares e nas pesquisas, utilizar imagens da internet (citando as fontes) e propor maneiras de enfrentar os problemas gerados pelo consumo excessivo e pelo descarte inadequado de plásticos e equipamentos eletrônicos.

154

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELO

Objetivos

- Analisar os princípios de formação de imagens em espelhos e lentes.
- Estabelecer a importância que os princípios de óptica representam na fabricação de elementos que visam a melhoria das condições de saúde.
- Identificar as características dos defeitos da visão e analisar soluções advindas com a utilização de elementos químicos na criação de novos equipamentos.
- Discutir a importância dos princípios da óptica presentes nos atuais equipamentos de comunicação.
- Analisar o funcionamento dos instrumentos ópticos, de modo a destacar a importância que observações de elementos em nível microscópico representam para as Ciências da Natureza.
- Identificar a presença dos conceitos de ondulatória nos conhecimentos atuais a respeito da constituição da matéria, bem como nas teorias que buscam compreender a criação do Universo e da vida em nosso planeta.
- Conhecer a escala de tempo geológico, identificando características gerais de alguns éons e eras.
- Identificar eventos relacionados à origem e à extinção dos dinossauros.
- Avaliar as principais teorias sobre a origem e a evolução do ser humano.
- Reconhecer diferentes maneiras pelas quais a humanidade interfere no ambiente, identificando as ações que geram maior impacto.
- Conhecer diferentes ecossistemas aquáticos, refletindo sobre os impactos que a ação humana exerce neles.
- Analisar a velocidade de reações químicas e identificar a aplicação dos conceitos de cinética química no cotidiano.
- Compreender a Teoria das colisões e os fatores que influenciam na velocidade das reações químicas.
- Conhecer algumas formas de obtenção, os principais usos e a importância dos polímeros para a sociedade.
- Refletir sobre o consumo de plástico e seu descarte e sua relação com o meio ambiente.

Justificativa

O uso de novas tecnologias para investigar o cosmos seguramente ampliou muito nosso conhecimento do Universo. Foi a partir de conhecimentos construídos pela humanidade há séculos, como os princípios de geometria plana, que pudemos descrever o céu e identificar muitos fenômenos celestes chegando a ideias complexas como o *Big Bang* ou os buracos negros.

A origem do Cosmos e a formação do nosso planeta e da vida constroem no imaginário a ideia de transformações, mudanças e de evolução. Conhecer o tempo geológico cria a percepção da lenta modificação que ocorre na estruturação do Universo, da formação das estrelas à consolidação dos planetas, da origem da vida à formação da nossa espécie. Nesse aspecto, estimular a reflexão e a preocupação com a velocidade com que os seres humanos estão interferindo no ambiente é fundamental para que o preservemos.

A degradação do nosso entorno, seja pelas mudanças climáticas ou pelo descarte inadequado de materiais, como os plásticos, exigirá da sociedade uma mudança de comportamento e a busca de alternativas sustentáveis para vivermos em harmonia com a Terra e o Universo e preservarmos a vida da nossa própria espécie. Dessa forma, conhecer a origem do planeta e de nossa espécie, reconhecer a velocidade como interferimos no meio e buscar alternativas à poluição ambiental e à destruição dos ecossistemas é fundamental para uma cidadania plena e para a preservação de nosso futuro.

MODERNA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A BNCC neste volume

REPRODUÇÃO

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento aprovado em 2018 que apresenta os conhecimentos mínimos que todos os estudantes do Brasil devem aprender durante a Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio).

Esses conhecimentos estão estruturados em competências e habilidades. As habilidades são indicadas por seus códigos; veja a seguir como é composto o código da habilidade.

EM 13 CNT 103

- **EM**: O primeiro par de letras indica a etapa de **Ensino Médio**.
- **13**: O primeiro par de números (13) indica que as habilidades descritas podem ser desenvolvidas em qualquer série do Ensino Médio.
- **CNT**: A segunda sequência de letras indica a área (três letras) ou o componente curricular (duas letras):
  LGG = Linguagens e suas Tecnologias
  LP = Língua Portuguesa
  MAT = Matemática e suas Tecnologias
  CNT = Ciências da Natureza e suas Tecnologias
  CHS = Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
- **103**: Os números finais indicam a competência específica à qual se relaciona a habilidade (1º número) e a sua numeração no conjunto de habilidades relativas a cada competência (dois últimos números).

Nos quadros a seguir, você pode conhecer quais competências e habilidades estão sendo mobilizadas no desenvolvimento de cada capítulo deste livro.

Competências gerais	Capítulos
1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.	1, 2, 3, 4, 5 e 6
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.	1, 2, 4, 5 e 6
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.	3
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.	1, 2, 4, 5 e 6
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.	2 e 5
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.	3
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.	1, 2 e 5
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.	3
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.	2 e 6
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.	5

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Capítulos
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.	**(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.	6
	(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.	2 e 4
	(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	4
	(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.	5
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.	**(EM13CNT201)** Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.	3 e 4
	(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).	3
	(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).	2 e 5
	(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).	4
	(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.	1, 2 e 6
	(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.	2 e 5
	(EM13CNT207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.	2
	(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.	3

Continua na próxima página

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

	(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).	4
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).	**(EM13CNT301)** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.	1, 2, 4 e 6
	(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.	2, 3, 4 e 6
	(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.	1, 2 e 3
	(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.	6
	(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.	1
	(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.	4
	(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.	2, 5 e 6
	(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.	5

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELINA

SUMÁRIO

Ponto de partida 12

Capítulo 1 Óptica geométrica 14

Luz em um modelo geométrico 15
Reflexão da luz 19
Interligações – A luz se propaga sempre em linha reta? 22
Espelhos esféricos 23
Refração da luz 26
Interligações – O manto da invisibilidade de Harry Potter 28
Reflexão total 30
Interligações – Fibras ópticas 32
Lentes esféricas e a visão humana 34
Interligações – Correção da catarata 39
Instrumentos ópticos 40
Interligações – A câmera fotográfica digital 42
Comunicando ideias 43
De que material é feita uma lente de óculos? 44
Fique por dentro 45
Atividades finais 46
Próximos passos 47

Capítulo 2 Polímeros: obtenção, usos e implicações 48

Os polímeros e sua abrangência 49
Interligações – O que é um plástico biodegradável? 51
Classificação dos polímeros 51
Interligações – O acaso e o polietileno 54
Interligações – Politetrafluoroetileno: da bomba atômica para a frigideira 56
Interligações – A era dos plásticos 58
Interligações – Náilon: resultado de estudo, pesquisa e sorte 60
Outros polímeros 62
Interligações – Uma breve história sobre as lentes de contato 63
Plásticos, lixo e reciclagem 64
Atividade prática – Identificando tipos de plástico 64
Comunicando ideias 66
Fique por dentro 67
Atividades finais 68
Próximos passos 69

Capítulo 3 Tempo geológico e evolução humana 70

A divisão do tempo geológico 71
Interligações – Calendário da Terra 72
Éon Pré-Cambriano e a era Paleozoica 73
Interligações – O período Carbonífero e os combustíveis fósseis 76
Comunicando ideias 76
Eras Mesozoica e Cenozoica 77
Interligações – A relação entre aves e dinossauros 78
Interligações – Química liga aves e dinossauros 79
Comunicando ideias 81
Evolução humana 82
Reconstruindo nossa história evolutiva 84
Interligações – O uso de ferramentas por animais 89

MODERNA

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Comunicando ideias 89
Origem dos povos indígenas brasileiros 89
Interligações – Métodos de datação de objetos arqueológicos 91
Cultura e diferenças entre grupos 92
Interligações – Como vivia um paulista pré-histórico 94
Fique por dentro 95
Atividades finais 95
Próximos passos 96

Capítulo 4 À luz das estrelas 97

Efeito Doppler – uma maneira de observar o Universo 98
Interligações – A idade do Universo 104
Interligações – A origem estelar dos elementos químicos 106
A radioastronomia 108
Interligações – O lixo espacial 111
Fique por dentro 112
Atividades finais 112
Próximos passos 113

Capítulo 5 Interferência humana no ambiente 114

A humanidade e o ambiente 115
Poluição 115
Destino do lixo 117
Exploração de recursos naturais 117
Desmatamento 119
Introdução de espécies exóticas 119
Comunicando ideias 120
Erosão 120
Eutrofização 120
Crise climática 121
Diminuição da camada de ozônio 121
Chuva ácida 122
Comunicando ideias 122
Interligações – Matriz energética 123
Ecossistemas aquáticos 124
Fique por dentro 126
Atividades finais 126
Próximos passos 127

Capítulo 6 A velocidade das transformações químicas 128

O conceito de velocidade de uma reação química 129
A teoria das colisões e as mudanças na velocidade das reações químicas 132
Atividade prática – Alguns fatores que influenciam na velocidade de uma reação química 132
Interligações – Quente ou frio? 137
Fatores que influenciam na velocidade de uma reação 138
Interligações – Enzimas 149
Comunicando ideias 152
Fique por dentro 152
Atividades finais 152

Ponto final 154
Respostas das atividades e atividades finais 155
Referências bibliográficas comentadas 160

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Ponto de partida

A imagem da campanha feita em Santiago (Chile, 2018) pretende alertar sobre a poluição plástica nos oceanos. Pesquisas estimam que, caso o ritmo de poluição se mantenha, a massa total de plástico nos oceanos do mundo será maior que a de peixes até o ano 2050.

Rádio-observatórios são equipados com instrumentos que captam e processam a radiação emitida por diferentes astros, contribuindo para a compreensão da dinâmica do Cosmos. Tais instrumentos, chamados de radiotelescópios, são desenvolvidos para captar diferentes faixas do espectro eletromagnético. Rádio-observatório do Itapetinga, em Atibaia, SP, 2018.

Detalhe de fóssil de *Aratasaurus museunacionali*, um dinossauro que viveu há cerca de 115 milhões de anos na região onde atualmente se localiza o estado do Ceará. A espécie, descoberta recentemente, foi batizada em referência ao incêndio que atingiu o Museu Nacional, no Rio de Janeiro, em 2018: "arata" vem do tupi e significa nascido do fogo. Estima-se que o animal, que era carnívoro, media pouco mais de 3 metros de comprimento.

JULIANA SAYAO/AFP – MUSEU NACIONAL DO RIO DE JANEIRO

CLAUDIO REYES/AFP

STURM-CC BY-SA 4.0

A partir do século XX, diferentes significados da palavra **evolução** ganharam intensidade, uma vez que transformações sociais, científicas e tecnológicas passaram a ocorrer cada vez mais rapidamente. Com potentes telescópios e radiotelescópios, avançamos na compreensão do Cosmos a partir de dados que revelaram a expansão do Universo desde seu início. Esmiuçamos o passado de nosso planeta, conhecendo espécies que outrora o habitaram e que nos ajudam a compreender as que hoje o habitam. Por um lado, o avanço tecnológico nos possibilitou criar inúmeros dispositivos e materiais que proporcionam conforto e qualidade de vida. Por outro, esse "progresso" tem afetado o planeta de modo a pôr em risco a sobrevivência de nossa espécie e a de muitas outras. Exemplos disso são a emissão de gases de efeito estufa, que afeta o clima no mundo todo, e a utilização industrial do plástico, cujo descarte impróprio polui solos, rios e oceanos.

MODERNA

CAPÍTULO

1 Óptica geométrica

BNCC:
EM13CNT205
EM13CNT301
EM13CNT303
EM13CNT307

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

NOR SHAM SOYOD/SHUTTERSTOCK

MARCUS BATISTA/SHUTTERSTOCK

NASA/ALAMY/FOTOARENA

NOMAD_SOUL/SHUTTERSTOCK

Uma infinidade de fenômenos ópticos está presente em nossas vidas, em (**A**), podemos ver um espelho convexo usado em um estacionamento possibilitando uma visão mais ampla aos motoristas; em (**B**), é possível ver o fenômeno atmosférico do halo solar; em (**C**), a imagem astronômica permite a vista da Lua cheia a partir de dados obtidos do satélite LRO da NASA; em (**D**), os óculos permitem a observação em foco de uma cidade litorânea.

Para começo de conversa

É através da luz que chega aos olhos que construímos grande parte da noção de realidade. De fato, uma infinidade de fenômenos ópticos inunda nossas vistas. Esses fenômenos vão desde os espelhos que usamos de manhã para nos preparar para ir à escola até os grandes telescópios espaciais.

Você já parou para pensar sobre como funciona nossa visão? Por que é usado determinado tipo de lente nos óculos? Ou até mesmo já deve ter vislumbrado um arco-íris no céu e questionado como ele é formado. O que são e como são os tipos diferentes de óculos e lentes que ajudam algumas pessoas a enxergar melhor?

Certamente você já viu um arco-íris, mas acha que conseguiria fazer um em sua casa?

O que é uma fibra óptica e em que é utilizada?

Neste capítulo, estudaremos conceitos físicos associados à formação de imagens em diferentes situações. Para isso, vamos compreender noções básicas da propagação da luz e, em seguida, estudar os fenômenos da reflexão e da refração da luz. Por fim, estudaremos como funciona a visão e os diversos instrumentos ópticos que fazem parte do cotidiano.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Luz em um modelo geométrico

Os raios de luz são emitidos por fontes que podem produzir a luz que emitem (o Sol, a chama de uma vela, uma lâmpada acesa) e, por isso, são denominadas **fontes primárias** de luz.

FLORIS SLOOFF/SHUTTERSTOCK

Os raios de luz evidenciam que o Sol é uma fonte primária de luz.

No entanto, também existem as **fontes secundárias** de luz, aquelas que apenas refletem a luz recebida de outras fontes, como a Lua, por exemplo, que reflete a luz do Sol.

CANBEDONE/SHUTTERSTOCK

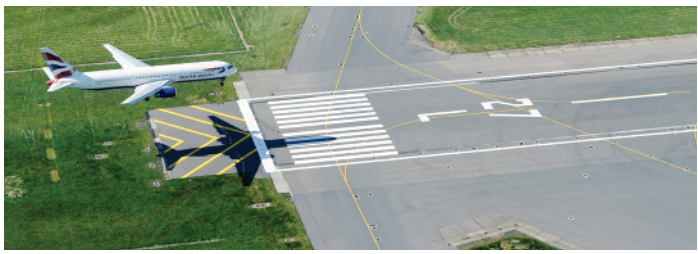
A Lua é uma fonte secundária de luz, pois ela reflete a luz do Sol.

MODELO

Para o estudo da óptica geométrica, usamos o modelo geométrico da luz que se baseia em três princípios.

1º) Propagando-se em um meio homogêneo e transparente, a trajetória da luz será uma linha reta.

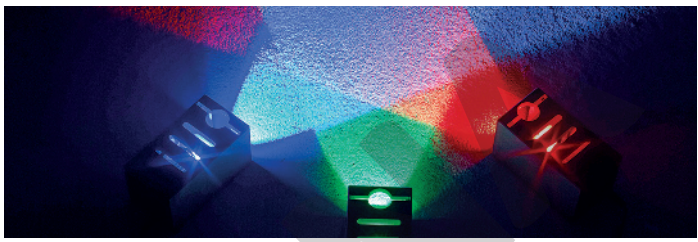
ALEX BARTEL/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



A propagação retilínea da luz é evidenciada pela formação de sombras. A luz do Sol que incide no avião propaga-se em linha reta, ou seja, não faz curva e é barrada por ele.

2º) Os raios de luz são independentes; ao se interceptarem, cada um deles mantém sua trajetória como se os demais não existissem.

PRILL/SHUTTERSTOCK



O encontro de dois ou mais feixes de luz em nada altera sua direção de propagação.

3º) A trajetória seguida pela luz independe do sentido de seu percurso.

FOTOS: FABIO YOSHIHITO MATSUURA

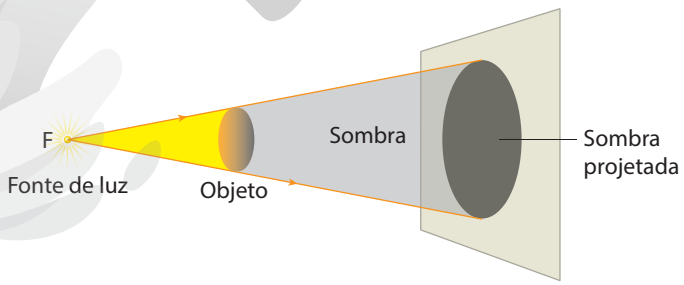
O motorista vê a passageira pelo espelho retrovisor e vice-versa porque os raios de luz seguem trajetórias em sentidos diferentes.

Os princípios de propagação da luz estão presentes na formação das sombras e penumbras. Para analisar a formação das sombras, precisamos analisar o tamanho da fonte de luz em relação ao problema analisado.

Uma fonte cuja extensão pode ser desprezada, isto é, uma **fonte pontual**, ao emitir luz sobre um objeto opaco próximo dela, gera a **sombra** do objeto em um anteparo.

FORMAÇÃO DE SOMBRA EM UM ANTEPARO

LUIZ RUBIO



NORA TEJADA/GETTY IMAGES

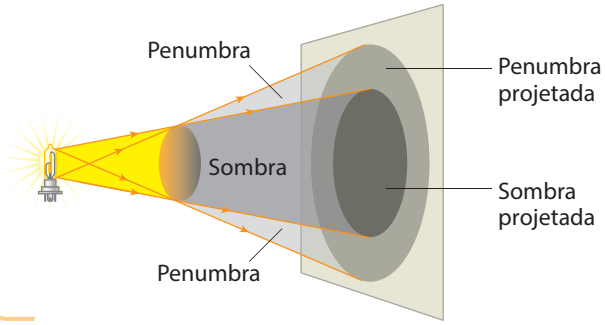
A projeção de uma sombra em um anteparo sobre uma parede terá contornos bem delimitados e semelhantes aos do objeto que a originou. O corpo do menino impede os raios do Sol de prosseguirem até a areia. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Se a extensão da fonte não pode ser desprezada, isto é, trata-se de uma **fonte extensa** iluminando o objeto, notaremos que, no contorno externo da região da sombra projetada, vai surgir uma região parcialmente iluminada. Essa região, onde a iluminação é apenas parcial, recebe o nome de **penumbra**.

MODERNA

FORMAÇÃO DE SOMBRA E PENUMBRA

LUIZ RUBIO



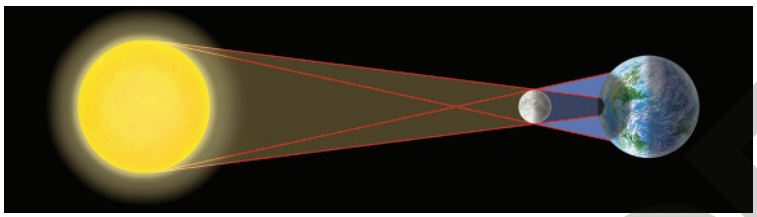
ANNA MENTE/SHUTTERSTOCK

À esquerda, esquema de formação da sombra e da penumbra. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)
À direita, na fotografia, observa-se a delimitação de uma região onde não há luz (sombra) e outra na qual alguns raios iluminam fracamente o anteparo (penumbra), contornando a região da sombra.

O Sol é uma fonte primária e extensa de luz, já a Terra e a Lua são corpos opacos. Essa constatação, associada ao princípio de propagação retilínea da luz, possibilita entender como se formam os **eclipses**, fenômenos que ocorrem devido à passagem de um corpo celeste pela região de sombra ou de penumbra do outro.

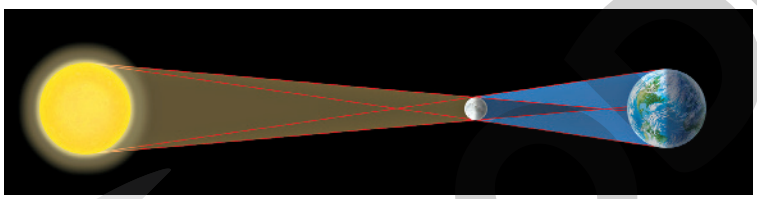
ECLIPSE SOLAR, ECLIPSE ANULAR E ECLIPSE LUNAR

GARY HINCKS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



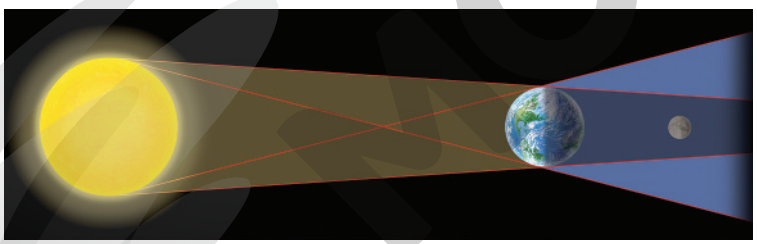
Um **eclipse solar** acontece quando a Lua, ao se colocar entre o Sol e a Terra, projeta sua sombra sobre a Terra. A região da Terra onde a sombra da Lua está projetada sofre **eclipse total** do Sol. No entorno, ou seja, na região de penumbra, ocorre o **eclipse parcial**. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

GARY HINCKS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



Quando a sombra da Lua não é projetada na Terra, ocorre o chamado **eclipse anular**. Um observador na Terra situado na região de penumbra enxerga o Sol sob a forma de um anel luminoso. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

GARY HINCKS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



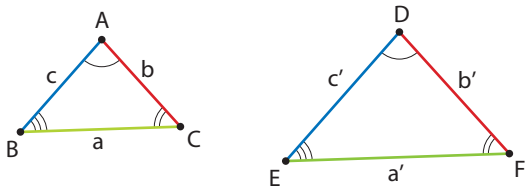
Um **eclipse lunar** ocorre quando a Terra impede a Lua de receber total ou parcialmente a luz do Sol, interpondo-se entre os dois astros. Observe que a Lua entra primeiro no cone de penumbra da Terra e, depois, na região de sombra. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Em geral, para analisarmos os problemas relacionados à formação de sombras e penumbras recorremos à Geometria, usando principalmente a semelhança de triângulos.

Caixa de ferramentas

Semelhança de triângulos

Dois triângulos são semelhantes se possuírem ângulos correspondentemente congruentes. Nesse caso, as medidas dos lados correspondentes são proporcionais.



$$\frac{a}{a'} = \frac{b}{b'} = \frac{c}{c'}$$

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atividades

Não escreva no livro.

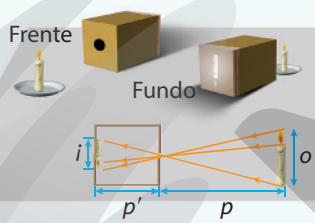
1 Para que você leia o que está escrito neste livro, a luz precisou percorrer um caminho. De onde provém a luz que torna o livro visível para você? Descreva uma trajetória da luz que torna possível que você enxergue o livro e identifique nos objetos presentes nesse caminho as fontes primárias e secundárias de luz. Ilustre a situação utilizando a representação geométrica do raio de luz.

2 Um holofote emite um feixe de luz verde que é interceptado por um feixe de luz vermelha. Ao seguir sua trajetória, o feixe verde encontra uma porta onde está fixado um espelho no qual incide e, ao ser refletido, retorna pelo mesmo caminho. Cite os princípios de propagação que tornam possível a situação descrita e identifique em cada parte do trajeto sua aplicação.

3 Um muro de 2 m de altura produz uma sombra de 60 cm. No mesmo instante, um prédio produz uma sombra de 15 m. Faça um esquema das trajetórias dos raios de luz para representar a situação, e aplique a semelhança de triângulos para determinar a altura do prédio.

4 O funcionamento de uma máquina fotográfica baseia-se no princípio da propagação retilínea da luz, em que se busca obter o registro da imagem de um objeto em uma superfície que deve ser sensível à luz. Uma máquina fotográfica rudimentar funciona conforme um dispositivo denominado **câmara escura de orifício**, conforme representado na imagem.

LUIZ RUBIO



Esquema de máquina fotográfica. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Uma câmara escura é uma caixa fechada que tem uma de suas faces revestida de papel transparente e no lado oposto um pequeno orifício. Colocando uma fonte de luz (uma vela, por exemplo) diante do lado que tem o orifício, os raios luminosos provenientes da vela penetram na caixa pela abertura e atingem a parede oposta, formando uma imagem da vela, porém invertida.

Observando o esquema e aplicando a semelhança de triângulos, estabeleça uma relação matemática entre as dimensões do objeto *o*, da imagem *i*, e as distâncias *p* do objeto e *p'* da imagem até a câmara.

5 Uma câmara escura tem 25 cm de profundidade. Deseja-se obter a imagem de uma árvore distante 8 m da câmara. Observa-se no fundo da caixa que a projeção da imagem da árvore tem 6 cm de altura.

a) Represente em um esquema a imagem vista pelo observador no fundo da caixa.

b) Calcule a altura da árvore.

6 Leia a notícia abaixo.

Telescópio vê surgimento de estrela supermagnética

Um grupo de astrônomos americanos anunciou na semana passada ter conseguido observar um fenômeno totalmente inesperado pela Física. Enquanto monitoravam uma estrela de nêutrons – estrela "queimada", que explodiu após queimar todo seu combustível nuclear –, cientistas a flagraram se transformando em um "magnetar", o tipo de objeto cósmico com o campo magnético mais forte que se conhece. A estrela de nêutrons na qual o RXTE (telescópio espacial Rossi) detectou o estranho comportamento, a 20 mil anos-luz da Terra, ainda não foi batizada.

(Folha de S.Paulo, 25 fev. 2008.)

Um ano-luz é a distância percorrida pela luz no vácuo durante um ano. Uma estrela localizada a cerca de 30 anos-luz da Terra, por exemplo, está a uma distância equivalente à percorrida pela luz durante 30 anos, de aproximadamente $2{,}8 \cdot 10^{14}$ km.

a) A notícia descreve que a estrela descoberta pelo telescópio Rossi está situada a 20 mil anos-luz da Terra. Quantos anos a luz dessa estrela demora para chegar até um observador na Terra?

b) Qual é, em quilômetro, a distância dessa estrela à Terra?

7 Em um filme de ficção científica, uma nave interplanetária viaja à velocidade da luz ($3{,}0 \cdot 10^8$ m/s). Em certa sexta-feira, o comandante diz à tripulação que todos passarão um fim de semana em um planeta distante 5 anos-luz da Terra e que na segunda-feira seguinte estarão de volta à base terrestre. Adotando 1 ano $= 3{,}2 \cdot 10^7$ s, pergunta-se:

a) A viagem de ida e volta proposta poderia ser feita no tempo prometido pelo comandante? Por quê?

b) Quantos anos teriam se passado na Terra enquanto ocorre a viagem de ida e volta da nave?

c) Qual é a distância, em metro, do planeta à Terra?

MODELO

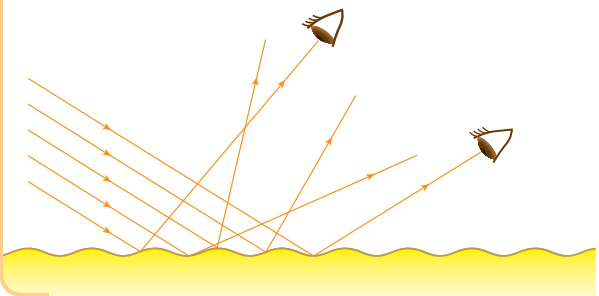
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Reflexão da luz

A luz que emana de um livro, quando o vemos, atravessou o ar antes de chegar aos nossos olhos. O livro, por sua vez, não produziu a luz emitida, que pode ter sido emitida por uma lâmpada próxima, ou mesmo por outros objetos. Nesse processo, podemos reconhecer o que chamamos na Física de **reflexão da luz**.

Nessa situação, o livro absorve parte da luz emitida pela lâmpada da luminária e reflete a outra parte em todas as direções. É a **reflexão difusa** da luz que nos possibilita enxergar o livro.

REFLEXÃO DIFUSA

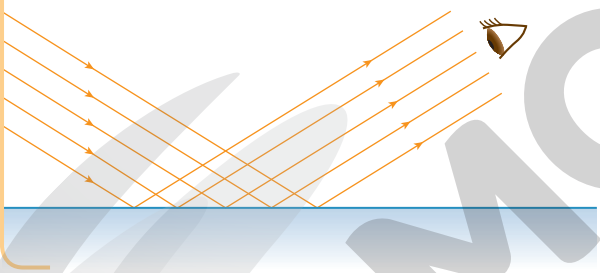


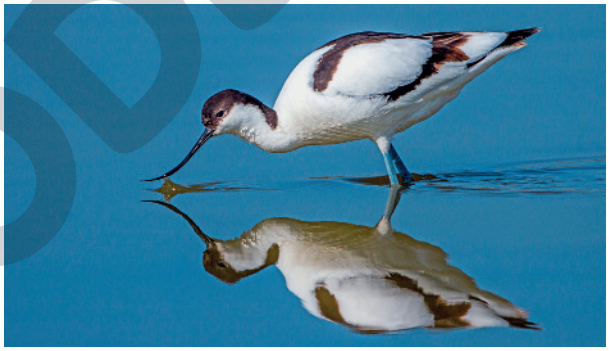
STORYTIME STUDIO/SHUTTERSTOCK

Por mais lisa que pareça, a superfície do livro tem irregularidades e rugosidades. Quando a luz reflete em cada porção irregular da superfície do livro, ela é refletida de maneira desordenada, em todas as direções. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Já quando olhamos para uma superfície refletora plana e polida, como um espelho, por exemplo, vemos uma imagem refletida. Isso ocorre porque a luz que retorna ao ar depois de incidir no espelho sofre uma mudança de direção, mas ainda assim se mantém ordenada, propagando-se com direção bem definida. Esse tipo de fenômeno é chamado **reflexão regular ou especular da luz**.

REFLEXÃO REGULAR





BLICKWINKEL/ALAMY/FOTOARENA

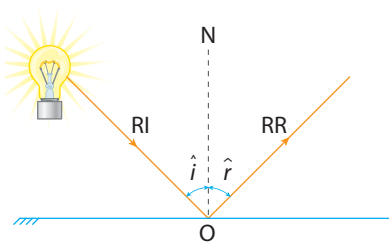
Em um espelho ou superfície regular, a luz é refletida de forma ordenada, em uma direção bem definida. Vemos, portanto, uma imagem refletida. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Analisando o fenômeno da reflexão, vamos encontrar algumas propriedades importantes. Imagine um raio de luz que incide em um ponto de um espelho, que chamaremos de O, e é refletido por ele, determinando sua trajetória. Podemos traçar uma reta perpendicular a esse espelho passando pelo ponto O, à qual daremos o nome de **reta normal** N. Além disso, chamaremos de $\hat{i}$ o ângulo que o raio incidente forma com a reta normal e $\hat{r}$ o ângulo que o raio refletido forma com essa mesma reta. A situação está representada na figura ao lado.

Podemos, então, estabelecer as duas leis da reflexão:

1ª lei da reflexão: o raio incidente, a reta normal que passa pelo ponto de incidência e o raio refletido estão contidos em um mesmo plano.

2ª lei da reflexão: a medida do ângulo de incidência é igual à medida do ângulo de reflexão.



RI = raio incidente
N = normal
RR = raio refletido

$\hat{i}$ = ângulo de incidência
$\hat{r}$ = ângulo de reflexão

O raio incidente, a reta normal e o raio refletido estão todos contidos nesse mesmo plano. Se o ângulo $\hat{i}$ medir, por exemplo, 50°, o ângulo de reflexão $\hat{r}$ também medirá 50°. É importante ressaltar que os ângulos $\hat{i}$ e $\hat{r}$ são medidos em relação à reta normal, não em relação ao espelho. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

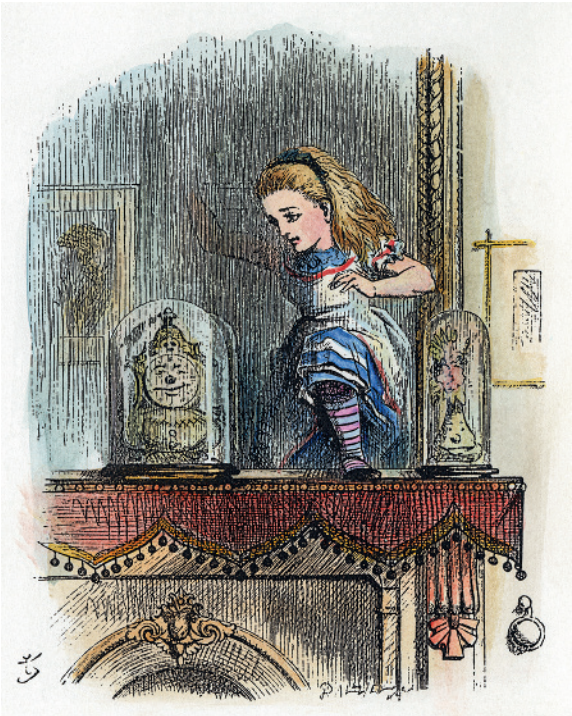
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELO

Espelhos planos – Imagem virtual

GRANGER/FOTOARENA – COLEÇÃO PARTICULAR



Na literatura e no cinema, a fantasia de Alice, de "entrar em um espelho", esteve quase sempre associada ao encontro de um possível universo paralelo, mundos mágicos existentes dentro do espelho. Quando nos colocamos diante de um espelho, vemos de fato nossa imagem, que parece estar lá dentro, a certa distância de nós mesmos. Gravura de John Tenniel, c. 1870.

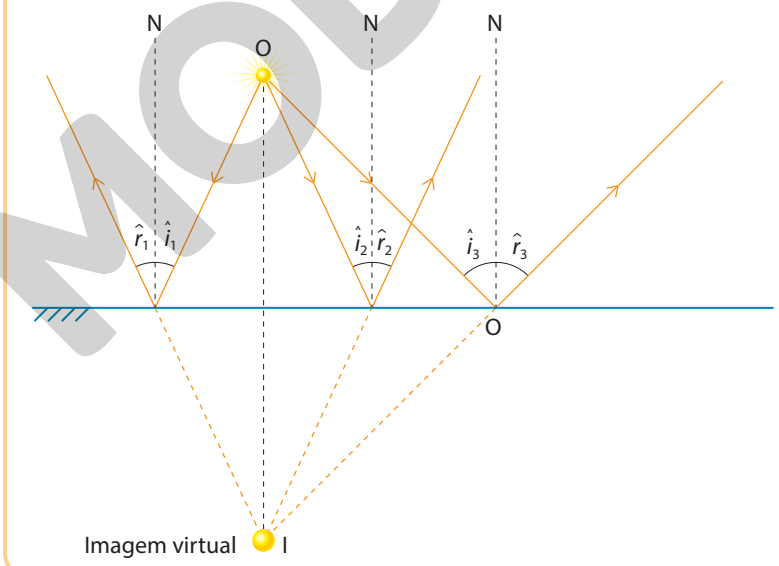
> [...] Escute. Vou contar as minhas ideias a respeito da Casa do Espelho. Antes de mais nada, porém, note que a sala que se vê no espelho é esta mesma sala, mas ao contrário. [...] E os livros? São iguais aos livros comuns, mas com as letras ao contrário. Já fiz a experiência. Você queria, Kitty, viver na Casa do Espelho? Não sei se encontraria pires de leite lá. Talvez leite de espelho, que é leite ao contrário, não sirva para beber. Mas deve ser lindo viver na Casa do Espelho! Vamos experimentar. Faça de conta que já conseguimos penetrar lá dentro [...]
>
> **Fonte:** CARROLL, Lewis. *Alice no País do Espelho*. Trad. Monteiro Lobato. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 2005.

De maneira geral, quando construímos geometricamente a representação de imagens fornecidas por espelhos, basta utilizar dois raios de luz entre os inúmeros emitidos pela fonte para determinar a posição da imagem. Quando esses raios encontram o espelho, são refletidos obedecendo às leis da reflexão, ou seja, os ângulos de incidência e de reflexão têm a mesma medida.

A figura a seguir representa uma fonte luminosa O, que emite luz em todas as direções, colocada em frente a um espelho. Note que não há cruzamento dos raios refletidos na frente do espelho, pois os raios divergem a partir dele. Entretanto, se prolongarmos os raios refletidos, haverá um ponto de intersecção desses prolongamentos "atrás" do espelho, no ponto I, onde se forma a imagem virtual da fonte de luz O.

FORMAÇÃO DE IMAGENS EM ESPELHO PLANO

LUIZ RUBIO



Dessa forma, uma pessoa terá a impressão de que no ponto I há um objeto, no caso, a pequena fonte, emitindo luz na direção dele. Isso porque o nosso cérebro não é capaz de identificar a diferença entre a luz que foi refletida no espelho e aquela que veio diretamente do objeto. É por isso que, quando vemos a imagem de um objeto em um espelho plano, temos a mesma sensação de quando vemos o objeto diretamente. Uma imagem do tipo fornecido pelo espelho plano não pode ser projetada em um anteparo. Dizemos que é uma **imagem virtual**.

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Simetria objeto-imagem

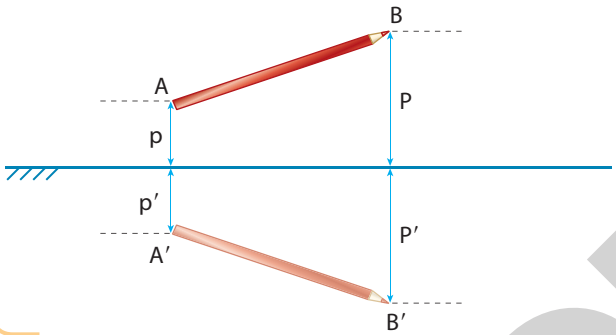
> [...] Mas o que mais me intrigava era a única diferença entre nós dois. Sim, porque um dia eu descobri, com pasmo, que enquanto eu levantava a perna esquerda, ele levantava a direita; enquanto eu coçava a orelha direita, ele coçava a esquerda. [...] O escudo da escola, por exemplo, que eu trazia colado no bolsinho esquerdo do uniforme, na blusa dele era no direito. [...]
>
> SABINO, Fernando. *O menino no espelho*. 79. ed. Rio de Janeiro: Record, 2008.

Em um espelho plano, temos a impressão de que uma pessoa igual a nós está no espelho, a uma distância idêntica à que estamos desse espelho. Isso se dá porque, como mostra a figura a seguir, a distância p entre um objeto e um espelho plano é sempre igual à distância p' entre a imagem e esse espelho.

JGI/JAMIE GRILL/GETTY IMAGES

O espelho plano reflete, ponto a ponto, exatamente a imagem do objeto que está diante dele. A única inversão que ocorre é da esquerda para a direita.

FORMAÇÃO DE IMAGEM EM ESPELHO PLANO



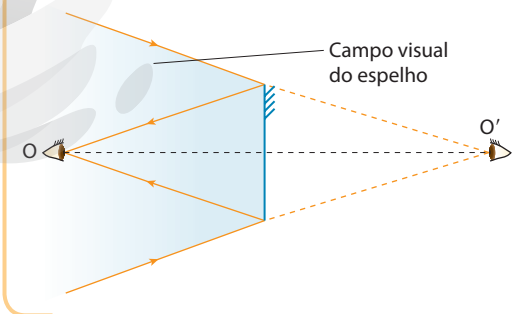
Representação de objeto e sua imagem formada em espelho plano. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Campo visual de um espelho plano

Imagine que em sua sala de aula há um espelho plano na parede e que ele tem o tamanho da porta de entrada. Apesar do tamanho considerável, você não conseguirá ver toda a sala refletida, mas apenas uma região limitada. Dependendo da posição em que você esteja em relação ao espelho e do tamanho dele, os limites dessa parte visível da sala serão diferentes. Essa região do espaço que pode ser vista por uma pessoa, por meio de um espelho, por reflexão, determina o que denominamos **campo visual do espelho**.

A figura a seguir mostra como determinar o campo visual de um espelho em relação a uma posição do olho O do observador. Para isso, localiza-se O′, a imagem simétrica de O, e une-se essa imagem às bordas do espelho, encontrando-se, portanto, o campo visual.

CAMPO VISUAL DE UM ESPELHO PLANO



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

É importante ressaltar que todos os pontos que pertencem à região do campo visual do espelho, ao emitirem luz, apresentam raios que, por reflexão no espelho, atingem o observador.

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

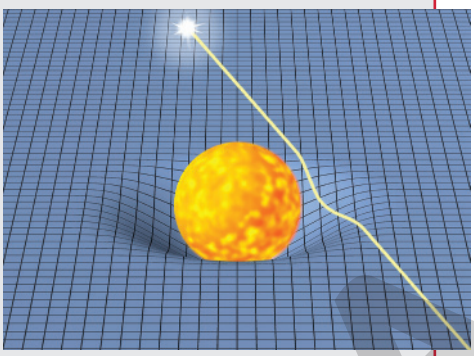
Interligações

Não escreva no livro.

A luz se propaga sempre em linha reta?

Neste capítulo, vimos que a luz pode ser representada por um elemento geométrico, um segmento de reta orientado, que denominamos raio de luz. Essa representação é adequada, pois, a partir da análise de diversos fenômenos envolvendo a luz (formação de sombras, eclipses etc.), podemos verificar que sua propagação ocorre em linha reta.

PAULO MANZI



Representação esquemática da deformação espaço-tempo por causa de uma estrela. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

No entanto, a luz pode se curvar! Campos gravitacionais muito intensos são capazes de afetar a propagação da luz. Para introduzir o conceito de espaço-tempo, vamos utilizar o exemplo de um lençol esticado com uma bola de boliche sobre ele, para ilustrar a origem da força gravitacional: a deformação do espaço-tempo (lençol) por um objeto de grande massa (a bola de boliche). Em nosso exemplo, a luz se propaga sobre o tecido do lençol. Como ele é deformado pela bola de boliche (uma estrela como o Sol, por exemplo), a trajetória da luz é encurvada por essa deformação.

Albert Einstein previu o desvio da luz de uma estrela pela ação da gravidade de um corpo de grande massa. Esse desvio foi observado em um eclipse em 1919, na cidade de Sobral, no Ceará, comprovando a validade da teoria geral da relatividade, proposta por Einstein em 1916.

1. O texto descreve, de maneira simplificada, um importante conceito introduzido pela Física Moderna, fundamental para compreender a propagação curvilínea da luz. Que conceito é esse e como ele se relaciona com a propagação da luz?

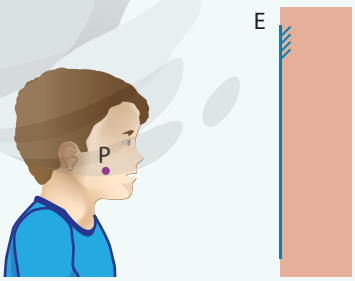
2. Como seria a propagação da luz quando é emitida de um ponto distante de objetos astronômicos de grande massa? Considere o exemplo do lençol para responder a essa questão.

Atividades

Não escreva no livro.

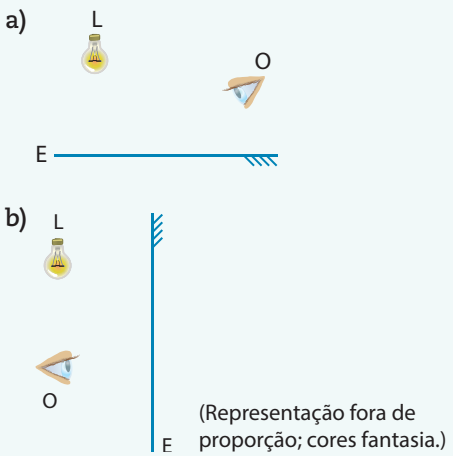
1 Um menino se coloca diante de um espelho plano E, como mostra a figura.

Represente graficamente no caderno como o garoto vê a imagem de uma pequena mancha P em seu rosto.



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

2 Nas figuras a seguir, o espelho plano E conjuga uma imagem de uma pequena lâmpada L, que deve ser vista pelo observador O.



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Reproduza no caderno os esquemas ilustrados e represente graficamente a trajetória da luz que possibilita a visão do observador. Localize a imagem L′ da lâmpada.

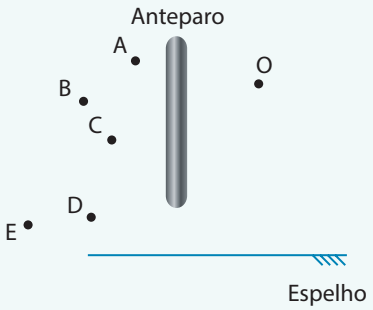
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

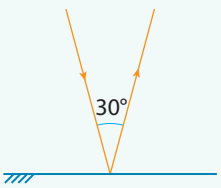
3 Uma vela está em frente a um espelho plano e distante dele 25 cm. Se a vela for afastada 50 cm da posição inicial, qual será, nessa situação, a distância entre ela e sua imagem conjugada pelo espelho?

4 Quais dos objetos, A, B, C, D e E, são vistos pelo observador O ao olhar para o espelho plano esquematizado abaixo?

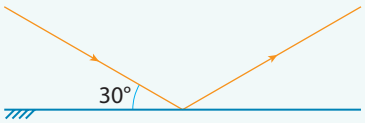


5 Nas figuras estão representados alguns raios de luz que incidem em espelhos. Quais são os ângulos de incidência e de reflexão?

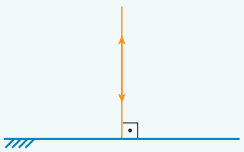
a)



b)



c)



6 Na figura, um garoto de 1,60 m olha a imagem de um poste de altura 3,2 m refletido em uma poça de água, que se comporta como um espelho plano. Qual é o menor comprimento da poça, sabendo que é o menor possível para que o garoto, distante 3,0 m do poste, observe a imagem completa refletida na água?

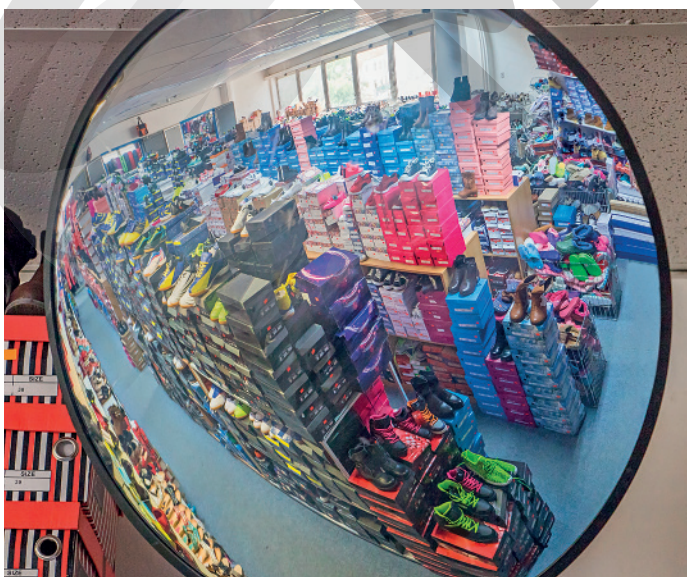
(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

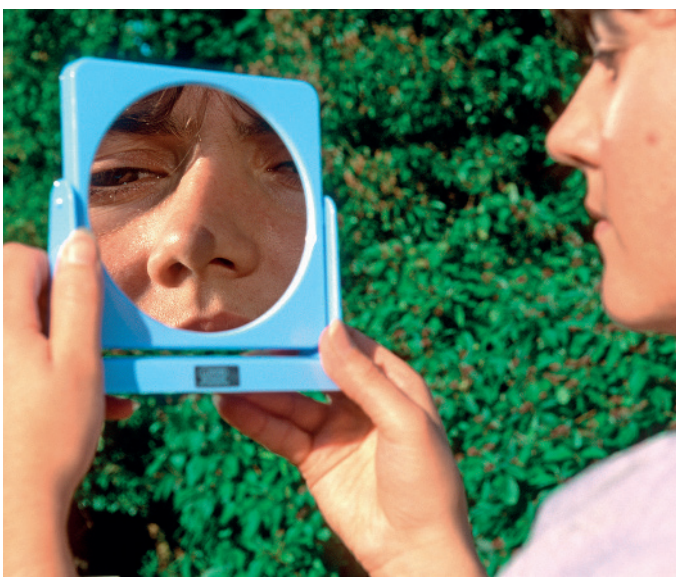
Espelhos esféricos

Os espelhos esféricos são usados em diversas situações, como em garagens de automóveis, de modo a ampliar o campo de visão, ou em salões de beleza, para gerar imagens ampliadas dos objetos colocados à sua frente. Os espelhos esféricos podem ser de dois tipos: **côncavos** e **convexos**.

MILKOVASA/SHUTTERSTOCK



MARK BOULTON/ALAMY/FOTOARENA



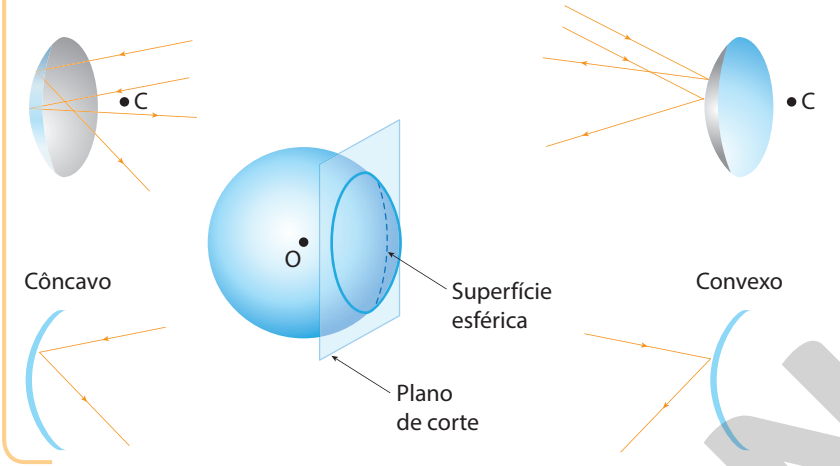
Dependendo do tipo de espelho esférico podem ser geradas imagens reduzidas ou ampliadas do objeto.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Para construir um espelho esférico considere uma superfície esférica espelhada externa e internamente. Um plano que seccione essa superfície produzirá uma figura geométrica denominada **calota esférica**. A face externa da calota se comportará como um **espelho convexo**, e a face interna, como um **espelho côncavo**.

REFLEXÃO EM ESPELHOS ESFÉRICOS



A geometria dos espelhos esféricos determina o comportamento da luz ao sofrer reflexão. Apesar de espelhos côncavos e convexos poderem ser originários da mesma calota esférica, eles produzem efeitos luminosos distintos em relação à natureza e à formação das imagens.

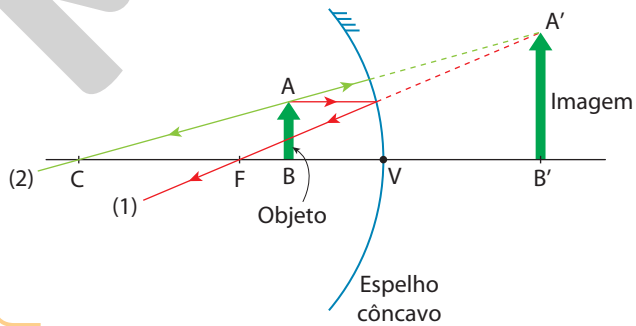
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Espelhos esféricos convexos produzem uma imagem real ou virtual, ampliada ou reduzida do objeto. Para analisar a geometria envolvida na formação das imagens nesses tipos de espelho, devemos considerar seus elementos: eixo principal (EP), vértice (V), foco (F), centro de curvatura (C). Observe-os na imagem seguinte.

ELEMENTOS DE UM ESPELHO ESFÉRICO

Embora a imagem seja formada por infinitos raios de luz refletidos pelo espelho, vamos utilizar apenas alguns raios chamados de **raios principais** ou raios notáveis. Observe na figura a construção da imagem de um objeto AB colocado entre o foco e o vértice de um espelho côncavo, perpendicularmente ao eixo principal.

IMAGEM FORMADA POR UM ESPELHO CÔNCAVO



Para traçar a imagem usamos alguns raios principais. Um dos raios principais (**raio 1**) é aquele que passa pela extremidade superior do objeto (**A**) e tem direção paralela ao eixo principal. Observe na figura que esse raio é desviado para o foco do espelho. Dessa forma, podemos dizer que todo raio que incide paralelamente ao eixo principal é refletido passando pelo foco F do espelho.

O segundo raio principal (**raio 2**) é aquele que emerge na direção do centro de curvatura C (mas no sentido oposto); observe que esse raio se reflete no espelho e volta na mesma direção. Dessa forma, podemos dizer que todo raio que incide na direção do centro de curvatura (C) do espelho volta sobre si mesmo.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

O prolongamento dos raios refletidos 1 e 2 cruzam-se atrás do espelho, formando o ponto A′ da imagem A′B′. Trata-se de uma imagem **virtual**, **ampliada** e **direita**, análoga à imagem formada em um daqueles espelhos de dentista destinados à ampliação do dente.

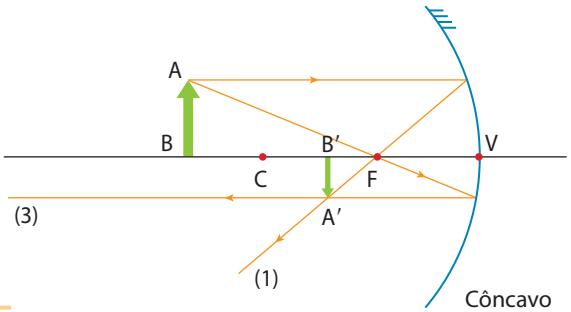
Podemos usar esses e outros raios principais para traçar a imagem quando o objeto está em diferentes posições do espelho.

De fato, se posicionarmos o objeto AB em outro ponto do eixo principal, poderá ser formado outro tipo de imagem. Observe o exemplo em que o objeto está colocado além do centro de curvatura de um espelho côncavo.

OCSKAY MARK/SHUTTERSTOCK

Espelhos utilizados por dentistas são côncavos e permitem examinar com detalhes os dentes do paciente.

IMAGEM FORMADA POR UM ESPELHO CÔNCAVO



Côncavo

JAVIER JAIME SÁNCHEZ

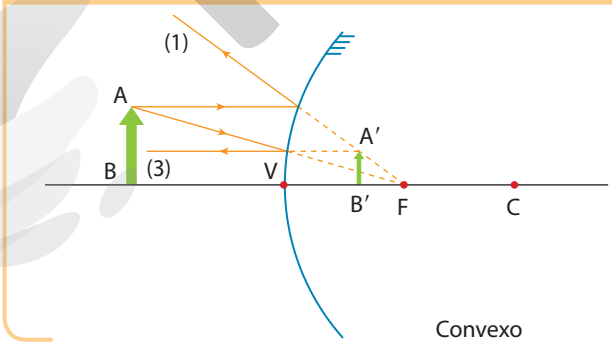
Formação de uma imagem real em um espelho côncavo.

Na construção dessa imagem, utilizamos o raio 1 do caso anterior, mas agora com um novo raio principal (**raio 3**). Ao emergir do ponto A, passando pelo foco F do espelho, o raio reflete-se paralelamente ao eixo principal. Portanto, podemos dizer que todo raio que incide no espelho passando pelo foco reflete-se paralelamente ao eixo principal.

Outra característica importante da imagem é que ela é formada pelo cruzamento efetivo dos raios refletidos e não por seus prolongamentos, formando o que chamamos de **imagem real**. Imagens desse tipo, como são formadas pelo cruzamento de raios de luz, não por seus prolongamentos, podem ser projetadas em uma parede ou anteparo, o que não ocorre com as imagens virtuais. Além disso, a imagem é invertida.

No caso de um **espelho convexo**, temos os mesmos pontos sobre o eixo principal (C, F e V), no entanto, agora eles estão localizados atrás do espelho. Como indica a figura a seguir, os raios principais são os mesmos, mas agora são os prolongamentos dos raios refletidos que passam por esses pontos. Por exemplo, o raio que incide paralelamente ao eixo principal não passa mais por F, mas sim seu prolongamento (**raio 1**).

IMAGEM FORMADA POR UM ESPELHO CONVEXO



Convexo

No caso do raio que incide na direção de F (é o seu prolongamento que passa por esse ponto), que é o **raio 3**, ele é refletido paralelamente ao eixo principal.

Aplicando o mesmo método descrito na situação anterior, construímos a imagem A′B′ do objeto AB. Nesse caso, é a intersecção dos prolongamentos dos raios de luz refletidos que forma a imagem virtual (imagem atrás do espelho). A imagem formada por espelhos convexos é virtual, direita e reduzida.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Atividades

Não escreva no livro.

1 Coloque um objeto AB na frente de um espelho côncavo. Faça um esquema e classifique a imagem formada A′B′ (em real/virtual; direita/invertida; ampliada/reduzida) em cada uma das seguintes posições:

a) objeto antes do centro de curvatura;

b) no centro de curvatura;

c) entre o centro e o foco;

d) no foco;

e) entre o foco e o vértice.

2 Espelhos convexos fornecem imagens sempre virtuais, direitas e reduzidas do objeto, independentemente da distância em que este se encontra do espelho. Comprove isso fazendo um esquema que represente um objeto em frente a um espelho convexo em duas posições diferentes.

3 Uma pessoa deseja utilizar um espelho esférico côncavo de raio de curvatura 50 cm como espelho de aumento. Qual deve ser a localização de seu rosto para que a imagem fornecida seja virtual, direita e maior?

4 Para projetar em um anteparo a imagem de uma vela fornecida por um espelho esférico, dispõe-se de espelhos côncavos e convexos. Qual deles deve ser escolhido?

5 Renata, uma aplicada estudante de Física, foi visitar a Casa dos Espelhos de um parque de diversões. Ao entrar e se defrontar com o primeiro espelho, observou que seu pescoço e sua cabeça apresentavam uma imagem direita e reduzida, enquanto a imagem do resto do seu corpo também estava direita, porém ampliada. Qual é a natureza dos espelhos que formam a imagem de Renata? Justifique sua resposta. Construa duas representações gráficas para cada tipo de espelho (o que forma a imagem da cabeça e o que forma a imagem do tronco), mostrando as características das imagens da situação descrita. Você pode representar tanto a cabeça como o tronco por flechas diante do espelho.

6 Os espelhos retrovisores de alguns carros vêm com um aviso de segurança em sua superfície. Veja a imagem:

LITO_LAKWATSERO/SHUTTERSTOCK

A frase, traduzida, informa que os objetos refletidos por esse espelho estão mais próximos do que aparentam.

Qual é a natureza do espelho e por que razão ele é utilizado nos automóveis?

Refração da luz

SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

123RF/EASYPIX BRASIL

Quando dentro da água, para quem observa de fora, as pernas das pessoas na imagem parecem deslocadas do corpo ou até mesmo quebradas.

Percepções desse tipo estão ligadas à **refração da luz**, fenômeno pelo qual a luz altera sua velocidade de propagação ao passar de um meio para outro.

À esquerda, a colher em um copo com água aparenta estar partida na superfície de separação entre o ar e a água devido à refração da luz. À direita, será que as pernas se separaram do corpo das pessoas?

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No vácuo, a luz se propaga com velocidade de aproximadamente $3{,}0 \cdot 10^8$ m/s, valor que indicamos pela letra *c*. Os cientistas perceberam que apenas no vácuo a luz atinge essa velocidade. Em qualquer outro meio, a velocidade de propagação da luz, que indicamos pela letra *v*, é menor que *c*.

A razão $\frac{c}{v}$ entre a velocidade da luz em qualquer meio e a velocidade da luz no vácuo é chamada de **índice de refração absoluto (*n*)**, que indica quantas vezes a velocidade da luz no vácuo é maior que a velocidade da luz em outro meio; portanto:

$$n = \frac{c}{v}$$

Dado, por exemplo, que a velocidade de propagação da luz no vidro é $v = 2 \cdot 10^8$ m/s, temos

$$n = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}} \Rightarrow n = 1{,}5$$

Esse resultado indica que a velocidade da luz no vácuo é 1,5 vez maior que a velocidade da luz no vidro. Note que o índice de refração é uma grandeza adimensional, isto é, não tem unidade, uma vez que se trata da razão entre duas quantidades de uma mesma grandeza (a velocidade).

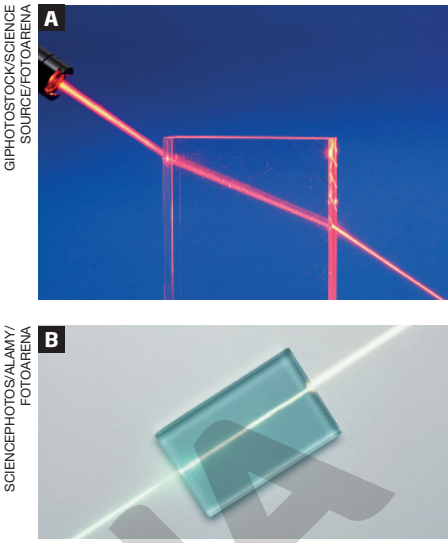
Quanto maior for o índice de refração de um meio, menor será a velocidade de propagação da luz nesse meio. Dizemos que o meio de maior índice de refração tem maior **refringência**. Portanto, **quanto mais refringente é o meio, menor a velocidade de propagação da luz nesse meio**.

Na tabela ao lado apresentamos alguns valores de índices de refração absolutos de alguns meios materiais.

Observe na tabela que $n_{ar} = 1$ porque o valor da velocidade da luz no ar é muito próximo do valor da velocidade da luz no vácuo.

Duas são as leis que descrevem a refração da luz.

1ª lei da refração: o raio incidente (RI), a reta normal à superfície de separação (N) e o raio refratado (RR) estão em um mesmo plano.



GIPHOTOSTOCK/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

SCIENCEPHOTOS/ALAMY/FOTOARENA

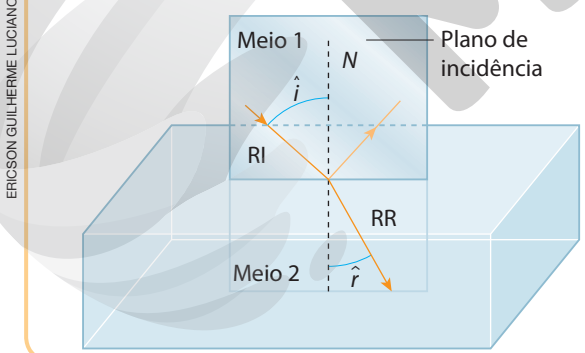
(**A**) Se a luz incidir de maneira inclinada sobre a superfície de separação entre os dois meios (por exemplo, o ar e a água), a mudança de velocidade implicará um desvio na direção de propagação. (**B**) Se a incidência acontece perpendicularmente à superfície, esse desvio não acontece.

Valores de índices de refração de alguns meios materiais

Meio material	Índice de refração (*n*)
Ar	1,00
Água	1,33
Vidro	1,4 a 1,7
Glicerina	1,47
Álcool etílico	1,36
Diamante	2,42
Acrílico	1,49

Fonte: LIDE, D. R. (Ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 87. ed. Boca Raton: CRC, 2006-2007.

PROPAGAÇÃO DA LUZ NA REFRAÇÃO



ERICSON GUILHERME LUCIANO

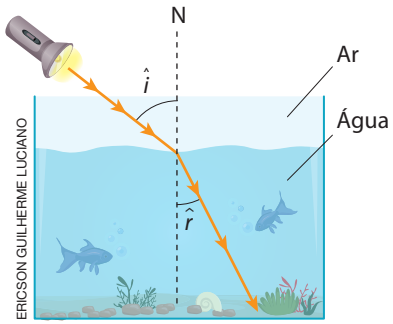
Um feixe de luz se propaga em um meio 1, encontra uma superfície que separa o meio 1 de um meio 2, e parte desse feixe atravessa a superfície, penetrando no meio 2. Pelo ponto de incidência, traçamos a reta normal à superfície de separação, e em relação a ela temos os **ângulos de incidência** $\hat{i}$ e o **de refração** $\hat{r}$. Todos esses raios estão no mesmo plano.

2ª lei da refração, conhecida como lei de Snell-Descartes: considerando dois meios transparentes e uma radiação monocromática, podemos afirmar que a razão entre o seno do ângulo de incidência ($\hat{i}$) e o seno do ângulo de refração ($\hat{r}$) depende apenas dos meios nos quais a luz se propaga, o que resulta algebricamente em:

$$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_1 \cdot \text{sen } \hat{i} = n_2 \cdot \text{sen } \hat{r}$$

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA



ERICSON GUILHERME LUCIANO

A luz da lanterna, ao atravessar a água, sofre refração e se aproxima da reta normal. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Como exemplo, imagine, como indica a figura ao lado, que você ilumine o fundo de um aquário com uma lanterna e que o facho de luz incidente forme um ângulo $\hat{i} = 60°$ em relação à normal e sofre refração na superfície de separação entre a água e o ar e o ângulo de refração $\hat{r} = 30°$.

Se quisermos determinar a velocidade da luz na água, basta aplicar a 2ª lei da refração e a definição do índice de refração, assim:

$$n_{ar} \cdot \text{sen } 60° = n_{água} \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = n_{água} \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow n_{água} = \sqrt{3} \simeq 1{,}7$$

Sendo o índice de refração da água a razão entre a velocidade da luz no vácuo ($3{,}0 \cdot 10^8$ m/s) e a velocidade da luz na água, temos:

$$n_{água} = \frac{c}{v_{água}} \Rightarrow v_{água} = \frac{3{,}0 \cdot 10^8}{1{,}7} \therefore n_{água} \simeq 1{,}8 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

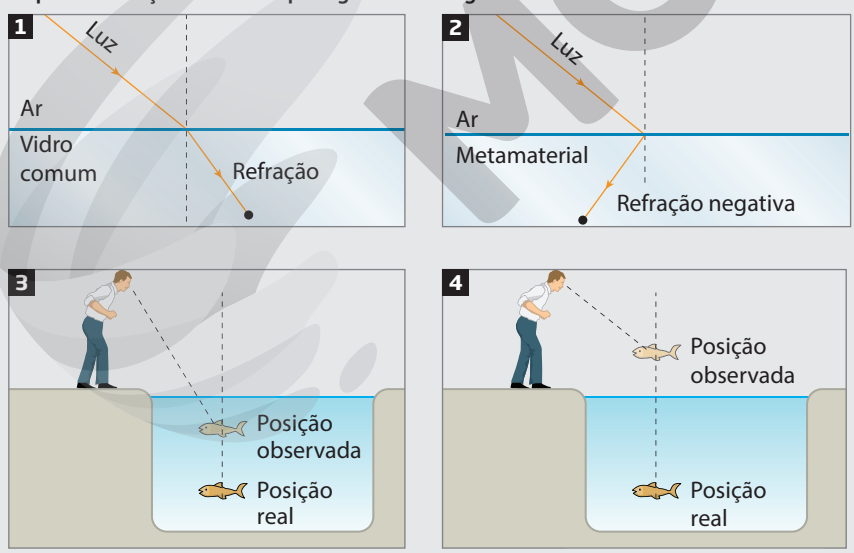
Interligações

Não escreva no livro.

O manto da invisibilidade de Harry Potter

Em um artigo científico de 2006, o físico inglês John Pendry divulgou um estudo demonstrando o potencial de determinados materiais de gerar um "manto de invisibilidade", como o do personagem Harry Potter. Ele calculou que esse tipo de material faria os raios de luz contornarem um objeto, voltando depois à trajetória original. Mais recentemente, um grupo de pesquisadores da Universidade da Califórnia, Estados Unidos, liderados pelo físico chinês Xiang Zhang obteve, pela primeira vez, um objeto capaz de dobrar a luminosidade para trás, ou, em outras palavras, os físicos projetaram uma espécie de "refração negativa". Essa propriedade não é verificada em nenhum material comum, e para criar algo assim foi preciso construir uma rede de liga metálica com estrutura ínfima, da ordem de nanômetros (10^{-9} m). O novo material é caro, trabalhoso, frágil e, até o momento, seria impraticável sua produção em grande escala. Além disso, até agora funciona só para a luz vermelha. Isso tudo, no entanto, não desanima os físicos do grupo de Zhang, que acreditam em rápidos avanços tecnológicos que tornariam possível a produção desse material.

O que é a refração da luz e o que significa ser negativa



(Representações fora de proporção; cores fantasia.)

1 A refração óptica é a que ocorre quando a luz muda de velocidade ao passar de um meio comum – o ar, por exemplo – para outro, como o vidro.
2 Na refração negativa, que só pode ser atingida com metamateriais – estruturas de construção especial –, a luz sofre um desvio que a faz recuar.
3 A água tem refração positiva. Por isso, quando vemos um peixe em um lago, temos a impressão de que ele está mais próximo da superfície.
4 Se a água fosse um metamaterial, teríamos a impressão de que o peixe estaria fora da água.

1. O que é refração negativa?

2. Quais características dos metamateriais possibilitam obter refração negativa?

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

MODERNA

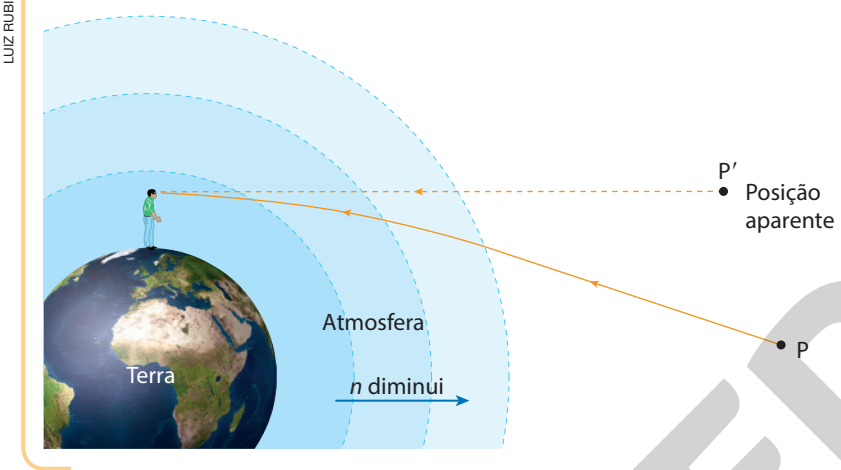
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Refração atmosférica

Ao olhar para o céu estrelado, pensamos estar visualizando a real localização dos corpos celestes. Entretanto, os astros não estão nas posições em que os vemos. Os índices de refração da atmosfera variam à medida que a altitude diminui, uma vez que a densidade do ar aumenta, ou seja, quanto mais perto da Terra, mais ar e, portanto, menor é a velocidade de propagação da luz. A luz proveniente das estrelas aproxima-se da normal ao se propagar em camadas de ar cada vez mais densas, descrevendo uma trajetória praticamente curva.

EFEITO DE REFRAÇÃO DA ATMOSFERA

LUIZ RUBIO



Devido ao efeito de refração da atmosfera, as estrelas ocupam uma posição aparente diferente da real. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Atividades

Não escreva no livro.

1 A tabela apresenta alguns índices de refração absolutos de certos meios para certa radiação monocromática.

Meio material	Índice de refração (*n*)
Ar	1,00
Gelo	1,31
Água	1,33
Glicerina	1,47
Vidro	1,4 a 1,7
Diamante	2,42
Quartzo cristalino	1,54
Álcool etílico	1,36

Fonte: LIDE, D. R. (Ed.). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 87. ed. Boca Raton: CRC, 2006-2007.

a) Qual dos meios é mais refringente?

b) Para qual dos meios a luz proveniente do vácuo apresentará maior desvio em relação à direção original?

c) Suponha um objeto feito inteiramente de vidro que tenha índice de refração de 1,47, imerso em glicerina contida em um recipiente também de vidro. Como o objeto é visto por um observador situado no ar?

2 O índice de refração absoluto do zircônio é aproximadamente 2,0.

a) Desenhe um esquema que represente um raio de luz proveniente do ar e que incida obliquamente na superfície de separação sofrendo refração. O raio aproxima-se ou afasta-se da normal?

b) Determine a velocidade da luz no zircônio.

c) Para um ângulo de incidência de 45°, determine o ângulo de refração.

3 A velocidade da luz em certo óleo é $\frac{2}{3}$ da velocidade da luz no vácuo.

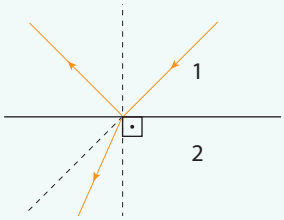
a) Represente graficamente um raio de luz proveniente do óleo e que incida obliquamente na superfície de separação com o ar sofrendo refração. O raio aproxima-se ou afasta-se da normal?

b) Considerando a velocidade da luz no ar $3{,}0 \cdot 10^8$ m/s, determine o índice de refração absoluto do óleo.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

4 Um raio luminoso monocromático incide em uma superfície de separação entre os meios 1 e 2, sofrendo reflexão e refração conforme a figura a seguir.

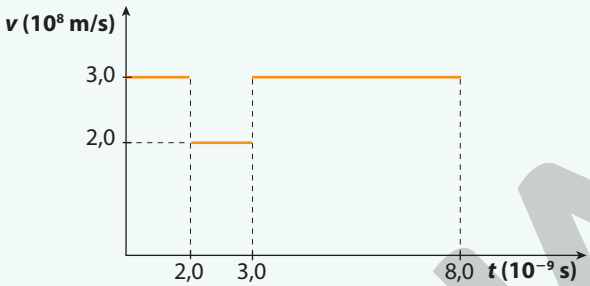


Verifique se cada uma das afirmativas a seguir é verdadeira ou falsa e justifique sua escolha.

a) O índice de refração do meio 1 é menor que o do meio 2.

b) A velocidade de propagação da luz no meio 1 é maior que no meio 2.

5 Um raio de luz monocromática propagando-se no vácuo (índice de refração igual a 1) incide perpendicularmente em uma placa de vidro atravessando-a e retornando ao vácuo. O gráfico abaixo representa a variação da velocidade da luz em função do tempo para a situação descrita.

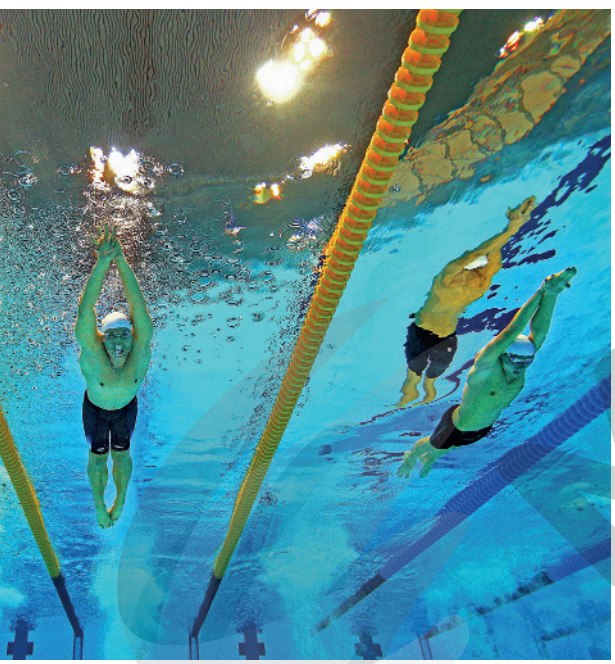


Determine a espessura da placa de vidro, em metro, e o índice de refração absoluto do vidro.

Reflexão total

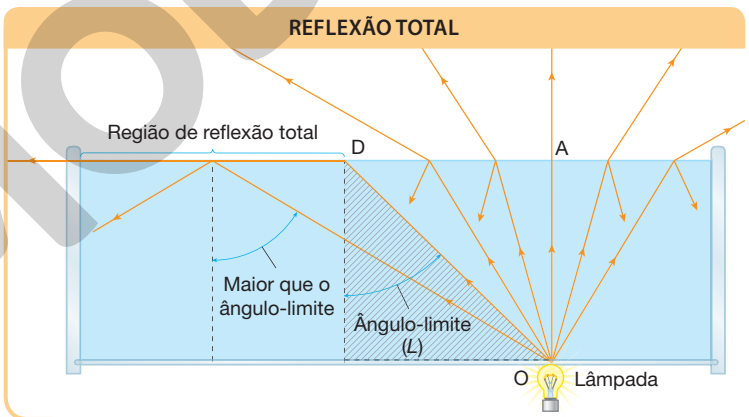
Imagens como a da fotografia ao lado, em que vemos as costas do nadador refletidas na superfície da água, como se ali houvesse um espelho plano, são produzidas por um fenômeno denominado **reflexão total**, que ocorre sob determinadas condições.

Para analisar a reflexão total, observe a figura abaixo, em que uma lâmpada é colocada no fundo de um aquário.



CLIVE ROSE/GETTY IMAGES

Em uma piscina é possível observar a reflexão total.



Esquema da reflexão total. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

A luz emitida pela lâmpada, ao passar para o ar com maior velocidade que na água, afasta-se da normal. Entre os pontos A e D, grande parte da luz emerge da água e somente uma pequena parcela sofre reflexão. Entretanto, ao incidir segundo certo ângulo L, no ponto D da superfície de separação, a luz refrata em uma direção rasante a essa superfície, ou seja, o ângulo de refração é $\hat{r} = 90°$. Se o ângulo de incidência for maior que L, a luz retorna integralmente para a água, sofrendo reflexão total.

Definimos o **ângulo-limite** L como o menor ângulo de incidência da luz em uma superfície de separação entre dois meios a partir do qual ela é totalmente refletida. A reflexão total só ocorre em situações nas quais a luz passa de um meio mais refringente para um menos refringente, como da água para o ar, por exemplo.

A reflexão total explica alguns fenômenos curiosos, como o brilho dos diamantes e miragens.

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

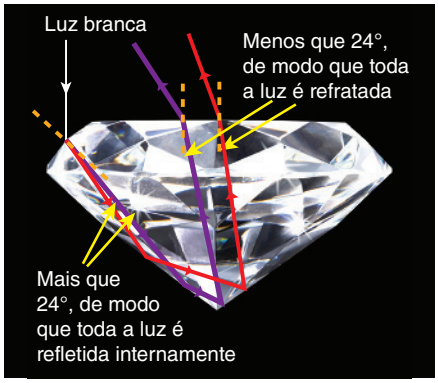
MODERNA

Por que um diamante é tão precioso?

Um anel de diamante é considerado valioso quando a pedra é pura e brilha muito. A cor também é considerada no valor do diamante. Interpretamos o brilho do diamante como a luz aprisionada em seu interior, o que faz com que a pedra pareça uma lâmpada pequenina. Mas a que se deve essa capacidade de manter a luz presa? Por que um anel de vidro, também transparente, não provoca o mesmo efeito?

O ângulo-limite para o vidro comum (que é de 42°) é maior do que o ângulo-limite para o diamante (24°). Grande parte da luz que entra no diamante, ao tentar voltar para o ar, através de ângulos de incidência maiores que seu ângulo-limite, sofre reflexões sucessivas nas faces da pedra, provocando o efeito brilhante. Ainda que no vidro isso também ocorra, o fato de o ângulo-limite ser maior explica por que a maior parte da luz no interior do vidro consegue retornar para o ar mais facilmente.

RICARDO YORIO



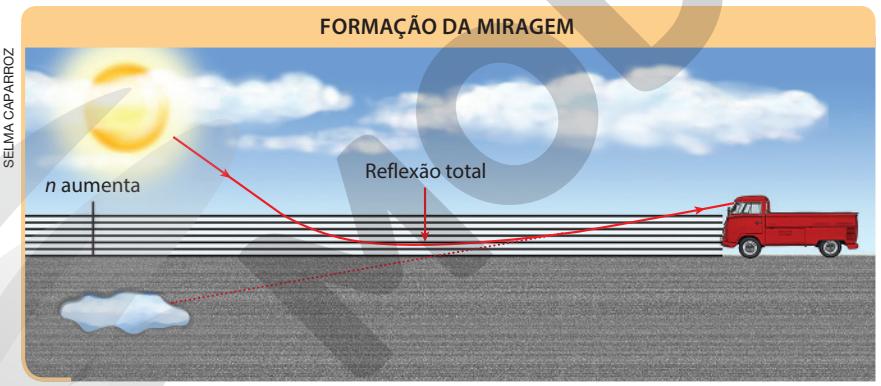
JAMEY EKINS/SHUTTERSTOCK

O diamante, constituído de carbono, é naturalmente cristalizado a alta pressão. Pode ser lapidado com o objetivo de refletir e espalhar a luz. O diamante é o mineral mais duro da natureza.

Por que o asfalto parece molhado em dias de calor?

Quando avistamos um veículo ao longe em uma estrada, num dia de sol, podemos ter a impressão de que ele está se movendo sobre a pista molhada. O fenômeno descrito é conhecido como **miragem**, e é causado pela refração da luz.

SELMA CAPARROZ



A impressão de asfalto molhado na estrada é uma miragem, efeito causado pela refração. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

De fato, a luz emitida pela nuvem em direção ao asfalto percorre camadas de ar cada vez mais aquecidas, por isso menos densas e com índices de refração cada vez menores. Assim, a luz sofre sucessivas refrações, afastando-se cada vez mais da normal, até que o ângulo de incidência supere o ângulo-limite, ocorrendo então a reflexão total da luz. O que vemos, então, é a imagem pouco nítida da nuvem refletida no solo.

FABIO COLOMBINI

A miragem causa a impressão de que existe água sobre o solo quando, na verdade, é uma projeção do céu sobre o asfalto ou o solo. Miragem em uma rodovia (São Joaquim, SC, 2019).

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Não escreva no livro.

Fibras ópticas

A informática e as telecomunicações não seriam o que são hoje se não fosse a descoberta da fibra óptica. Devido à alta capacidade de transmissão de dados da fibra óptica, foi possível unir esses dois mundos, aparentemente distintos, no que chamamos hoje de **telemática** (telecomunições e informática).

Apesar da eficiência da comunicação de dados por meio de satélites em órbita ao redor da Terra, há um enorme fluxo de informações que necessita de caminhos na superfície para serem trocadas.

Os cabos de cobre, antecessores da fibra óptica, não poderiam dar vazão a essa enxurrada de dados, imagens, voz e tudo aquilo que pode trafegar pelas redes de comunicação ao redor do mundo.

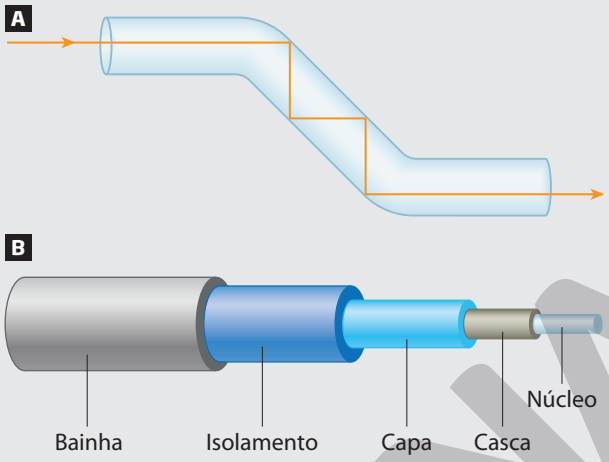
A transmissão de dados por meio da fibra óptica se dá graças a alguns dos princípios que acabamos de estudar.

O núcleo da fibra óptica nada mais é do que um longo e finíssimo cilindro (um fio) feito de um meio transparente, que permite que a luz o atravesse. Sua espessura pode ser tão ou mais fina que a de um fio de cabelo, e o material utilizado pode ser plástico ou sílica.

Ao redor do núcleo, há um revestimento, geralmente de plástico, com índice de refração menor que o do núcleo, que garante que os raios de luz, ao atingirem a interface entre os dois materiais com ângulo maior que o ângulo-limite, sofram reflexão total. O raio de luz, portador de um sinal, ou seja, de uma informação, sofre sucessivas reflexões e vai, assim, avançando pelo cabo. Esse cabo pode fazer curvas, transpor montanhas e fossas marítimas, mantendo os raios de luz confinados nele.

Como são materiais de altíssima qualidade, os plásticos utilizados no núcleo evitam ao máximo a perda de parte da luz transmitida, naquilo que é chamado de atenuação do sinal. Com isso, grandes distâncias podem ser cobertas sem necessidade de estações retransmissoras.

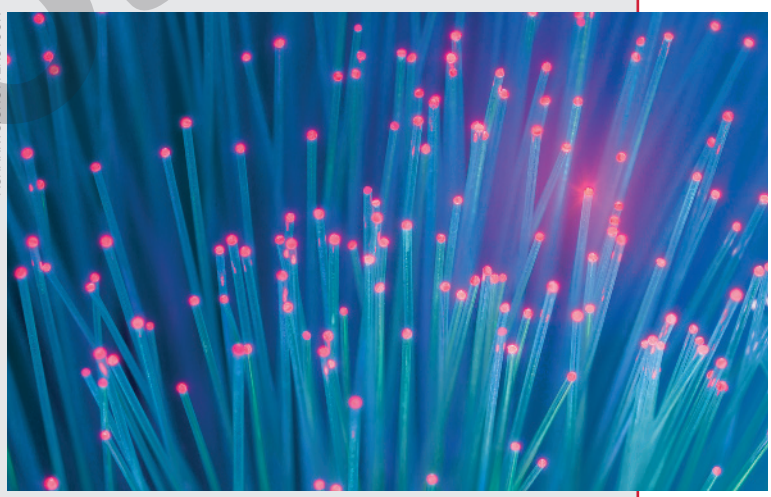
Pelo princípio da independência dos raios de luz, vários sinais, cada um carregando uma informação distinta, podem trafegar ao mesmo tempo ao longo de um único cabo, sem interferência. Nos antigos cabos de cobre, por exemplo, cada ligação telefônica ocupava um par de fios, que só ficava disponível novamente ao final da ligação. Atualmente, dependendo dos cabos de fibra óptica, milhares de ligações podem ser feitas simultaneamente.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

(**A**) Esquema de múltiplas reflexões totais no interior de uma fibra óptica. (**B**) Modelo da estrutura de uma fibra óptica. Núcleo: filamento de vidro ou plástico por onde passa a luz. Casca: camada que reveste o núcleo, com índice de refração inferior ao dele. Capa: camada de plástico, proteção que envolve o núcleo e a casca. Isolamento: fibras que ajudam a proteger o núcleo contra impactos e tensões excessivas. Bainha: capa que recobre o cabo de fibra óptica. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Com o desenvolvimento da tecnologia, o custo de instalação e de manutenção de enlaces de fibra óptica caiu consideravelmente, ao mesmo tempo que aumentaram a flexibilidade dos cabos, antes muito frágeis, sua capacidade de transmissão e confiabilidade.



ASHARKYU/SHUTTERSTOCK

Luz propagando-se em um feixe de fibras ópticas.

1. Cite duas vantagens dos cabos de fibra óptica em relação aos antigos cabos de cobre.

2. Por que é importante que o revestimento que envolve o núcleo de fibra óptica seja feito de material com índice de refração menor do que o do núcleo?

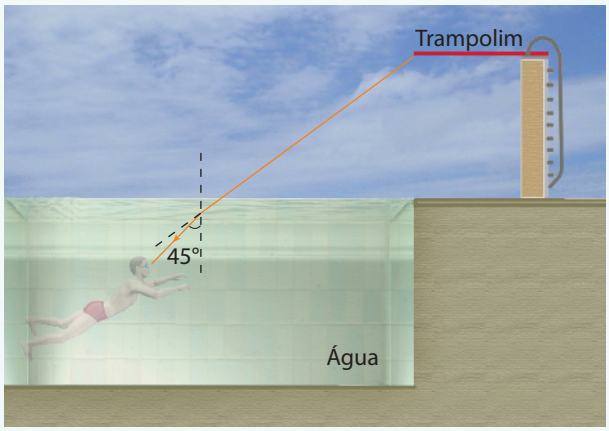
MODELO

Atividades

Não escreva no livro.

1 Um observador totalmente imerso na água de uma piscina olha em direção a um trampolim situado na borda a um ângulo de 45°.

PAULO MANZI



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Ele consegue enxergar o trampolim ou vê apenas a superfície da água refletindo o fundo da piscina? Considere o ângulo-limite da água 48°.

2 Analise a tabela e responda.

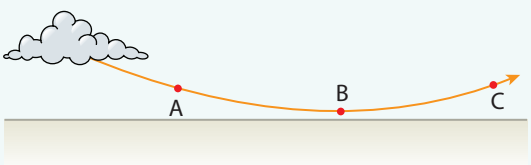
Substância	Índice de refração em relação ao ar
Água	1,33
Álcool etílico	1,46
Glicerina	1,47
Quartzo cristalino	1,54
Vidro comum	1,50

a) É possível observar reflexão total com luz incidindo do quartzo para o vidro comum? E da glicerina para o álcool? Explique.

b) Para um mesmo ângulo de incidência diferente de zero, em qual dos meios ocorrerá o maior desvio na direção de um raio de luz que se propaga no ar? Justifique.

c) Calcule o ângulo-limite entre a água e o ar.

3 Um feixe luminoso proveniente de uma nuvem atravessa uma região da atmosfera, sofrendo o desvio mostrado na figura:



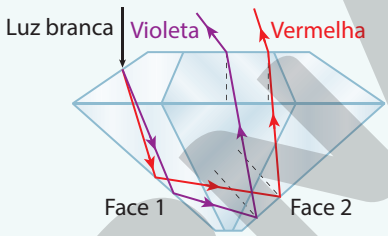
Responda:

a) O que ocorre com o índice de refração do ar no trecho AB? Justifique.

b) Que fenômeno ocorre em B? Justifique.

c) Um observador em C verá a nuvem acima, abaixo ou na mesma posição em que a nuvem está? Justifique.

4 A figura mostra a trajetória de um feixe de luz branca no interior de um diamante.



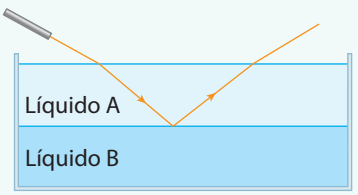
Sobre a situação, leia as afirmações a seguir:

I. A luz branca, ao penetrar no diamante, sofre refração e se dispersa nas cores que a compõem.

II. Nas faces 1 e 2, a luz incide em um ângulo superior ao ângulo-limite (ou crítico) e por isso sofre reflexão total.

Avalie qual(is) afirmativa(s) é(são) correta(s). Justifique.

5 Deseja-se realizar uma experiência de reflexão total na interface entre dois líquidos imiscíveis, usando um feixe de luz monocromática que incide de cima para baixo, como ilustrado na figura a seguir.



Dispõe-se dos seguintes líquidos, conforme os dados da tabela a seguir.

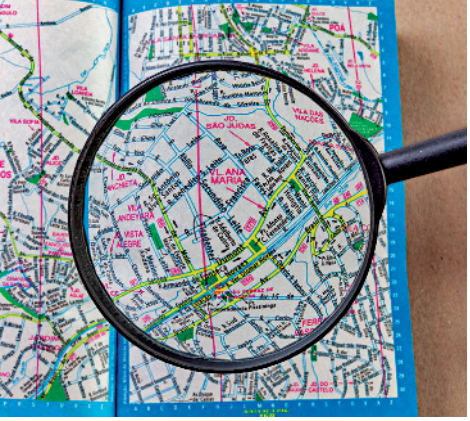
Líquido	Índice de refração (n)	Densidade ρ (g/cm^3)
1	1,33	1,00
2	1,50	0,87
3	1,40	1,25
4	1,45	0,80

Qual dos líquidos apresentados na tabela representa o líquido A? E o líquido B? Explique.

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA



DOTTA2

O uso da lupa possibilita enxergar objetos muito pequenos.

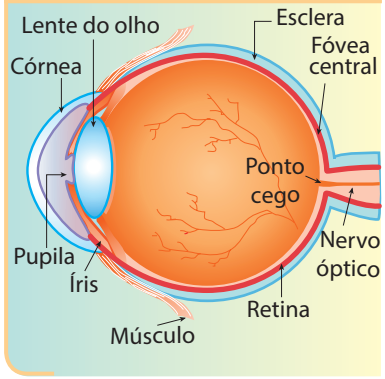
Lentes esféricas e a visão humana

Todos conhecemos alguém que precisa usar óculos para enxergar melhor; talvez você mesmo os use. Os primeiros óculos de que se tem notícia destinavam-se a pessoas que não conseguiam ver bem os objetos próximos dos olhos. Uma lupa aumenta muitas vezes os objetos vistos através dela. Óculos, lupas e lunetas são apenas alguns dos instrumentos criados com base no conhecimento das propriedades das lentes esféricas. Mas como se formam nos olhos as imagens dos objetos que nos cercam? O que são os defeitos de visão e como podemos corrigi-los? Vamos estudar essas questões.

Para começar a discutir essas questões, precisamos "olhar mais de perto" o olho humano. Ele pode ser analisado como um conjunto de meios transparentes, separados uns dos outros por superfícies aproximadamente esféricas, cuja função é projetar a imagem dos objetos que nos cercam em células que funcionam como sensores que transformam a luz da imagem em impulsos elétricos transmitidos ao cérebro. A figura ao lado mostra um esquema do olho e suas partes.

A luz penetra no olho através da **córnea**, que é transparente e refrata grande parte da luz incidente. A **íris** é a membrana que dá a coloração ao olho. Em seu centro, há uma abertura de diâmetro variável, a **pupila**, que controla automaticamente a quantidade de luz que penetra no olho, a fim de evitar ofuscamento. A **lente do olho**, anteriormente denominada cristalino, comporta-se como uma lente elástica capaz de modificar sua forma. A luz que atinge o olho é projetada pela lente do olho sobre a **retina**, que exerce a função de anteparo sobre o qual se formam as imagens dos objetos observados e onde estão presentes os sensores que citamos.

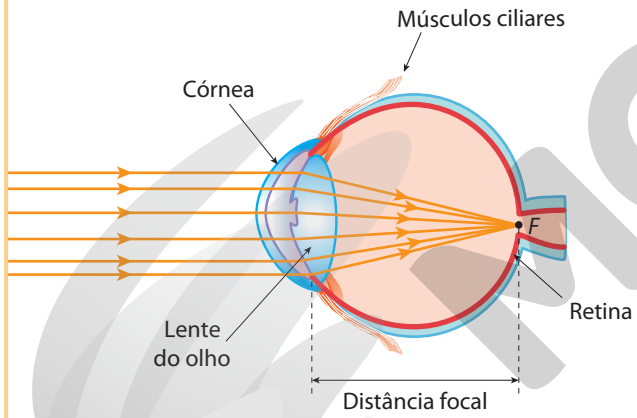
PARTES DO OLHO HUMANO



LUIZ RUBIO

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

FORMAÇÃO DA IMAGEM NO OLHO HUMANO



ERICSON GUILHERME LUCIANO

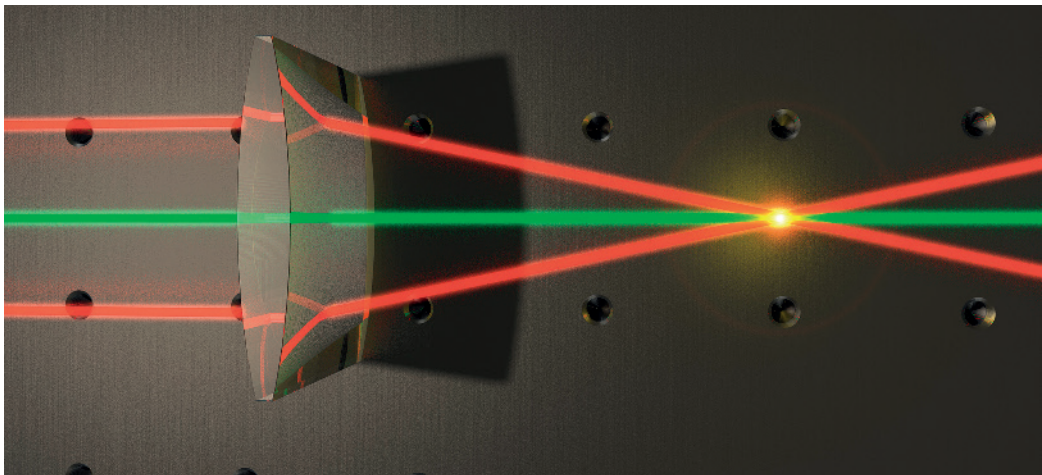
(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Formação da imagem e acomodação visual

O olho humano pode ser considerado um sistema óptico com duas lentes espessas, a córnea e a lente, um diafragma, que é a íris, e um anteparo, a retina. No olho humano normal, as imagens se formam sempre na retina.

No esquema simplificado do olho humano mostrado a seguir, representando a **lente** do olho, a **retina** e os **músculos ciliares**, vemos que os raios que chegam paralelos, passam pela lente do olho e convergem para um único ponto sobre a retina.

Lentes que têm a propriedade de convergir os raios de luz são chamadas de **lentes convergentes**. Esse é o tipo de lente que é utilizado, por exemplo, nas lupas.



DAVID PARKER/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

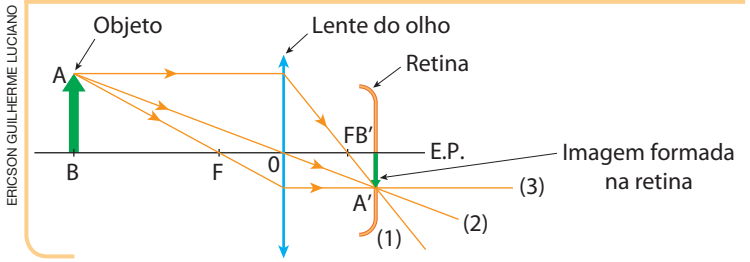
Comportamento dos raios luminosos em uma lente convergente.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Mas como se forma a imagem no olho humano? As imagens devem ser reduzidas, para caberem na retina, e devem ser reais, para estimular os sensores de luz existentes na retina. Lentes convergentes são capazes de formar esse tipo de imagem. Para analisar a geometria envolvida na formação das imagens nesse tipo de lente, devemos considerar seus elementos: **eixo principal** (EP), **centro óptico** (O) e **foco** (F).

Embora a imagem seja formada por infinitos raios de luz que são refratados pela lente, vamos utilizar apenas alguns raios chamados de **raios principais**. Observe na figura a seguir a construção da imagem de um objeto AB colocado além do foco F de uma lente convergente, perpendicularmente ao eixo principal.

IMAGEM FORMADA EM UMA LENTE CONVERGENTE



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Esquema da formação de imagem em uma lente convergente – objeto além do foco F.

Um dos raios principais (**raio 1**) é emitido pela extremidade superior do objeto (A) e tem direção paralela ao eixo principal; esse raio converge para o foco da lente. Dessa forma, podemos dizer que todo raio que incide paralelamente ao eixo principal é refratado passando pelo foco F da lente.

O segundo raio principal (**raio 2**) é emitido na direção do centro óptico e não sofre desvio. Dessa forma, podemos dizer que todo raio que incide na direção do centro óptico (O) da lente não sofre desvio.

O terceiro raio principal (**raio 3**) é emitido na direção de um dos focos da lente e é refratado paralelamente ao eixo principal. Dessa forma, podemos dizer que todo raio que incide na direção do foco da lente (F) é refratado paralelamente ao eixo principal.

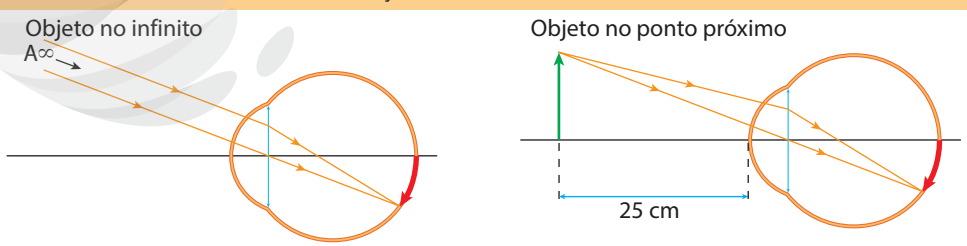
Note que a imagem obtida tem as características da imagem formada em nossa retina: reduzida e real. Note que a imagem se forma invertida na retina. Nosso cérebro é capaz de corrigir a posição da imagem tão rapidamente que não percebemos que a imagem formada é invertida.

Mas os objetos que vemos não ficam a uma distância fixa de nossos olhos. Como é possível manter a imagem nítida, independentemente da distância que está o objeto? O olho é capaz de ajustar a imagem sempre sobre a retina através da sua lente, que tem a capacidade de variar sua distância focal por meio da ação dos músculos ciliares.

Quando observamos um objeto muito distante (objeto no infinito), como um navio no horizonte, sem "forçar a vista" para distinguir detalhes, os músculos ciliares estão totalmente relaxados. Nesse caso, o foco da lente coincide com a retina. Essa posição do objeto é denominada **ponto remoto**.

Já quando observamos um objeto muito próximo e ainda obtemos uma imagem nítida dele, os músculos ciliares estão comprimidos. O ponto no qual o objeto produz a compressão máxima dos músculos ciliares é denominado **ponto próximo** e situa-se, em geral, a 25 cm do olho de um adulto sadio. Devido à perda de flexibilidade da lente do olho, a distância do ponto próximo aumenta com a idade.

FORMAÇÃO DA IMAGEM NA RETINA



ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Esquema da formação na retina da imagem de um objeto posicionado no infinito.

Esquema da formação na retina da imagem de um objeto posicionado no ponto próximo.

(Representações fora de proporção; cores fantasia.)

Esse ajuste da imagem na retina que permite uma visão nítida a diversas distâncias é denominado **acomodação visual**.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

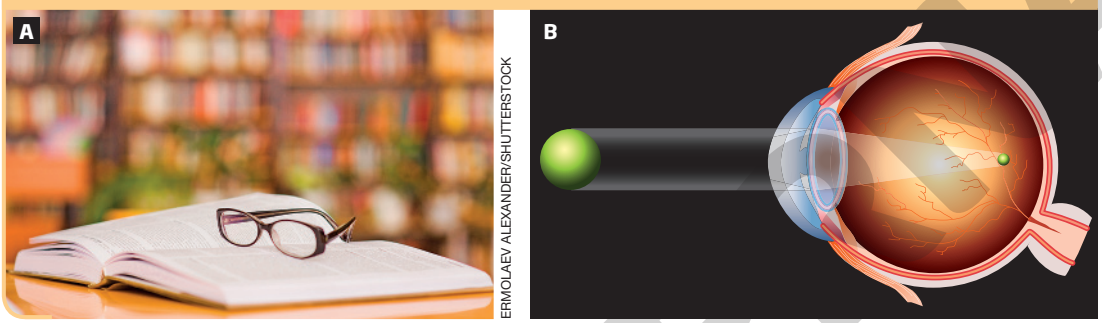
Defeitos da visão

Em um olho normal, a imagem dos objetos sempre é projetada na retina. Quando isso não ocorre, essa imagem deixa de ser nítida. Para corrigir esse efeito indesejável, utilizam-se lentes corretoras, de acordo com os distúrbios visuais apresentados. Veja a seguir os principais distúrbios visuais.

Miopia

Em um olho míope, os objetos distantes, emitindo luz na forma de um feixe paralelo, terão suas imagens conjugadas pela córnea e pela lente do olho antes da retina, ou seja, a associação de lentes do olho apresenta uma convergência maior que a necessária. A causa da miopia pode estar associada a um alongamento do olho. A pessoa com miopia tem dificuldade em enxergar objetos distantes. No entanto, ao aproximar um objeto, a acomodação visual possibilita projetar a imagem sobre a retina, tornando a imagem nítida.

VISÃO E OLHO HUMANO COM MIOPIA

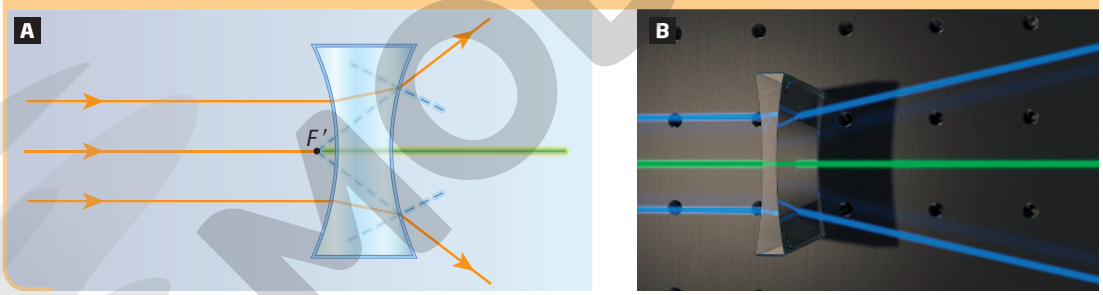


ERMOLAEV ALEXANDER/SHUTTERSTOCK

(**A**) A pessoa com miopia tem dificuldade de enxergar objetos distantes. (**B**) A luz na forma de um feixe paralelo terá suas imagens conjugadas pela córnea e pela lente do olho antes de chegar à retina. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Para corrigir a miopia, é necessário utilizar lentes corretivas que tenham comportamento oposto ao convergente, chamadas de **lentes divergentes**, que retardam a convergência do feixe de luz.

RAIOS LUMINOSOS EM LENTE DIVERGENTE

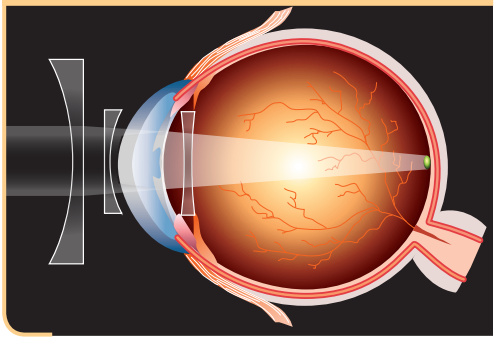


DAVID PARKER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Esquema (**A**) e imagem (**B**) do comportamento dos raios luminosos em uma lente divergente.

Atualmente empregam-se diversas técnicas para o uso desse tipo de lente para correção da miopia. Na figura a seguir, estão representadas: lente de óculos, lente de contato e lente intraocular implantada por meio de cirurgia.

LENTES PARA CORREÇÃO DA MIOPIA



Conjunto de lentes (óculos, lente de contato e lente intraocular) que solucionam o problema da miopia. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

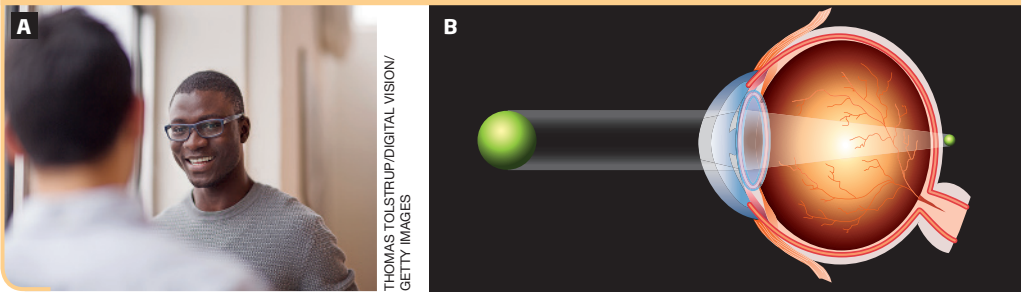
ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Hipermetropia

Em um olho hipermetrope, os objetos que estão mais próximos, emitindo luz na forma de um feixe paralelo, terão suas imagens conjugadas pela córnea e pela lente do olho após a retina, ou seja, a associação de lentes do olho apresenta uma convergência menor que o necessário.

VISÃO E OLHO HUMANO COM HIPERMETROPIA



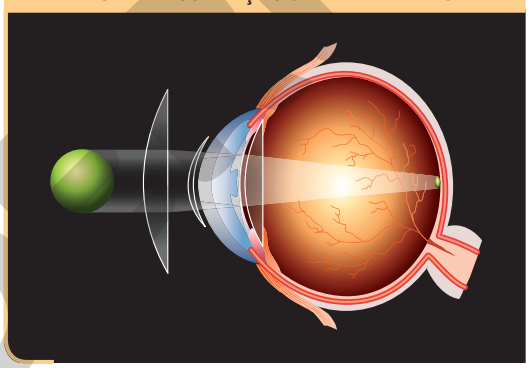
THOMAS TOLSTRUP/DIGITAL VISION/GETTY IMAGES

(**A**) A pessoa com hipermetropia tem dificuldade de enxergar objetos próximos. (**B**) A luz na forma de um feixe paralelo terá suas imagens conjugadas pela córnea e pela lente do olho depois da retina, causando uma visão pouco nítida dos objetos próximos. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Para focalizar com nitidez um objeto distante, a lente do olho deve se deformar para se acomodar em uma posição cujo foco se localize na retina. Isso é feito naturalmente e, com essa adaptação, a visão de objetos afastados pelo olho hipermetrope é perfeita. No entanto, ao aproximar o objeto, esgota-se a capacidade de deformar a lente do olho, não conseguindo mais adaptar a distância focal. Por essa razão, a pessoa com hipermetropia tem dificuldade de enxergar objetos próximos.

A correção da hipermetropia se dá com a utilização de lentes corretivas convergentes. Sua causa pode estar associada a um encurtamento do olho ou a uma anomalia no índice de refração dos meios transparentes do olho. Atualmente são diversas as técnicas utilizadas para a correção da hipermetropia. Na figura ao lado estão representadas: lente de óculos, lente de contato e lente intraocular implantada por meio de cirurgia.

LENTES PARA CORREÇÃO DA HIPERMETROPIA



Conjunto de lentes (óculos, lente de contato e lente intraocular) que solucionam o problema da hipermetropia. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

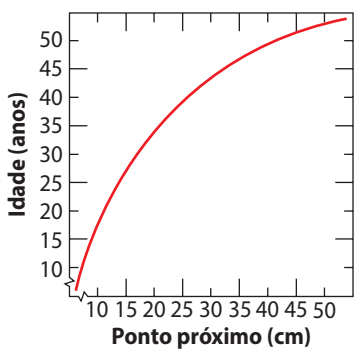
Presbiopia ou vista cansada

À medida que os indivíduos envelhecem, os músculos ciliares perdem a flexibilidade, e a lente do olho vai enrijecendo progressivamente, tornando-se menos capaz de ajustar o foco para a visão de objetos próximos do olho. Isso acarreta um progressivo afastamento do ponto próximo. A perda da capacidade de acomodação visual decorrente da idade chama-se **presbiopia**. Para muitos, ela não deve ser considerada um distúrbio da visão, pois ocorre em todas as pessoas, uma vez que todos envelhecemos.

Conforme vemos na tabela e no gráfico ao lado, esse defeito da visão ocorre com o aumento da idade e começa a ser percebido por volta dos 40 anos, quando surge, por exemplo, a necessidade de afastar um jornal para a leitura.

As lentes corretivas adequadas para a presbiopia são convergentes, com a mesma função das lentes para hipermetropia.

IDADE × PONTO PRÓXIMO



À medida que envelhecemos, o ponto próximo vai ficando mais distante, como mostra o gráfico. Uma pessoa de 50 anos de idade terá o ponto próximo a 50 cm do olho, aproximadamente.

Fonte: SCHACHAR, R. A. *et al*. The mechanism of accomodation and presbyopia in the primate. *Ann Ophthalmol*, 1995.

Variação do ponto próximo com a idade do indivíduo

Idade	Ponto próximo (em cm)
Criança	7
Jovem	12
Adulto	25-40
Idoso (> 60 anos)	> 100

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELO

FOTOGRAFIAS: DOTTA

O indivíduo com astigmatismo vê os objetos, tanto próximos quanto distantes, de maneira distorcida, borrada, sem nitidez.

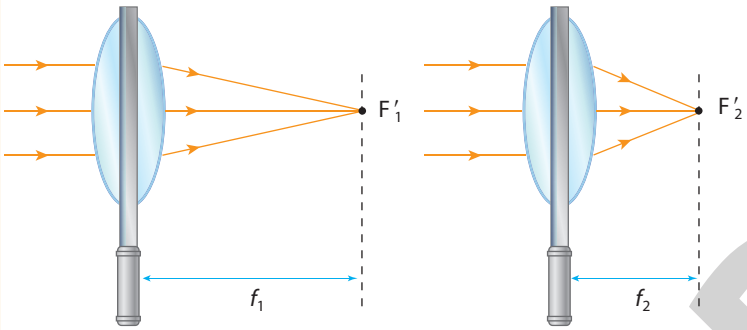
Astigmatismo

Esse distúrbio é causado pelo formato irregular da córnea ou da lente do olho, produzindo uma imagem em vários focos que se encontram em eixos distintos. Muitos o consideram hereditário e o distúrbio mais frequente da visão humana. Pode ser corrigido com o uso de lentes corretivas cilíndricas.

O "grau do oculista" – Vergência ou convergência de uma lente

Mas de que maneira o médico oftalmologista determina o "grau" que os óculos devem ter? Pela descrição dos defeitos mais comuns da visão, o médico deve determinar quanto os raios luminosos devem convergir ou divergir dentro do olho. Para isso, eles se utilizam de uma grandeza física chamada **vergência (*V*)** da lente.

PONTO DE CONVERGÊNCIA



LUIZ RUBIO

Podemos notar que, quanto menor o valor da distância focal, mais próximo da lente estará o ponto de convergência. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Observe a figura ao lado, que mostra duas lentes convergentes. Imagine que devemos determinar qual delas tem maior poder de convergência. Para isso, incidimos na lente um feixe de luz paralelo e verificamos em qual delas o ponto de convergência está mais próximo do centro óptico; essa será a lente de maior convergência.

Definimos **vergência** como a grandeza que mede o maior ou menor poder de convergência ou de divergência de uma lente. Essa grandeza pode ser obtida pelo inverso da distância focal ou, algebricamente, pela expressão:

$$V = \frac{1}{f}$$

Para distâncias focais medidas em metro, a unidade de medida da vergência é o $\frac{1}{\text{m}}$, denominada **dioptria (di)**, unidade mais conhecida como "grau" da lente. Por convenção, a distância focal das lentes convergentes é definida como positiva, ou seja, $f > 0$. Já para as lentes divergentes, a distância focal é negativa ($f < 0$).

Como exemplo, considere uma lente convergente de distância focal igual a $+25$ cm, ou seja, $+0{,}25$ m. Sua vergência será dada por:

$$V = \frac{1}{f} \Rightarrow V = \frac{1}{+0{,}25} \therefore V = +4 \text{ di}$$

Se a lente for divergente, de mesma distância focal, teremos $V = -4$ di, pois a distância focal é negativa para esse tipo de lente. Podemos perceber qual defeito de visão a pessoa tem e que lente ela deve usar analisando o receituário oftalmológico, como a seguir.

LONGE	ESFÉRICO	CILINDRO	EIXO
OD	–8,00	–1,00	165°
OE	–7,00	–1,50	5°

Pelo receituário oftalmológico, descobrimos que a pessoa é míope, pois o "grau" dos óculos é negativo e, portanto, as lentes esféricas são divergentes. E lentes desse tipo corrigem o defeito da miopia. Se fosse positivo, o defeito seria o da hipermetropia ou presbiopia. Concluímos, também, que a pessoa é astigmática, pois é recomendado o uso de lentes cilíndricas, que corrigem esse defeito.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Não escreva no livro.

Correção da catarata

Recentemente, técnicas cirúrgicas inovadoras surgiram para tentar corrigir ou minimizar os chamados problemas refrativos da visão: miopia, hipermetropia e astigmatismo. Eles são considerados refrativos por estarem relacionados ao fato de a córnea, a parte do olho que funciona como uma lente, não produzir o foco exatamente na retina ou distorcer a imagem no seu trajeto até ela.

Várias técnicas foram usadas para corrigir esse tipo de problema (óculos, lentes de contato), mas a manipulação direta da córnea só foi possível a partir do desenvolvimento de ferramentas avançadas.

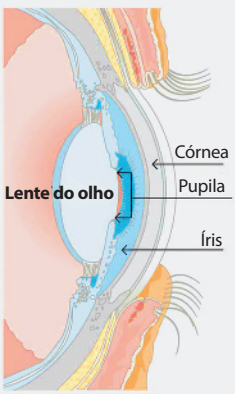
Com bisturis de diamante ultrafinos e, mais recentemente, dispositivos a *laser*, os médicos podem executar cortes extremamente precisos.

As técnicas são basicamente duas: cortes radiais (na direção do raio) na córnea ou retirada de material da sua superfície. Em ambos os casos, a reconfiguração da superfície da córnea altera seus elementos de refração, como a distância focal. O avanço das técnicas cirúrgicas também foi essencial para resolver problemas de visão gerados, por exemplo, pelo embaçamento decorrente da catarata.

EDITORIA DE ARTE/FOLHA IMAGEM

A CIRURGIA DE CATARATA

Procedimento remove a lesão e coloca no seu lugar uma lente permanente



O que é

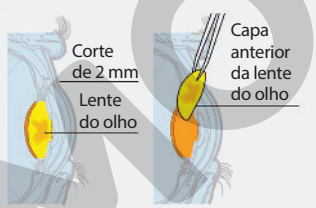
- Embaçamento da lente do olho (lente localizada atrás da pupila)
- A opacidade aumenta gradualmente, tornando a visão cada vez menos nítida. É a maior causa de cegueira curável no Brasil

Sintomas

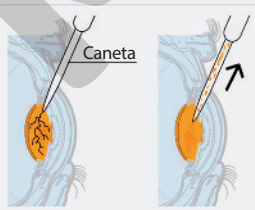
- Necessidade de luz cada vez mais forte para ler, perda da visão noturna e da nitidez
- As cores ficam pálidas e amareladas
- Quem usa óculos tem que trocar de graduação mais rapidamente

COMO É A CIRURGIA

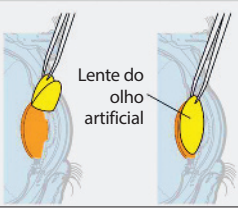
1 Um corte de 2 mm é feito no olho; com uma pinça, o médico retira a capa anterior da lente do olho, que protege a lente



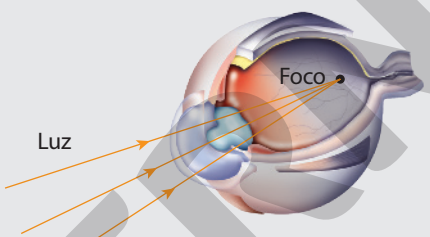
2 É introduzida a "caneta", cuja vibração quebra a parte interna da lente do olho, atingida pela catarata. O aparelho suga esse material comprometido pela doença



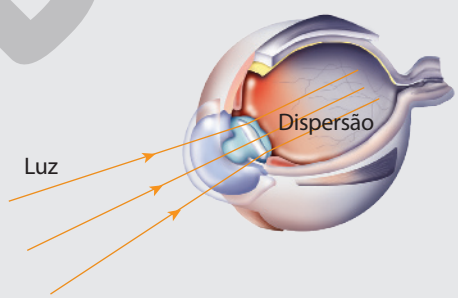
3 Uma nova lente do olho (artificial) é colocada no lugar da que foi retirada. Ela é introduzida dobrada ao meio e é aberta já dentro do olho



ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO



Olho normal
A lente é clara e transparente, permitindo que a luz passe com facilidade.



Olho com catarata
A lente se torna opaca, impedindo que a luz passe com facilidade. A visão fica borrada.

Fonte: Instituto de Visão da Unifesp. *In*: *Folha de S.Paulo*, 25 jun. 2009.

(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

1. Caracterize a catarata e descreva seus sintomas.
2. Existe a possibilidade de melhorar a visão prejudicada por causa de catarata com lentes corretoras, como ocorre com a miopia ou o astigmatismo?

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

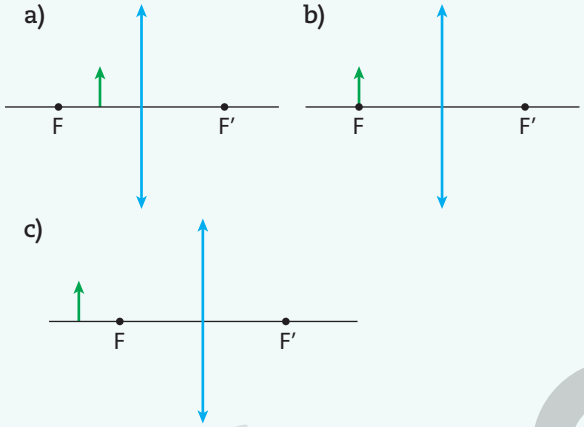
Atividades

Não escreva no livro.

1 É possível utilizar uma lente convergente de distância focal 25 cm para concentrar a luz do Sol e queimar uma folha de papel? Nesse caso, a que distância da lente deve estar a folha de papel para que isso ocorra?

2 Costureiras focalizam durante muito tempo sua visão em pontos muito próximos dos olhos, quando estão costurando. Para que descansem, sugere-se que levantem o rosto da costura e olhem ao longe, visando o infinito. Sob o ponto de vista da óptica da visão, esse procedimento está correto? Explique.

3 Um objeto foi colocado em algumas posições em frente a uma lente convergente. Obtenha graficamente as imagens do objeto. Classifique-as em virtual/real, direita/invertida e ampliada/reduzida.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

4 Em uma receita preenchida por um médico oftalmologista, consta:

para perto $\begin{cases} \text{OD } +1{,}25 \text{ di} \\ \text{OE } +2{,}25 \text{ di} \end{cases}$

Considere OD, olho direito e OE, olho esquerdo. Os olhos dessa pessoa podem apresentar miopia? Por quê? E presbiopia? Por quê?

5 O olho humano é um sofisticado sistema óptico que pode sofrer pequenas variações na sua estrutura, ocasionando os defeitos da visão. Com base em seus conhecimentos, analise as afirmativas a seguir.

I. No olho míope, a imagem nítida se forma atrás da retina, e esse defeito da visão é corrigido usando uma lente divergente.

II. No olho com hipermetropia, a imagem nítida se forma atrás da retina, e esse defeito da visão é corrigido usando uma lente convergente.

III. No olho com astigmatismo, que consiste na perda da focalização em determinadas direções, a correção é feita com lentes cilíndricas.

IV. No olho com presbiopia, ocorre uma dificuldade de acomodação da lente do olho, e esse defeito da visão é corrigido com o uso de uma lente divergente.

Quais delas são verdadeiras? Justifique sua escolha.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Instrumentos ópticos

Câmeras fotográficas, lunetas, microscópios, telescópios são instrumentos ópticos construídos por associações de espelhos, lentes ou prismas. De maneira geral, um instrumento óptico possibilita visão mais ampla daquilo que desejamos ver, aproximando, ampliando ou registrando imagens.

NASA

A utilização de instrumentos ópticos possibilitou conhecer grande parte do Universo, revelando imagens impressionantes, como a nebulosa da Borboleta, na constelação de Escorpião, obtida pelo telescópio espacial Hubble, em 2020.

Formação de imagem em um microscópio

Para que os microscópios produzam imagens como a representada na imagem a seguir, associam-se duas ou mais lentes convergentes para obter maior ampliação.

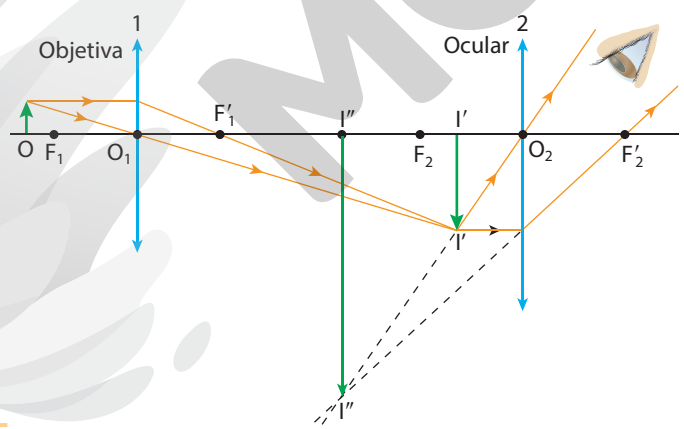
STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

A microfotografia eletrônica revela detalhes de seres aparentemente comuns, como essa lagarta. Microfotografia eletrônica de uma larva de borboleta (*Pieris brassicae*). (Ampliação 60×.)

Em um microscópio, associamos uma lente convergente de distância focal muito pequena (da ordem de milímetros), denominada **objetiva** (colocada próxima do objeto), a uma segunda lente, também convergente, chamada **ocular** (colocada próxima do olho). Veja o esquema de construção da imagem em um instrumento óptico desse tipo.

IMAGENS FORMADAS EM MICROSCÓPIO COMPOSTO

LUIZ RUBIO



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

TRIFF/SHUTTERSTOCK

Microscópio composto.

Ao colocarmos o objeto antes do foco imagem da lente objetiva, a imagem I′ fornecida por essa lente será real e maior que o objeto. No esquema acima, percebe-se que a imagem I′ se forma em uma posição dentro da distância focal da lente ocular. A imagem I′ passa a servir como objeto para a lente ocular, que se comporta como uma lupa, formando a imagem virtual final I″, ampliada e invertida em relação ao objeto inicial O.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

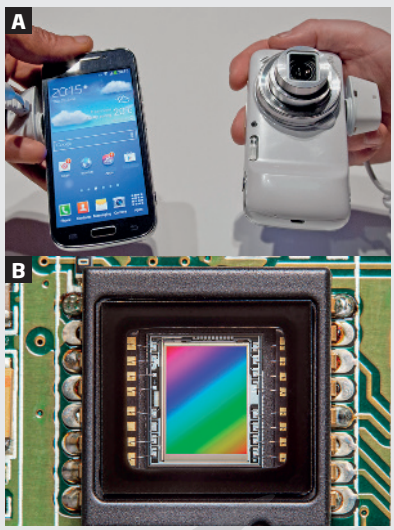
MODERNA

Não escreva no livro.

A câmera fotográfica digital

As câmeras fotográficas construídas no século XIX eram aparelhos muito simples, semelhantes às câmaras escuras de orifício que estudamos anteriormente, e registravam as imagens em um material sensível à luz, o filme fotográfico. Nessas máquinas, havia uma única lente convergente, denominada objetiva, cuja função era formar uma imagem real e menor do objeto para ser projetada no filme.

Atualmente, nos telefones celulares e nas câmeras fotográficas digitais, o processo de captação da imagem é idêntico: a luz emitida pelo objeto a ser fotografado passa por lentes que conjugam uma imagem real projetada no fundo da câmera.



WILL OLIVER/AFP

ANDREW BEREZOVSKY/SHUTTERSTOCK

(**A**) A indústria produz aparelhos híbridos entre telefone e câmera fotográfica digital. (**B**) Sensor CCD, que substituiu os antigos filmes fotográficos nas câmeras digitais e celulares.

A diferença está no suporte que registra a imagem: uma placa coberta de circuitos eletrônicos em vez do filme fotográfico, conhecida como CCD (dispositivo de carga acoplada).

A luz é projetada sobre essa placa coberta por milhares desses circuitos, com milhões de fotossensores dispostos lado a lado, cuja função é transformar luz em eletricidade. Em outras palavras, a luz é gravada eletronicamente para que, posteriormente, o sensor CCD, embutido na câmera, decomponha as informações eletrônicas, transformando-as em dados digitais. Cada um desses circuitos forma o *pixel*. Cada *pixel* tem capacidade de registro proporcional à intensidade da luz que incidiu sobre ele. Juntos, eles formam a imagem do objeto fotografado. Quanto maior o número de *pixels* sobre a superfície de captura, maior a definição da imagem, ou seja, maior a riqueza de detalhes do registro fotográfico. A quantidade de detalhes que a câmera digital pode capturar é chamada de **resolução**.

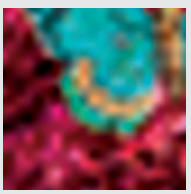
Por exemplo, uma câmara com resolução de $4 \cdot 10^6$ *pixels*, ou 4 *megapixels*, tem uma área de exposição de 2.240 linhas por 1.680 colunas ($2.240 \cdot 1.680 \simeq 3{,}8 \cdot 10^6$).

Hoje é comum um telefone celular moderno estar acoplado a uma câmera digital de resolução 12 *megapixels*, embora existam câmeras digitais profissionais que podem proporcionar até 400 *megapixels*!

3904 × 2598 (full resolution RAW image)

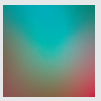
MAXFX/DREAMSTIME/AGB PHOTO LIBRARY

10.1 MP = 10.1 million pixels



20 × 20

400 pixels



4 × 4

16 pixels

1

1 pixel

Imagem de baixa resolução, na qual podem ser vistos os *pixels* que a formam. Observe que, se olharmos de longe, o resultado melhora. Cada pequeno quadrado da imagem é um *pixel*.

1. Qual é a resolução, em *megapixels*, de uma câmera fotográfica hipotética com área de exposição de 2.000 linhas por 6.000 colunas?

2. As fotografias padrão são obtidas em tamanhos na razão 2:3; por exemplo, 10 × 15, 20 × 30, 30 × 45, 12 × 18 etc. Se uma câmera fotográfica tem resolução de 12 *megapixels*, quantos *pixels* tem a imagem nela formada, na horizontal e na vertical?

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

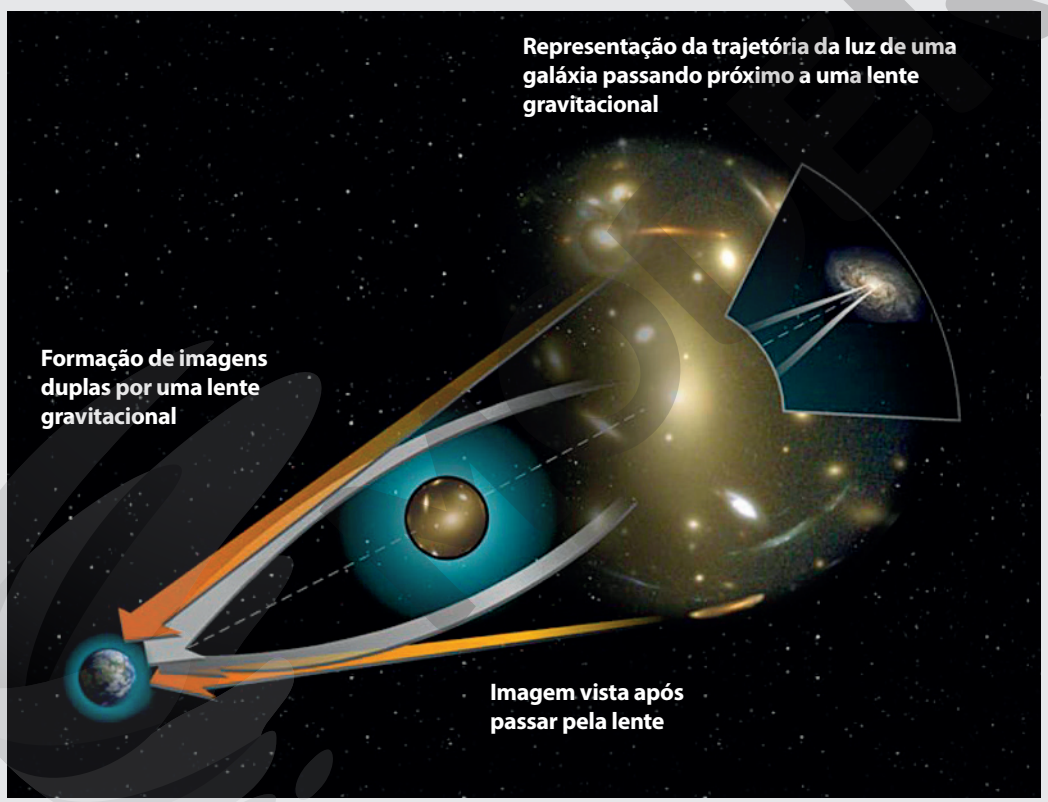
Neste capítulo, vimos como determinados elementos ópticos, como as lentes esféricas, conseguem desviar a trajetória dos raios luminosos e formar imagens tanto do mundo microscópico, por meio dos microscópios ópticos, quanto do Universo, com o uso de potentes telescópios. Esses instrumentos proporcionaram ao ser humano conhecimentos sem precedentes na história. Não são apenas esses elementos ópticos que conseguem desviar a luz de sua trajetória original. Campos gravitacionais intensos, como o de uma estrela ou de um buraco negro, são capazes de curvar a luz de objetos que passam próximos a eles.

Imagine, então, que estejamos observando uma estrela na Terra e que haja uma galáxia no espaço entre a Terra e a estrela. O campo gravitacional dessa galáxia desviará os raios de luz da estrela, formando duas ou mais imagens ou imagens distorcidas. Esse efeito é conhecido como lente gravitacional e foi previsto por Einstein, por meio da teoria da relatividade geral, mesmo antes de ter sido detectado pelos telescópios na Terra.

NASA/CHANDRA X-RAY OBSERVATORY CENTER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Imagens formadas por lente gravitacional e captadas pelo telescópio espacial Hubble, em 2015.

NASA IMAGE COLLECTION/ALAMY/FOTOARENA



O desvio da luz de um objeto astronômico, como um quasar, provocado por campos gravitacionais intensos, forma diversas imagens de um mesmo objeto. Um quasar é uma fonte de radiação cósmica mais intensa do que galáxias, com aparência estelar, porém muito distante para ser vista a olho nu (cerca de 1 bilhão de anos-luz). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

1. Qual propriedade de alguns objetos astronômicos de grande massa, como estrelas, galáxias e buracos negros, possibilita, por exemplo, a formação de diversas imagens da mesma estrela no céu noturno?

2. Quais devem ser as posições relativas da Terra (observador), da galáxia (lente gravitacional) e da estrela (objeto) para que uma galáxia se comporte como uma lente gravitacional? Discuta com seus colegas e elaborem um esquema gráfico para representar a situação, com linhas cheias para a propagação dos raios de luz e linhas tracejadas para representar a formação das imagens.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

De que material é feita uma lente de óculos?

AIRRIK/SHUTTERSTOCK

A escolha do material certo para a lente é fundamental para o conforto do usuário.

Segundo especialistas, a escolha do material que comporá as lentes dos seus óculos é fundamental para você tenha conforto.

Ainda segundo eles, escolher o material correto para a lente não é uma tarefa simples, devido à grande quantidade de opções.

No passado, para a correção da visão, todas as lentes de óculos eram feitas de vidro. Embora esse material seja excelente, as lentes de vidro são pesadas e podem se quebrar facilmente. Por essas razões são pouco utilizadas atualmente.

Vejamos alguns materiais que são utilizados na fabricação de lentes.

Lentes de resina ou plástico

As primeiras lentes de plástico foram fabricadas em 1947, na Califórnia. Elas foram feitas de um polímero plástico chamado CR-39, uma abreviação de "Columbia Resin 39", porque era a 39ª formulação de um plástico de cura térmica desenvolvida por uma indústria no início dos anos 1940. Sua densidade equivale à cerca de metade do equivalente em vidro, tem baixo custo e ótimas propriedades ópticas. Continua sendo um material bastante popular na fabricação de lentes de óculos.

Lentes de policarbonato

Esse material surgiu no início dos anos 1970, para a produção de óculos de segurança. No início da década de 1980, as lentes de policarbonato tornaram-se cada vez mais populares. Esse tipo de material foi desenvolvido também para viseiras de capacete da Força Aérea dos Estados Unidos, para "vidro à prova de balas" para bancos etc. O policarbonato é mais leve e significativamente mais resistente ao impacto do que o plástico CR-39, tornando-o o material mais indicado para óculos para crianças, de segurança e esportivos.

ASTA ZABORSKYTE/SHUTTERSTOCK

CHRISTOPHER CHAMBERS/SHUTTERSTOCK

As lentes de policarbonato são muito utilizadas em óculos de esportistas (**A**) e nas viseiras dos pilotos de caça (**B**). (França, 2018; Reino Unido, 2014.)

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Lentes plásticas de alto índice de refração

A demanda por óculos mais finos e leves levou à fabricação de lentes plásticas de alto índice de refração. Essas lentes são mais finas e mais leves que as lentes de plástico CR-39. Já vimos que o índice de refração de um material transparente mede a velocidade em que a luz o atravessa. Por exemplo, o índice de refração do plástico CR-39 é 1,498, o que significa que a luz atravessa esse material cerca de 50% mais lentamente do que no vácuo.

Vimos também que, quanto maior o índice de refração de um material, mais lentamente a luz se move através dele, o que resulta em um maior desvio dos raios de luz que incidem obliquamente. Portanto, quanto maior o índice de refração de um material de lente, menos material é necessário para desviar a luz no mesmo grau que uma lente com índice de refração mais baixo.

O índice de refração dos materiais atualmente usados em lentes de óculos varia de 1,498 (plástico CR-39) a 1,740 (uma variedade específica de plástico de alto índice). Portanto, uma lente feita de plástico CR-39 será a mais grossa que uma lente plástica de alto índice.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Por que as lentes de vidro foram substituídas por lentes de acrílico, se a qualidade óptica é excelente? Por que material foram trocadas inicialmente e qual é a vantagem dele?
2. Qual é a vantagem das lentes de policarbonato em relação às lentes de CR-39?
3. Por que as lentes com alto valor de índice de refração são vantajosas?

Fique por dentro

Internet

Simulador de reflexão e espelhos esféricos
<https://www.geogebra.org/m/fENhvShr>

Como um espelho forma uma imagem? Veja como os raios de luz são refletidos por um espelho.

Simulador de refração e lentes esféricas
<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/geometric-optics>

Como uma lente forma uma imagem? Veja como os raios de luz são refratados por uma lente.

Acessos em: 3 jul. 2020.

Lugares para visitar

Estação Ciência
São Paulo, SP
<https://prceu.usp.br/centro/estacao-ciencia/>

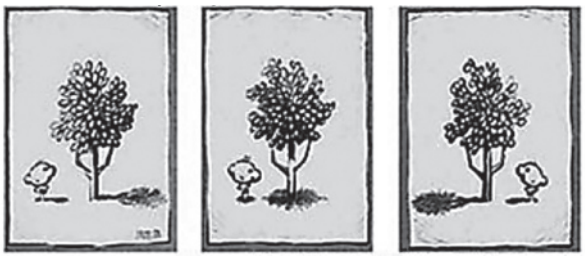
Há várias exposições, com destaque para o Parque CienTec, que oferece ao público diversos espaços e atividades dedicados à ciência, à tecnologia e ao meio ambiente.

Acesso em: 6 set. 2020.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

1 (Enem)


DANILO AROEIRA/CIÊNCIA HOJE

Os quadrinhos mostram, por meio da projeção da sombra da árvore e do menino, a sequência de períodos do dia: matutino, meio-dia e vespertino, que é determinada:

a) pela posição vertical da árvore e do menino.

b) pela posição do menino em relação à árvore.

c) pelo movimento aparente do Sol em torno da Terra.

d) pelo fuso horário específico de cada ponto da superfície da Terra.

e) pela estação do ano, sendo que no inverno os dias são mais curtos que no verão.

2 (ITA-SP) Dos objetos citados a seguir, assinale aquele que seria visível em uma sala perfeitamente escura.

a) um espelho.

b) qualquer superfície clara.

c) um fio aquecido ao rubro.

d) uma lâmpada desligada.

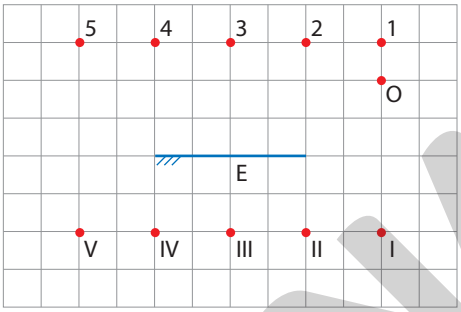
e) um gato preto.

3 (UFTM-MG) Para medir distâncias utilizando-se das propriedades geométricas da luz, um estudante providencia uma caixa cúbica, de aresta 16 cm. Após pintar o interior com tinta preta, faz um orifício no centro de uma das faces e substitui a face oposta ao orifício por uma folha de papel vegetal. Feito isso, aponta o orifício para uma porta iluminada, obtendo dela uma imagem nítida, invertida e reduzida, projetada sobre a folha de papel vegetal. Sabendo-se que a altura da imagem observada da porta é 14 cm e que a altura da porta é 2,15 m, conclui-se que a distância aproximada, em metros, entre o orifício da caixa e a porta é:

a) 0,9 **b)** 1,8 **c)** 2,5 **d)** 3,5 **e)** 4,8

Texto para as próximas duas questões.

Na figura a seguir, E representa um espelho plano que corta perpendicularmente a página, e O representa um pequeno objeto colocado no plano da página. Na figura, também estão representadas duas sequências de pontos. A sequência I, II, III, IV e V está localizada atrás do espelho, região de formação da imagem do objeto O pelo espelho E. A sequência 1, 2, 3, 4 e 5 indica as posições de cinco observadores. Considere que todos os pontos estão no plano da página.



ADILSON SECCO

4 (UFRGS-RS) Qual é o ponto que melhor representa a posição da imagem do objeto O formada pelo espelho plano E?

a) I **b)** II **c)** III **d)** IV **e)** V

5 (UFRGS-RS) Quais observadores podem ver a imagem do objeto O formada pelo espelho plano E?

a) Apenas 1.

b) Apenas 4.

c) Apenas 1 e 2.

d) Apenas 4 e 5.

e) Apenas 2, 3 e 4.

6 (UECE) Um pequeno objeto é colocado perpendicularmente sobre o eixo principal e a 12 cm do vértice de um espelho esférico côncavo, cujo raio de curvatura é 36 cm. A imagem conjugada pelo espelho é:

a) real, invertida e maior que o objeto.

b) virtual, direita e maior que o objeto.

c) virtual, direita e menor que o objeto.

d) real, invertida e menor que o objeto.

7 (UFBA) A propriedade óptica que afirma que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão é válida somente para os espelhos planos?

8 (Enem) As miragens existem e podem induzir à percepção de que há água onde não existe. Elas são a manifestação de um fenômeno óptico que ocorre na atmosfera. Esse fenômeno óptico é consequência da:

a) refração da luz nas camadas de ar próximas do chão quente.

b) reflexão da luz ao incidir no solo quente.

c) reflexão difusa da luz na superfície rugosa.

d) dispersão da luz nas camadas de ar próximas do chão quente.

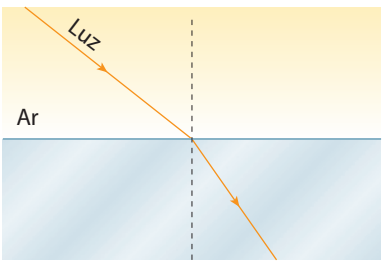
e) difração da luz nas camadas de ar próximas do chão quente.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

9 (Mack-SP) Um raio de luz monocromático que se propaga no ar (índice de refração = 1) atinge a superfície de separação com um meio homogêneo e transparente, sob determinado ângulo de incidência, diferente de 0°. Considerando os meios da tabela abaixo, aquele para o qual o raio luminoso tem o menor desvio é a/o:

ADILSON SECCO

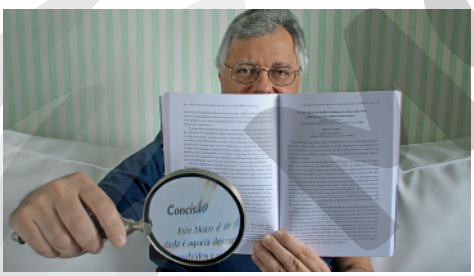


Meio	Índice de refração
Água	1,33
Álcool etílico	1,66
Diamante	2,42
Glicerina	1,47
Vidro comum	1,52

a) água.
b) álcool etílico.
c) diamante.
d) glicerina.
e) vidro comum.

10 (PUC-SP) Na figura, a imagem de um livro é observada através de um instrumento óptico.

JULIA MORAES/FOLHAPRESS



Então ela será:

a) real, formada por uma lente divergente, com o objeto (livro) colocado entre o foco objeto e a lente.
b) virtual, formada por uma lente convergente, com o objeto (livro) colocado entre o foco objeto e a lente.
c) virtual, formada por uma lente divergente, com o objeto (livro) colocado entre o foco objeto e a lente.
d) real, formada por uma lente convergente, com o objeto (livro) colocado entre o foco objeto e o ponto antiprincipal objeto da lente.
e) virtual, formada por uma lente convergente, com o objeto (livro) colocado sobre o foco objeto da lente.

11 (PUC-MG) Uma pessoa não consegue ver os objetos, pois a imagem está sendo formada entre o cristalino e a retina. Para ver a imagem nitidamente, essa pessoa deverá usar óculos:

a) com lentes divergentes.
b) com lentes convergentes.
c) com lentes convergentes e divergentes, simultaneamente.
d) com duas lentes convergentes.

12 (Unicamp-SP) Um sistema de lentes produz a imagem real e menor de um objeto, conforme a figura a seguir. Localize a lente, sua distância focal e esboce dois raios de luz que identificam a imagem.

ADILSON SECCO

Próximos passos

O desenvolvimento de um modelo geométrico para a luz, capaz de explicar vários fenômenos ópticos, como a formação de imagens em espelhos e lentes e o funcionamento da visão humana, foi a base de estudo deste capítulo. Esse modelo possibilitou a construção de instrumentos ópticos, como microscópios e telescópios, que ampliaram a compreensão do Universo.
Para isso, entre outras coisas, passamos a dominar a manipulação do vidro e dos plásticos. Podemos dizer que este último se tornou a base para a fabricação de qualquer produto manufaturado.
Os plásticos e as resinas, produzidas a partir do petróleo, praticamente definiram o consumo de nossa sociedade na segunda metade do século XX. No capítulo seguinte, você terá a oportunidade de estudar mais detalhadamente as consequências que a produção e o consumo dos plásticos e outros materiais trouxeram para o meio ambiente.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

PODERIA

CAPÍTULO

2

Polímeros: obtenção, usos e implicações

BNCC:
EM13CNT104
EM13CNT203
EM13CNT205
EM13CNT206
EM13CNT207
EM13CNT301
EM13CNT302
EM13CNT303
EM13CNT309

Para começo de conversa

Você conhece algum polímero ou plástico? Cite alguns exemplos e usos deles.

O que você sabe sobre os plásticos biodegradáveis?

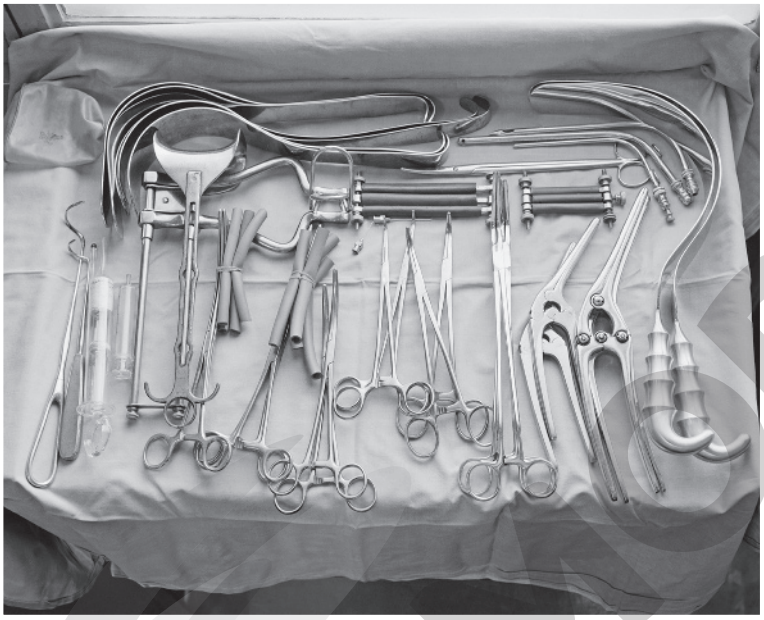
Nas últimas décadas, a Medicina avançou bastante. Alguns procedimentos que hoje em dia são rotineiros eram impensáveis há 20 ou 30 anos. É praticamente impossível imaginarmos a Medicina tal como a conhecemos sem a utilização de plásticos. Devido a suas características, como baixo custo, alta durabilidade, versatilidade e facilidade de esterilização, eles estão muito presentes em hospitais.

O desenvolvimento de materiais sintéticos que podem ser utilizados para fazer suturas internas também foi importante para esse avanço. Os polímeros têm muitas características que os tornam ideais para esse uso, pois apresentam baixa densidade e alta resistência. Muitos são inertes; outros, biodegradáveis. Apresentam, ainda, propriedades físicas (maciez, elasticidade) bastante adequadas às suturas. Alguns materiais constituídos de polímeros que resistem à degradação são usados para substituir órgãos e tecidos, enquanto outros polímeros, cujas ligações químicas se rompem facilmente, são empregados em suturas degradáveis.

Com o uso desses materiais, vem uma preocupação crescente: o que fazer com os rejeitos hospitalares e como diminuir o volume de lixo plástico descartado. Há algum risco ao ambiente e aos seres vivos se o lixo hospitalar for descartado no mesmo local que o comum?

Neste capítulo, você vai estudar moléculas enormes, que podem chegar a ter milhares de átomos, genericamente chamadas de macromoléculas (**macro** significa "grande"). Você também será convidado a conhecer formas de obtenção de alguns polímeros e seus usos.

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.



H. ARMSTRONG ROBERTS/CLASSICSTOCK/ARCHIVE PHOTOS/GETTY IMAGES

ROBERT HOETINK/ ALAMY/ FOTOARENA

A fotografia acima, de 1961, evidencia o predomínio de metais em equipamentos cirúrgicos, que requerem esterilização em autoclaves (altas temperaturas). Na sala cirúrgica da fotografia à direita, de 2018 (Enschede, Países Baixos), parte dos materiais metálicos foi substituída pelos fabricados de polímeros descartáveis, reduzindo o risco de infecções.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os polímeros e sua abrangência

Os **polímeros** são materiais constituídos por unidades macromoleculares, isto é, suas moléculas são formadas por um grande número de grupos de átomos – os **monômeros** –, os quais estão quimicamente ligados entre si.

De modo geral, são necessárias, no mínimo, 50 unidades de monômero para que um polímero tenha as propriedades que caracterizam esse grupo de substâncias.

Na natureza há muitos polímeros, como é o caso da borracha natural, do amido, da celulose, das proteínas, entre tantos outros.

Há pouco mais de 100 anos, laboratórios e indústrias passaram a sintetizar materiais que tivessem propriedades semelhantes às dos polímeros naturais. Inicialmente, procuravam-se substitutos para a borracha, a seda e o algodão; porém, os avanços das pesquisas levaram à produção de uma diversidade tão grande de polímeros que muitos deles têm propriedades bem diferentes das encontradas em polímeros naturais.

WAGNER CAMPELO/MOMENT RF/GETTY IMAGES

LUCIANO MARQUES/SHUTTERSTOCK

(**A**) Teia da aranha-de-prata (*Argiope argentata*). Essa espécie, encontrada em diversas regiões do Brasil, apresenta tamanho de 3 a 5 cm de comprimento. (**B**) O colete à prova de bala é um equipamento de segurança utilizado por profissionais como os policiais. São Paulo (SP), 2020.

Os filamentos de proteína que constituem as teias de aranhas (fotografia **A**) apresentam resistência de qualidade superior à de um dos materiais sintéticos mais resistentes e flexíveis, a fibra de poliaramida – polímero usado em coletes à prova de bala (fotografia **B**).

Atividades

Não escreva no livro.

1 Em embalagens plásticas, é comum encontrarmos referências ao polímero empregado para sua fabricação. Alguns símbolos especificam os produtos recicláveis, são triângulos acompanhados de letras ou números. Procure em sua casa garrafas descartáveis, utensílios plásticos de cozinha, baldes, frascos plásticos (por exemplo, de sorvete) com essa indicação. Observe os vários tipos de informações encontradas e anote-os. Em seguida, procure descobrir o nome do constituinte químico de cada um dos objetos (consulte a **Simbologia de identificação de materiais** na página 64).

2 Pesquise também em lojas, revistas, catálogos de vendas, propagandas e na internet o nome dos principais constituintes químicos utilizados em tecidos, boias, roupas de mergulho, coletes à prova de balas, roupas para ginástica, brinquedos, roupas para inverno, tubos e conexões (não metálicos), entre outros produtos.

Agora, tente responder:

a) Em geral, esses produtos são naturais?

b) Há algo em comum no nome químico da maioria dos produtos pesquisados. O que é?

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

SERGI GARCIA FERNANDEZ/BIOSPHOTO/AFP

Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) tentando comer um plástico. Essa espécie pode atingir cerca de 140 cm de comprimento curvilíneo de carapaça. Ilhas Canárias, Espanha, 2015. Tartarugas, peixes e aves acabam ingerindo materiais plásticos por confundi-los com alimentos.

Os polímeros no cotidiano

Os materiais poliméricos estão cada vez mais inseridos no cotidiano, constituindo diferentes objetos do dia a dia, como garrafas, sacolas plásticas, roupas, entre muitos outros.

O consumo desenfreado desses materiais, além de influenciar na economia, provoca diversos impactos ambientais por conta do seu descarte inadequado, afetando a saúde humana e a de outros seres vivos, como a da tartaruga na fotografia ao lado.

Os plásticos e outros materiais de natureza semelhante são bastante combatidos por ambientalistas e por todos os que se preocupam com a quantidade crescente de resíduos sólidos acumulados no ambiente em que vivemos. Essa preocupação está cada vez mais evidente em noticiários, reportagens, artigos científicos e outros canais de comunicação. Observe as manchetes a seguir.

Tartarugas comem plástico pois sentem cheiro de comida, conclui estudo

Pesquisadores norte-americanos observaram que tartarugas marinhas são atraídas pelo odor dos detritos que poluem os oceanos – mas ainda não se sabe o porquê.

Revista Galileu. 11 mar. 2020.

Planeta plástico

Criado há cerca de um século, o material polimérico que trouxe inúmeras facilidades à vida moderna tornou-se fonte de um enorme problema ambiental.

Revista Fapesp. ed. 281, jul. 2019.

Copo e sacola encontrados no intestino de tartaruga-verde mostram os riscos de poluir a água com plástico

Em média, 70% das tartarugas que encalham na costa brasileira ingeriram plástico, diz pesquisa.

G1 Maceió. 24 jul. 2019.

Plásticos são considerados vilões do meio ambiente

[Professor do Instituto Oceanográfico da USP e responsável pela Cátedra Unesco para a Sustentabilidade dos Oceanos] diz que é necessário um desenvolvimento tecnológico para minimizar os danos causados.

Jornal da USP. 7 jun. 2019.

Para se ter uma ideia da dimensão do problema, estima-se que no mundo inteiro foram fabricados 8,9 bilhões de toneladas de plásticos desde que esses materiais começaram a ser produzidos em larga escala (meados do século passado) até 2015. Desse total, 60% foram descartados de forma inadequada, acumulando-se em aterros, oceanos e outros ambientes naturais. Nesse cenário, segundo uma pesquisa publicada em 2018 pelo Fundo Mundial para a Natureza, o Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo, reciclando apenas 1,2% desse tipo de lixo coletado.

Cabe destacar que nem todos os polímeros são plásticos, há também outros tipos. O termo "plástico" é utilizado para designar apenas aqueles polímeros que podem ser moldados.

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Interligações

Não escreva no livro.

O que é um plástico biodegradável?

Muito se fala sobre os diferentes tipos de embalagens e sua reciclagem, mas nem sempre a sua denominação é clara, o que provoca dúvidas no consumidor tanto na hora de adquirir um produto quanto em seu descarte. Dois desses conceitos envolvem diretamente a reciclagem: os termos reciclável e reciclado. O primeiro indica que um produto foi fabricado com um material plástico que após cumprir sua finalidade inicial pode passar por um novo processo de transformação originando novos produtos, enquanto que reciclado indica que o produto foi fabricado com uma matéria-prima recuperada.

Mas as dúvidas não param por aí. A discussão sobre o consumo de determinados plásticos também gera confusão. Os convencionais são de origem fóssil e são derivados do petróleo [...]

O plástico biodegradável é aquele que ao término de seu ciclo de vida sofre processo de compostagem em até 180 dias pela ação de microrganismos, sob condições específicas de calor, umidade, luz, oxigênio e nutrientes orgânicos. Em geral, esse produto deriva de fontes vegetais tais como a celulose, amido etc.

[...].

BIOPLÁSTICO, oxidegradável e biodegradável. Qual a diferença entre esses plásticos. *Abiplast*, 11 set. 2018. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/sala-de-imprensa/bioplastico-oxidegradavel-e-biodegradavel-qual-a-diferenca-entre-esses-plasticos-2/>. Acesso em: 1º jun. 2020.

1. De acordo com o texto, como se pode definir plástico biodegradável?
2. Os plásticos biodegradáveis podem ser descartados livremente no ambiente? Explique.

Classificação dos polímeros

A necessidade de agrupar sistemas e materiais em função de alguma semelhança para facilitar o estudo é comum nas Ciências da Natureza e em especial na Química.

Os polímeros, por exemplo, podem ser classificados de diversas formas:

- quanto à origem (polímero natural ou sintético);
- quanto à homogeneidade da cadeia carbônica, isto é, se o polímero é formado por um único tipo de monômero ou por dois ou mais monômeros (homopolímero ou copolímero);
- quanto ao tipo de reação de obtenção (polímero de adição ou polímero de condensação);
- quanto à capacidade de fusão (termoplástico ou termorrígido).

Há ainda outras classificações que não serão objeto de estudo desta coleção.

Polímeros naturais e sintéticos

Na atividade 2 da seção **Atividades** anterior, você deve ter encontrado diferentes tipos de polímeros ao fazer a pesquisa solicitada, e é provável que poucos deles sejam encontrados na natureza. Alguns exemplos de polímeros naturais são a lã e a seda (de origem animal) e o algodão (de origem vegetal). O quadro a seguir apresenta alguns exemplos de polímeros naturais e sintéticos conhecidos.

Exemplos de polímeros naturais e sintéticos

Tipo	Polímero	Monômero	Onde encontramos
Natural	proteínas	aminoácidos	seda, lã, músculos etc.
	amido	glicose $C_6H_{12}O_6$	batata, farinha etc.
	celulose	glicose $C_6H_{12}O_6$	madeira, alimentos fibrosos, papel etc.
	DNA	nucleotídeos	cromossomos e genes
Sintético	polietileno	etileno C_2H_4	sacos plásticos, recipientes plásticos, escovas de dentes etc.
	PVC	cloroetileno C_2H_3Cl	canalizações hidráulicas, plásticos para embalagens etc.
	polifeniletileno (poliestireno)	feniletileno (estireno) C_8H_8	brinquedos, poliestireno expandido usado em caixas térmicas, pranchas de natação etc.
	poliéster	etano-1,2-diol e ácido hexanodioico $C_2H_6O_2$ e $C_6H_{10}O_4$	camisas, calças, tecidos de guarda-chuva, garrafas plásticas (as populares PET) etc.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

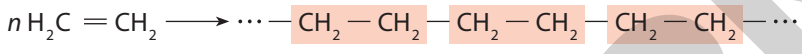
MODERNA

A análise de algumas das aplicações desses materiais sintéticos destaca os benefícios que trouxeram às pessoas. No entanto, diferentemente dos produtos naturais, eles não são biodegradáveis, ou seja, as bactérias disponíveis no ambiente não produzem enzimas capazes de degradá-los. Além disso, a produção de novos polímeros com aplicações inéditas levou ao acúmulo de lixo e fez desses compostos um sério problema ambiental.

Para reverter essa situação, algumas alternativas vêm sendo implementadas, como a produção de polímeros que podem ser degradados em menos tempo, em comparação com os demais, contribuindo, assim, para a redução da poluição do ambiente. A separação dos diferentes tipos de polímeros e a reciclagem de muitos deles permitem que haja o reaproveitamento desses materiais. Trata-se de uma estratégia que precisa ser ampliada no Brasil, uma vez que é uma importante forma de preservação dos recursos naturais, minimizando os danos no ambiente.

Homopolímeros e copolímeros

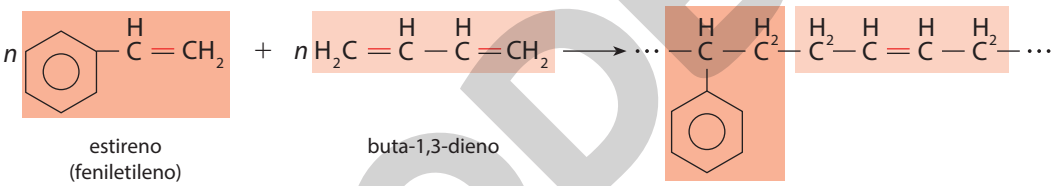
Homopolímeros são polímeros obtidos por um único tipo de monômero, como o polietileno – é produzido por reação de adição de etileno; trata-se de material muito comum no cotidiano da nossa sociedade, do qual voltaremos a tratar mais adiante.



etileno (monômero) — polietileno (polímero)

Professor, é importante esclarecer aos estudantes, nesse momento, o significado do hexágono, representativo do anel benzênico. Chame a atenção também para o fato de o carbono formar sempre quatro ligações covalentes e, por isso, a importância das reticências nas extremidades das fórmulas dos polímeros. Como muitas fórmulas usadas são representações sintéticas, é interessante sempre que possível apresentar aos estudantes a fórmula completa com indicação de todas as ligações e seus respectivos ligantes, para que eles também façam esse tipo de exercício.

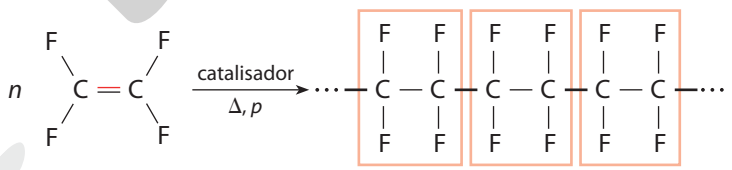
Já os copolímeros são formados pela reação entre dois ou mais monômeros diferentes, como a borracha sintética buna-S, formada pelos monômeros estireno e buta-1,3-dieno.



estireno (feniletileno) — buta-1,3-dieno — buna-S (borracha sintética)

Polímeros de adição

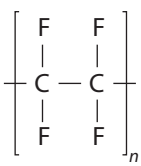
Os polímeros de adição são formados pela reação entre vários monômeros iguais sem que haja a eliminação de moléculas. Observe o exemplo a seguir:



tetrafluoroetileno (monômero) — politetrafluoroetileno (polímero)

Note na equação da reação química representada acima que uma das ligações da ligação dupla, destacada em vermelho, entre os átomos de carbono foi rompida e novas ligações simples (destacadas) foram formadas entre os monômeros.

Uma maneira bastante usada para representar um polímero é a que se vale da indicação da unidade de repetição, entre colchetes, com índice *n*. No exemplo dado acima, essa unidade, destacada em laranja, pode ser representada pela estrutura ao lado.

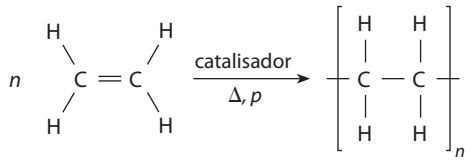
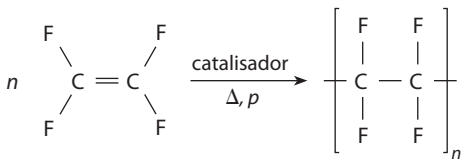
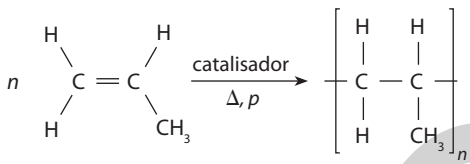
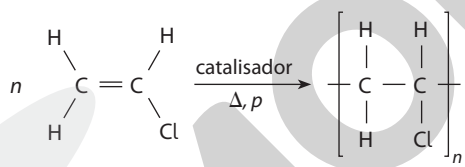
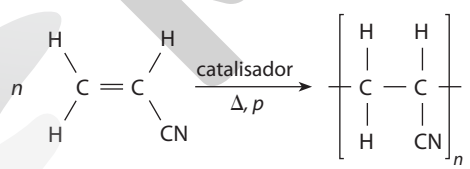
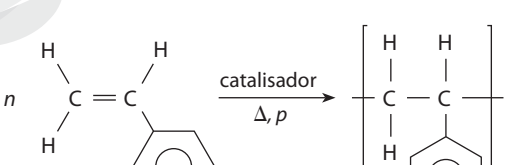


Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Professor, antes de iniciar com os estudantes a leitura da tabela de polímeros de adição, retome o exemplo do homopolímero da página anterior e pergunte aos estudantes se o polímero formado é de adição e como seria a representação simplificada de sua fórmula.

O quadro a seguir apresenta alguns exemplos de polímeros de adição, as reações químicas para obtê-los e algumas características e aplicações.

Exemplos de polímeros de adição

Polímero	Reação de polimerização	Características e aplicações típicas
polietileno (PE)	 etileno (monômero) — polietileno (polímero)	Os polietilenos mais comuns são: o de baixa densidade (PEBD) e o de alta densidade (PEAD). PEBD: muito flexível, macio e com baixa TF. Utilizado em sacolas, embalagens plásticas para alimentos e revestimentos para fios elétricos. PEAD: em relação ao PEBD, apresenta maior densidade, rigidez e TF e menor flexibilidade. É utilizado em garrafas plásticas e outros recipientes mais resistentes, como os usados para armazenar leite e água mineral.
politetrafluoroetileno	 tetrafluoroetileno (monômero) — politetrafluoroetileno (polímero)	Apresenta grande inércia química, resistência à radiação solar e baixo coeficiente de atrito. É utilizado em revestimentos de panelas, em próteses e válvulas e como isolante elétrico.
polipropileno (PP)	 propileno (propeno) (monômero) — polipropileno (polímero)	Mantém a forma em temperaturas bem superiores à temperatura ambiente. É utilizado em para-choques de automóveis, caixas de bateria, embalagens e frascos para alimentos, mamadeiras, brinquedos, capas e assentos de cadeira.
policloreto de vinila (PVC)	 cloreto de vinila (monômero) — policloreto de vinila (polímero)	Apresenta baixa flexibilidade e é praticamente insolúvel em gasolina e outros solventes orgânicos. É utilizado em canalizações, estofados, sacolas e bolsas de formato definido, filmes para embalar alimentos, toalhas, mangueiras de jardim, embalagens para xampus, brinquedos e pacotes para vários produtos de consumo.
poliacrilonitrila (PAN)	 acrilonitrila (monômero) — poliacrilonitrila (polímero)	Material facilmente transformado em fios e eficiente como isolante térmico. É utilizado em fibras têxteis para o inverno, como as acrílicas (usadas, por exemplo, em bichos de pelúcia, cobertores, carpetes).
poliestireno (PS)	 estireno (monômero) — poliestireno (polímero)	Um dos tipos de poliestireno mais comuns é o expandido, usado, por exemplo, na produção de caixas térmicas para conservar a temperatura de alimentos. Apresenta baixa densidade e pode ser convertido em espuma plástica. É um material eficiente como isolante térmico. O poliestireno é utilizado em objetos moldados (pratos, xícaras etc.) e copos transparentes.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

As fotografias abaixo apresentam algumas aplicações de polímeros.

ANDRE DIB/PULSAR IMAGENS

O PVC tem aplicação cada vez mais abrangente; hoje é usado até mesmo em capacetes de segurança, como o utilizado pela engenheira florestal em trabalho de campo. Sena Madureira (AC), 2018.

JACOB LUND/SHUTTERSTOCK

A poliacrilonitrila compõe a lã acrílica, usada na confecção de roupas de inverno.

RADOVAN1/SHUTTERSTOCK

KARINA SEROVA/SHUTTERSTOCK

Objetos feitos de poliestireno expandido com gases são usados como isolantes térmicos. Esse material constitui as placas da fotografia à esquerda usadas no recobrimento de paredes; à direita, em embalagens para conservar a temperatura de alimentos.

Polietileno

O polietileno é um dos polímeros com maior importância econômica. Devido a suas características, esse plástico foi utilizado como isolante elétrico, recobrindo cabos elétricos flexíveis para alta frequência em radares militares. O desenvolvimento do processo industrial de obtenção do polietileno, assim como de outros plásticos, está bastante relacionado à Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Por ser moldado quando aquecido, o polietileno é um polímero classificado como termoplástico.

Interligações

Não escreva no livro.

O acaso e o polietileno

Entre 1932 e 1933, R. O. Gibson e alguns outros químicos que trabalhavam numa indústria na Inglaterra desenvolviam um programa de pesquisa sobre os efeitos de altas pressões nas reações químicas. Para isso, tentaram provocar a reação entre eteno (etileno) e benzaldeído a uma temperatura de 170 °C, sob pressão de 1.400 atmosferas. Esperavam com isso que a reação entre essas duas substâncias ocorresse, já que isso não era possível na pressão ambiente. O resultado foi a formação de um sólido esbranquiçado que foi identificado como sendo polietileno. Ao tentar repetir o experimento, houve uma explosão, causada pela energia liberada no processo.

A equipe de cientistas repetiu o processo num equipamento mais seguro. Durante o aquecimento, entretanto, houve um vazamento de gás, o que fez a pressão cair muito. Adicionaram, então, mais etileno no equipamento.

Ao fim do processo, havia se formado uma quantidade expressiva (8 g) de um pó branco, o polietileno. Analisando os resultados, os pesquisadores concluíram que o etileno que foi colocado no momento do vazamento continha oxigênio na quantidade suficiente para iniciar a polimerização.

Fonte dos dados: GUITIÁN, R. *Os polietilenos*. Allchemy Web. Instituto de Química da USP. Disponível em: <http://allchemy.iq.usp.br/pub/metabolizando/pdf/ba65001z.pdf>. Acesso em: 1º jun. 2020.

1. Os cientistas que desenvolveram o polietileno estavam tentando obter um polímero?
2. Que problema técnico obrigou os químicos a interromper seu trabalho?
3. Que papel tem o gás que foi injetado, por acaso, na câmara de reação?

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os tipos de polietileno

Talvez você já tenha observado as siglas PEBD (ou LDPE) e PEAD (ou HDPE) em alguns dos recipientes plásticos de sua casa. Mas qual é o significado dessas siglas?

A forma mais comum de polímero é denominada polietileno de baixa densidade (PEBD) ou, em inglês, *low-density polyethylene* (LDPE), conforme você pôde observar no quadro **Exemplos de polímeros de adição** deste capítulo. Nesse tipo de polietileno, as moléculas são constituídas por aproximadamente 500 unidades de monômero, o que não favorece uma organização compacta, conferindo mais flexibilidade ao material.

Se um saco plástico de PEBD for colocado numa caneca com água quente, ele deve sofrer uma deformação, pois sua temperatura de fusão é relativamente baixa (por volta de 105 °C), fazendo com que ele fique flexível.

Outra forma de polietileno foi obtida, na década de 1950, por reação catalítica de polimerização feita a temperaturas relativamente baixas (60 °C). Nesse caso, o produto é um polietileno de alta densidade (PEAD) ou, em inglês, *high-density polyethylene* (HDPE), mais rígido que o PEBD e com temperatura de fusão mais alta (cerca de 135 °C). As moléculas do PEAD podem chegar a 100 mil unidades de monômero.

FERNANDO FAVORETTO/CRIAR IMAGEM

Sacolas de PEBD utilizadas em mercado de São Caetano do Sul (SP), 2017. O PEBD é empregado também em sacos de lixo e tampas flexíveis, por exemplo.

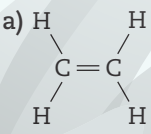
LUCIANA WHITAKER/PULSAR IMAGENS

Muitos produtos de limpeza são comercializados em embalagens de PEAD. Utiliza-se o PEAD na confecção de objetos menos deformáveis que os de PEBD. Canarama (MT), 2018.

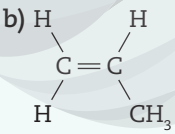
Atividades

Não escreva no livro.

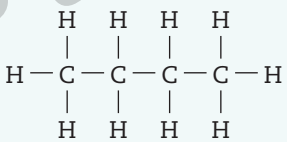
1 Dos compostos indicados a seguir, um deles não representa um monômero. Identifique-o e justifique sua resposta.

a) 

eteno

b) 

propileno (propeno)

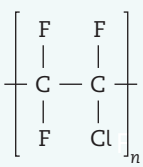
c) 

butano

d) $H_2C=CH-CH=CH-CH_3$

penta-1,3-dieno

2 O policlorotrifluoroetileno (PCTFE) é um polímero de adição empregado em equipamentos de processamento químico e em componentes e juntas elétricas. Sua unidade estrutural de repetição está representada ao lado.



De acordo com seus conhecimentos, represente a fórmula estrutural do monômero do PCTFE.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELO

Não escreva no livro.

Politetrafluoroetileno: da bomba atômica para a frigideira

O politetrafluoroetileno é um composto bastante rentável para seu fabricante, pois seu uso se estende desde frigideiras antiaderentes até roupas espaciais e válvulas artificiais para o coração. Sua descoberta resultou de um fato inesperado, bem aproveitado por um jovem químico estadunidense, Roy J. Plunkett (1910-1994). O que houve? Em 1938, quando tentava preparar um gás refrigerante não tóxico a partir do tetrafluoroetileno, o químico não obteve gás algum – o que lhe causou surpresa.

Em vez de abandonar o tanque em que trabalhava para continuar a busca pelo gás refrigerante, Plunkett decidiu pesquisar sobre o tanque "vazio". Certificando-se de que a válvula não estava com defeito, serrou o tanque e verificou o que havia em seu interior. Lá encontrou um pó branco e, como químico, deduziu o que havia ocorrido.

As moléculas do tetrafluoroetileno gasoso haviam se combinado umas com as outras, originando um material sólido. Até então não se tinha notícia da polimerização desse composto, mas isso seria capaz de explicar o mistério do tanque "vazio". Como esse composto possuía propriedades incomuns, Plunkett e outros químicos da empresa procuraram desenvolver um método para produzir o "politetrafluoroetileno".

Esse composto, um pó branco que lembrava cera, tinha propriedades notáveis: era mais inerte que a areia – não sendo afetado por ácidos ou bases fortes, por nenhum solvente nem pelo calor –, porém, em contraste com a areia, era extremamente "escorregadio".

AP PHOTO/GLOW IMAGES

Fotografia do doutor Roy Plunkett, em 1986.

Apesar dessas propriedades incomuns que provocaram interesse, provavelmente, se não fosse a Segunda Guerra Mundial, a curto prazo nada teria sido feito com o novo polímero, já que se tratava de um produto caro. No entanto, poucos meses após essa descoberta, os cientistas que trabalhavam na criação da primeira bomba atômica precisaram de um material para as juntas de vedação que resistisse a um gás extremamente corrosivo – o hexafluoreto de urânio, UF_6. Esse material era usado para enriquecer o urânio, de modo a obter o isótopo U-235, usado na bomba atômica.

Um general do exército estadunidense, responsável pelo projeto da bomba atômica, tomou conhecimento da descoberta desse polímero inerte e, mesmo sabendo que sua produção era bastante cara, resolveu investir nela. Com isso, o politetrafluoroetileno foi transformado em juntas de vedação e válvulas, que se mostram resistentes ao composto corrosivo de urânio. A companhia produziu o politetrafluoroetileno para esse fim durante a guerra, mas a maioria das pessoas só soube de sua existência e de suas aplicações após o término do confronto.

KEEP SMILING PHOTOGRAPHY/SHUTTERSTOCK

Algumas panelas, utensílios de cozinha e frigideiras, como a da fotografia, são revestidas por politetrafluoroetileno, garantindo a não aderência do alimento.

1. Existem compostos que foram muito utilizados como gás refrigerante em geladeiras e condicionadores de ar; no entanto, atualmente esse uso é proibido na maioria dos países. Cite algumas dessas substâncias (se precisar, pesquise).

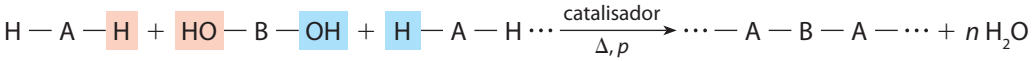
2. Quando o cientista responsável pela descoberta do politetrafluoroetileno chegou a esse material, esperava obter um gás refrigerante fluorado que não fosse tóxico. Há alguma relação entre o reagente utilizado pelo cientista e as substâncias que você citou na atividade anterior? Justifique.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Polímeros de condensação

Os polímeros de condensação são formados por dois ou mais monômeros diferentes que, ao reagirem, eliminam uma substância mais simples, geralmente água (H_2O) ou amônia (NH_3).

Vamos representar genericamente a reação química que origina um polímero de condensação com a eliminação de moléculas de água:



A seguir, estudaremos alguns exemplos de polímeros de condensação, sua forma de obtenção e algumas aplicações.

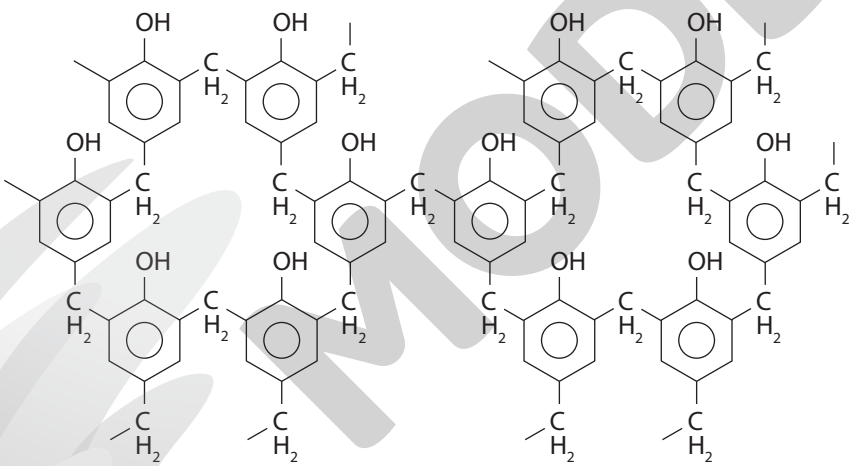
Baquelite

A baquelite foi obtida por volta de 1907, por meio da reação de polimerização entre fenol e formaldeído, realizada pelo químico belga Leo Hendrik Baekeland (1863-1944), que utilizou pela primeira vez o substantivo **plástico**. Naquela época, esse termo era associado às borrachas naturais e outras fibras elásticas, que têm a capacidade de se deformar sob tensão e voltar à sua forma original quando a tensão é removida. Atualmente, os polímeros que apresentam a propriedade da elasticidade são classificados como elastômeros.

ASWANDI JAAFAR SIDIK/ SHUTTERSTOCK

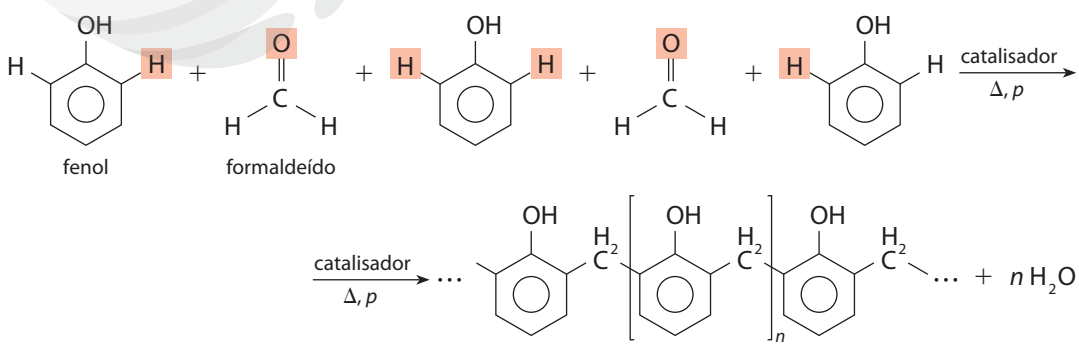
A baquelite é utilizada em produtos como cabos de panelas.

A baquelite é um bom isolante elétrico e térmico, bastante resistente ao calor e a choques mecânicos, além de não ser combustível, ou seja, em contato com oxigênio e uma fonte de calor não entra em combustão. Assim como outros polímeros de mesma natureza, pode ser moldada no primeiro aquecimento, tornando-se resistente, de modo que, se for novamente aquecida, praticamente não sofrerá mais deformação. É classificada, por isso, como um polímero termorrígido (ou termofixo). Essa rigidez pode ser explicada pela baixa mobilidade de suas unidades moleculares, observe a representação de sua estrutura a seguir:



Representação da fórmula estrutural da baquelite.

A polimerização da baquelite é feita pela reação entre fenol e formaldeído, conforme mostra a equação abaixo:



Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Não escreva no livro.

A era dos plásticos

Quando perguntaram ao inventor e empresário Leo Hendrik Baekeland por que havia entrado no ramo das resinas sintéticas, ele respondeu sem hesitar: "Para ganhar dinheiro". [...]. Antes de criar a baquelite, o primeiro plástico sintético, ele inventou em 1893 um papel de impressão fotográfico sensível a luz artificial, [...] e o vendeu seis anos mais tarde para George Eastman, [...] por quase US$ 1 milhão – soma astronômica para a época. Rico aos 36 anos, o químico começou a procurar outro desafio. E o achou em meio a um sério problema da crescente indústria elétrica: onde obter isolantes abundantes e a baixo custo? Por séculos a solução esteve na goma-laca, produto feito a partir de uma resina natural produzida por cochonilhas, um parasita (*Laccifer lacca*) que habita árvores da Ásia.

Mas com a rápida industrialização da eletricidade a demanda por goma-laca explodiu. Baekeland decidiu entrar na corrida para achar um substituto sintético. Por três anos ele leu tudo sobre fenóis e formaldeídos – substâncias sintéticas abundantes e baratas – e repetiu experiências já feitas. Ele sabia que a chave estava em interromper no momento certo a polimerização (processo no qual moléculas pequenas se agregam para formar macromoléculas, mais longas). Usou todos os solventes conhecidos, mas não chegava a um produto sintético parecido com a goma-laca. Ao perceber que o fenol e o formaldeído juntos resultavam em uma substância dura, Baekeland deu novo rumo à pesquisa: por que não fazer uma resina que pudesse ser fundida e modelada? Em vez de retardar a polimerização, ele a apressou empregando calor e pressão.

Usou uma máquina autoclave e obteve uma massa cor de âmbar que podia ser transformada em qualquer objeto. Começava ali a era do plástico. O químico chegou a esse resultado em 1907 e o apresentou formalmente à Sociedade Americana de Química dois anos depois. Por ser resistente ao calor, podendo ser laminada e moldada na fase inicial da produção e ter baixo custo, a baquelite teve muitas aplicações, além de ser utilizada como isolante pela indústria elétrica. Era conhecida como o "material dos mil usos": de rádios a bijuterias, de brinquedos a telefones, de bolas de bilhar a máquinas fotográficas. Como não podia ser refundida, virou até moeda na Indonésia durante a Segunda Guerra Mundial.

"Com o desenvolvimento de novos plásticos, menos rígidos, mais resistentes e leves, a baquelite perdeu espaço em todos os mercados a partir dos anos 1960", [...].

MARCOLIN, N. A era dos plásticos. *Revista Fapesp*. 121. ed., mar. 2006. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-era-do-plastico/>. Acesso em: 5 ago. 2020.

REPRODUÇÃO

Propagandas de 1926 destacando os diversos usos da baquelite. Na imagem à esquerda, são destacados a bola e o cavalete usados no bilhar e um cabide de alça para se segurar ao andar de bonde. Na imagem à direita, diferentes peças de instrumentos musicais – como clarinete, violino, teclas de piano e castanholas – são ressaltadas.

1. O texto afirma que a baquelite perdeu muito espaço no mercado com o desenvolvimento de novos plásticos. Em grupos de três ou quatro estudantes, pesquisem sobre alguns objetos que eram feitos de baquelite naquela época. Escolha imagens que os ilustrem e sua finalidade. Sob orientação do professor, faça uma socialização da pesquisa com os colegas da turma, apresentando as informações obtidas.
2. A descoberta da baquelite e, posteriormente, de outros plásticos sintéticos revolucionou o modo de ver, pensar e viver o cotidiano. Você concorda com essa afirmação? Você acha que novas invenções continuam mudando o dia a dia das pessoas? Justifique.

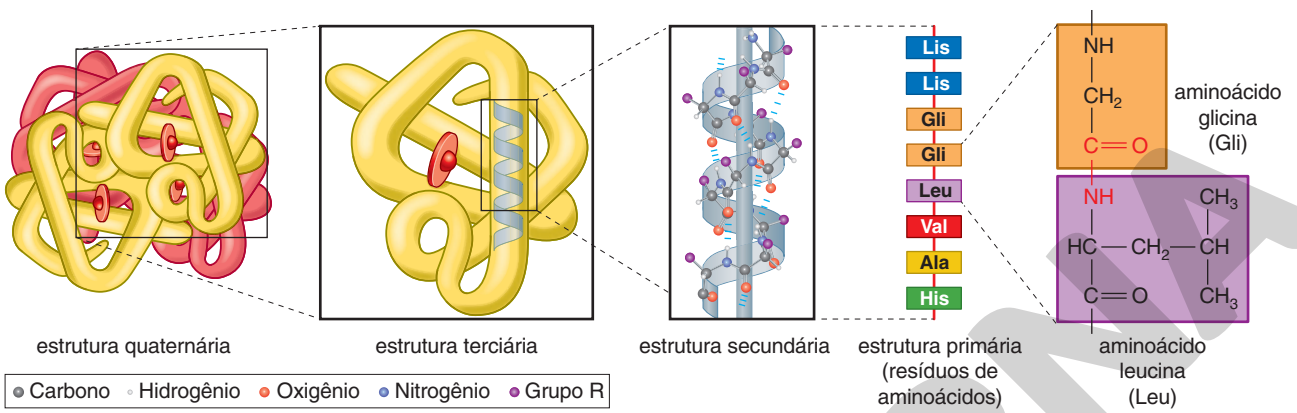
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Poliamidas

As poliamidas são polímeros cujas unidades de repetição, os monômeros, estão ligados quimicamente pelo grupamento amida (— CONH —). Assim como a baquelite, as poliamidas são obtidas por reação de condensação. Podem ter origem natural, como as proteínas, ou artificial, como o náilon – o qual será estudado adiante.

REPRESENTAÇÃO DE DIFERENTES NÍVEIS DE ESTRUTURA PROTEICA

ADILSON SECCO



Fonte de consulta: NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

Representação dos diferentes níveis de estrutura de uma proteína. As siglas de três letras (Lis, Gli, Leu, Val, Ala e His) representam os aminoácidos que constituem esse trecho da proteína (respectivamente, lisina, glicina, leucina, valina, alanina e histidina). (Fora de proporção; cores fantasia.)

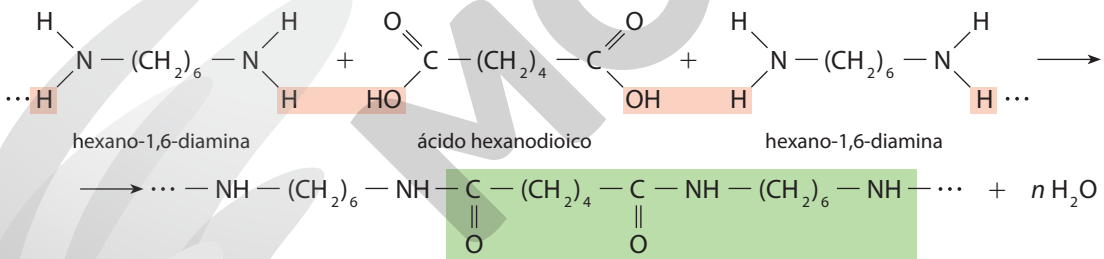
As proteínas são polímeros naturais formados pela união de centenas e milhares de aminoácidos (monômeros) ligados uns aos outros pelo grupamento amida, chamado, nesse caso, de ligação peptídica, destacada em vermelho na última representação da ilustração acima.

Professor, se julgar pertinente, explique aos estudantes que as amidas são compostos derivados da amônia (NH_3) pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio por grupos acila $\left(R-C(=O)-\right)$.

O R pode ser um átomo de hidrogênio ou um grupo derivado de um hidrocarboneto.

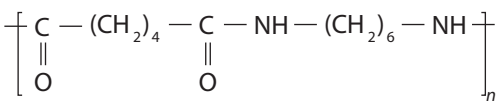
Náilon

A poliamida mais conhecida devido a sua multiplicidade de usos é o náilon 66, também chamado apenas de náilon. Esse composto é obtido pela reação entre os monômeros hexano-1,6-diamina (hexametilenodiamina) e ácido hexanodioico (ácido adípico), representada na equação química abaixo:



Destacamos em cor salmão o grupo que é eliminado – no caso, a água (H_2O). Em verde, está destacada a unidade de repetição do polímero.

Outra forma de indicação dos polímeros é a representação da unidade de repetição entre colchetes, ou seja:



Observe que, na obtenção do náilon, são empregados dois monômeros com seis átomos de carbono na cadeia, por isso o nome náilon 66.

O náilon tem estrutura semelhante à da fibroína – a proteína da seda –, mas tem maior resistência do que ela à tração, é forte e resiste à abrasão. Pode ser usado tanto na confecção de roupas como em engrenagens ou peças nas quais é fundamental alta resistência ao desgaste.

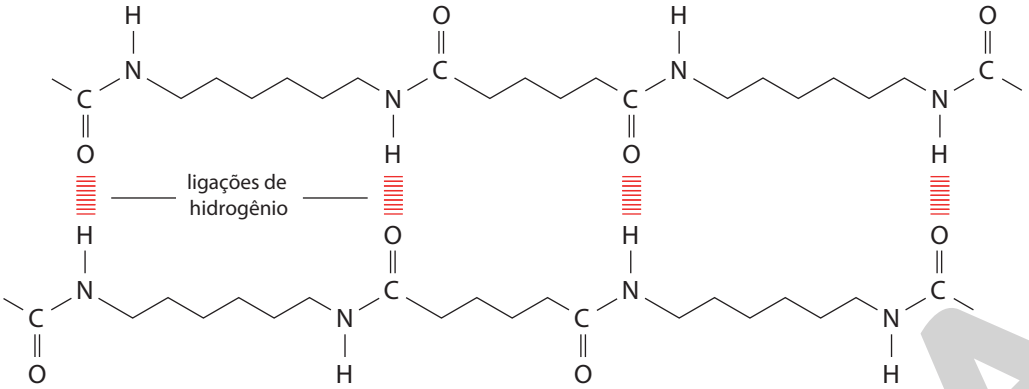
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

HAGLEY MUSEUM AND ARCHIVE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Operária inglesa em fábrica de produção de náilon na década de 1940.

A explicação para o náilon formar fibras resistentes reside na existência de fortes interações, chamadas de **ligações de hidrogênio**, entre as cadeias do polímero. Observe a representação estrutural do náilon, na qual estão destacadas essas interações:



O náilon 66 se funde a 250 °C-260 °C e sua massa molecular varia de 10.000 a 20.000 unidades. O estiramento a frio aumenta o tamanho das fibras em até quatro vezes.

Interligações

Não escreva no livro.

Náilon: resultado de estudo, pesquisa e sorte

O acaso também foi importante na descoberta do náilon – polímero bastante empregado até hoje, o que explica seu grande valor comercial. O responsável pela obtenção desse importante recurso foi o químico estadunidense Wallace Hume Carothers (1896-1937), que, ao término da Primeira Guerra Mundial, coordenava uma pesquisa sobre polímeros naturais, como a seda e a borracha, com o objetivo de viabilizar a produção industrial de materiais sintéticos similares a estes.

Carothers conseguiu obter um poliéster – material que poderia ser transformado em fibra –, o que não foi motivo de comemoração nem para ele, nem para a empresa em que trabalhava. Por quê? O composto tinha baixa temperatura de fusão, característica que parecia inviabilizar seu uso na indústria têxtil.

Quando Carothers e seus colaboradores buscavam polímeros mais adequados para serem usados como fibra têxtil, um dos membros de sua equipe descobriu, casualmente, que era possível estirar uma bolinha do polímero, transformando-a em um fio muito longo, semelhante ao da seda (a bolinha, fixada na ponta de um bastão de vidro, foi puxada com força).

© SALVADOR DALÍ, FUNDACIÓN GALA-SALVADOR DALÍ/ AUTVIS, BRASIL, 2020 - COLEÇÃO PARTICULAR

Anúncio de meias de náilon com desenho feito pelo pintor surrealista espanhol Salvador Dalí, feito em 1945.

Os pesquisadores concluíram que o estiramento propiciava que as moléculas do polímero se orientassem no espaço, aumentando a resistência do produto.

A descoberta do náilon teve repercussão mundial por se tratar da "primeira fibra sintética". Em 1939, ela foi divulgada como "a seda sintética feita de carvão, ar e água!".

Logo após essa divulgação, as fibras de náilon adquiriram grande importância no vestuário; as roupas de náilon eram mais baratas e práticas que as de seda: não precisavam ser passadas a ferro, por exemplo. As meias de náilon foram substitutas naturais das meias de seda. Em maio de 1940, poucas horas depois de as meias serem postas à venda, cerca de 4 milhões de pares já haviam sido vendidos.

Durante a Segunda Guerra Mundial, todo o náilon produzido era destinado à confecção de paraquedas e roupas impermeáveis. Foram promovidas campanhas para que as mulheres doassem suas meias a fim de suprir a demanda do composto empregado na fabricação de paraquedas.

1. Desde sua descoberta, em 1935, o náilon ganhou usos diversos. Já na década de 1940, tais usos ganhavam espaço em publicidades na forma de fotografias e ilustrações. Forme uma dupla com outro estudante e pesquisem imagens que evidenciem a imediata revolução comercial propiciada por tal descoberta. De acordo com a orientação de seu professor, vocês e as demais duplas devem organizar um painel com essas imagens, inserindo uma legenda em cada uma delas que considerem adequada.
2. Nas décadas seguintes, o náilon ganhou novos empregos. Pesquisem e relacionem alguns deles, indicando sua importância.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EM OBRA

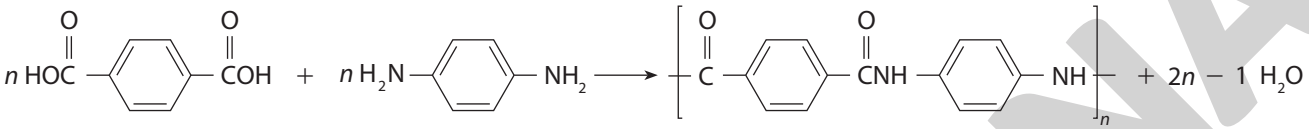
Poliaramida

Com baixíssima densidade e, ao mesmo tempo, grande resistência ao impacto, a poliaramida é um material que pode ser um substituto para o aço. Essas propriedades explicam seu emprego, por exemplo, em equipamentos náuticos, no reforço de pneus, em trampolins, em coletes à prova de balas, em luvas protetoras para quem trabalha em altas temperaturas, em roupas para pilotos de carros de corrida, entre outros.

Esse polímero também é um exemplo de poliamida. Nesse caso, uma poliamida aromática, obtida pela reação de condensação entre dois monômeros: o ácido tereftálico e o benzeno-1,4-diamina:

TARAPONG SRICHAIYOS/SHUTTERSTOCK

Luva com poliaramida. Este polímero sintético é muito empregado em roupas e acessórios para pilotos de motociclismo e automobilismo, porque é muito resistente ao impacto e tem alta temperatura de fusão.

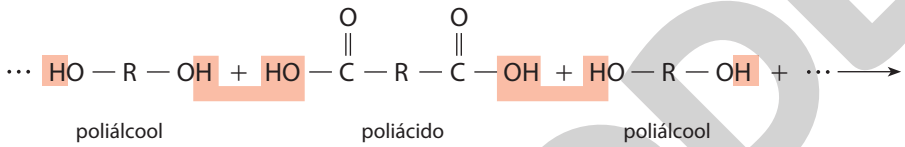


ácido tereftálico — benzeno-1,4-diamina — poliaramida

Poliésteres

Poliésteres são polímeros de condensação que podem ser obtidos por reação de esterificação de poliácidos (ou derivados deles) com poliálcoois.

De forma genérica, podemos representar a polimerização de um poliéster por:



poliálcool — poliácido — poliálcool

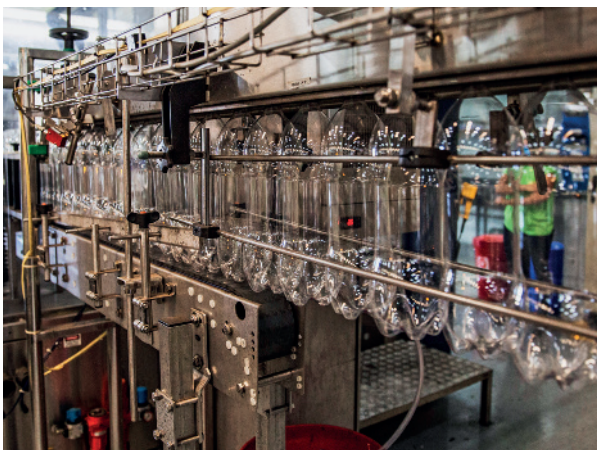
poliéster

Professor, ressalte que as reações de esterificação envolvem a eliminação do grupo OH do ácido carboxílico com o H do álcool e que se trata de uma reação que leva a um equilíbrio químico.

Um dos polímeros mais empregados no nosso cotidiano é um poliéster – o polietileno tereftalato – conhecido pela sigla PET. Esse polímero origina fios finos e fortes empregados na indústria têxtil. A utilização das fibras de poliéster em peças do vestuário adquiriu importância pela praticidade das roupas confeccionadas com esse material: são fáceis de lavar e secar, não amassam e têm alta durabilidade.

A sigla PET tornou-se bastante popular devido ao uso em larga escala em garrafas de refrigerantes, o que se deve à eficiência do polímero para bloquear a passagem de substâncias gasosas.

Além do uso em fibras têxteis e em garrafas de refrigerantes, os poliésteres são empregados em embalagens de alimentos, vassouras, entre outros produtos. Em passado recente, nas décadas que antecederam os avanços digitais, eram usados em filmes fotográficos, fitas para áudio e vídeo. Graças à possibilidade de serem enrolados, são usados em perucas e apliques de cabelo. Por sua inatividade química e pelo fato de não serem tóxicos, não causarem alergias, inflamações ou favorecerem a formação de coágulos, esses polímeros são excelentes substituintes de partes de vasos sanguíneos e da pele de vítimas de queimaduras.



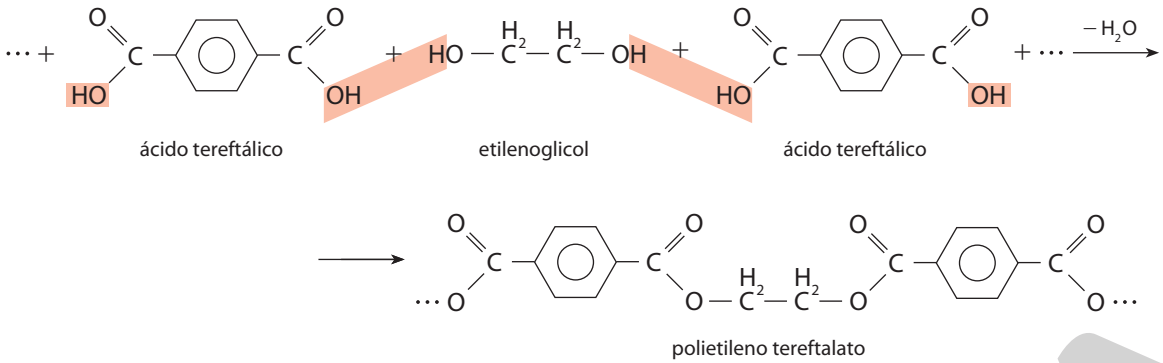
SERGIO RANALLI/PULSAR IMAGENS

Linha de envase em garrafas PET. Cambé (PR), 2020.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

O PET é um polímero de condensação resultante da reação entre os monômeros ácido tereftálico (ácido 1,4-benzenodioico) e etilenoglicol (etano-1,2-diol):



EDUARDO VALENTE/FRAMEPHOTO/FOLHAPRESS

O teatro Ópera de Arame apresenta o teto com placas transparentes de policarbonato. Curitiba (PR), 2019.

Policarbonatos

Os policarbonatos têm muitas aplicações: desde os CDs (que até poucos anos atrás eram usados nos equipamentos de som) e computadores até os visores de capacetes que os astronautas usam em substituição aos de vidro. A associação de suas propriedades – resistência e possibilidade de serem obtidos com a transparência de um vidro – permite que tenham diversos usos entre eles em vidros à prova de balas.

YASUYOSHI CHIBA/AFP/GETTY IMAGES

Os atletas paralímpicos, o brasileiro Alan Oliveira e o alemão Johannes Floors, usam próteses de perna feitas de fibra de carbono. Jogos Paralímpicos, Rio de Janeiro (RJ), 2016.

Outros polímeros

Mais recentemente, vem crescendo a produção de compósitos – materiais que contêm fibras incorporadas a plásticos e apresentam algumas propriedades peculiares, como alta resistência associada a baixa densidade.

As conhecidas "fibras de vidro" (estrutura polimérica de dióxido de silício, SiO_2, com poliéster) e as fibras de carbono nada mais são do que plásticos reforçados por fibras.

Os silicones – polímeros com cadeias de silício

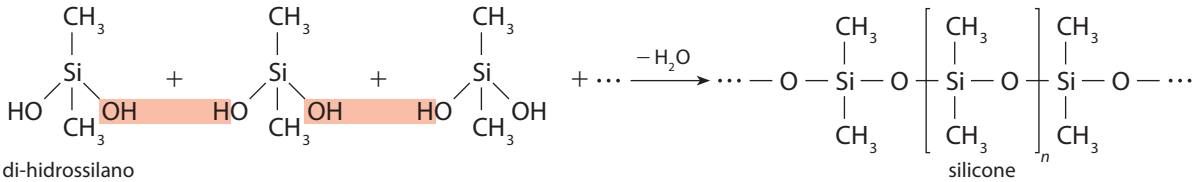
As expressões "prótese de silicone", "borracha de silicone", "cera de silicone" são comuns no nosso cotidiano. Esses produtos são usados em implantes cirúrgicos, com finalidades estéticas e de reparação, substituindo vantajosamente as borrachas, e em ceras apropriadas para polimentos.

O silício – elemento químico do grupo do carbono na tabela periódica – também pode formar cadeias assim como o carbono. As cadeias formadas entre átomos de sílicio (Si — Si) são menos estáveis que as cadeias formadas pelas ligações entre átomos de silício e de oxigênio (Si — O — Si).

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

PROVA

O silicone pode ser obtido por reação de condensação entre moléculas de di-hidrossilano, como pode ser observado na equação química abaixo:



di-hidrossilano

silicone

Interligações

Não escreva no livro.

Uma breve história sobre as lentes de contato

Caso você não use lentes de contato, então já deve ter sentido aflição ao observar alguém colocando as suas nos olhos. Hoje em dia elas são práticas, leves e de fácil manuseio, além de terem algumas vantagens sobre os óculos, como oferecer um maior campo de visão, não embaçar com tanta facilidade e permitir que os usuários possam se dedicar à prática de diversas atividades sem ter que usar os incômodos óculos, por exemplo.

No entanto, nem sempre a vida de quem usa lentes de contato foi tão fácil assim. Você já parou para pensar em como elas eram no passado? [...] Leonardo da Vinci imaginou o uso de lentes corretivas diretamente sobre as córneas já no início do século 16 e, em 1823, o astrônomo inglês Sir John Herschel propôs a ideia de criar um molde a partir dos olhos de humanos para produzir lentes corretivas.

As primeiras lentes só foram desenvolvidas em 1887, pelo médico alemão Adolf Eugene Fick, e eram feitas de vidro cobrindo toda a superfície dos olhos, incluindo a esclera — ou a parte branca do olho. Além de pesadas, essas versões só podiam ser usadas durante poucas horas do dia, já que limitavam dramaticamente a oxigenação da córnea [...].

[...]

Aproximadamente 50 anos mais tarde, o [estadunidense] William Feinbloom desenvolveu a primeira lente feita de uma combinação de vidro e plástico — que era bem mais leve que a versão anterior —, e, no final da década de [19]40, [...] Kevin Tuohy inventou a versão que mais se parece com as opções atuais. As lentes de Tuohy eram feitas completamente de plástico (polimetil-metacrilato ou simplesmente acrílico) e cobriam apenas as córneas.

[...]

Modernização

Embora as lentes [...] não fossem gás-permeáveis — como as atuais —, elas ficavam posicionadas sobre as córneas de forma que se movessem cada vez que o usuário piscasse os olhos. Dessa forma, lágrimas contendo oxigênio entravam em cena para manter as córneas saudáveis, permitindo que as lentes de acrílico pudessem ser usadas por períodos entre 6 e 8 horas seguidas, e por mais de 16 horas se fossem removidas e higienizadas.

[...] As famosas lentes gelatinosas surgiram graças às descobertas de dois cientistas tchecos (Otto Wichterle e Drahoslav Lim) relacionadas com hidrogéis no início dos anos [19]70.

Em 1978, as primeiras lentes gás-permeáveis foram introduzidas e, em meados da década de [19]80, as primeiras versões de uso contínuo — incluindo durante o sono — e descartáveis começaram a ser comercializadas. As opções que podiam ser descartadas diariamente surgiram em meados dos anos [19]90, e, em 1999, a primeira lente de silicone-hidrogel foi lançada.

Atualmente, a grande maioria dos usuários de lentes de contato — por volta de 90% do total — prefere, quando possível, as de silicone-hidrogel, já que elas são mais confortáveis e baratas. [...]

RINCON, M. L. Confira uma breve história sobre as lentes de contato. *Mega Curioso*, 10 nov. 2014. Disponível em: <https://www.megacurioso.com.br/invencoes/51311-confira-uma-breve-historia-sobre-as-lentes-de-contato.htm>. Acesso em: 26 ago. 2020.

1. Segundo a Sociedade Brasileira de Lentes de Contato (Soblec), mais de 2,1 milhões de brasileiros optaram pelo uso de lentes de contato em vez de óculos. Seu uso requer cuidados principalmente em seu manuseio e armazenamento. Em grupos de 3 ou 4 estudantes, elaborem uma cartilha sobre os cuidados que se deve ter com lentes de contato e a compartilhem com seus colegas de sala. Procurem, em sua cartilha, informar sobre os seguintes questionamentos:

- A limpeza de lentes tem de ser diária?
- Posso compartilhar minha lente de contato com outra pessoa?
- Posso dormir com lente de contato?
- Posso utilizar qualquer solução para a limpeza de lentes?

2. Você conhece alguém que usa lentes de contato corretivas? Entreviste diferentes pessoas sobre o uso das lentes de contato e os cuidados necessários. Organize os entrevistados em grupos (os que não utilizam óculos nem lentes de contato, os que utilizam ambos e os que optaram pelo uso somente dos óculos ou das lentes de contato). Pergunte, a esse último grupo, o que motivou eles a optarem pelos óculos ou lentes de contato. É importante também constar nessa pesquisa, o tipo de problema de visão que é corrigido com as lentes de contato. Sob orientação do professor, apresente para seus colegas de sala os resultados de sua pesquisa.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

PROIBIDA

Plásticos, lixo e reciclagem

CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO

Símbolo que indica material reciclável.

Quanto mais se evolui na descoberta de novos polímeros e de novas aplicações para os já conhecidos, mais e mais compostos desse tipo são consumidos. Deve-se ressaltar que, para preservar o ambiente, o incremento do consumo deve estar diretamente relacionado com o aumento percentual da quantidade de resíduos destinados à reciclagem.

Para que um plástico seja reciclado, é preciso separá-lo daqueles que são feitos de outro polímero. Não é possível, por exemplo, fundir uma mistura de polímeros PEAD, PEBD e PVC para obter novos objetos. Para que haja o efetivo aproveitamento das sobras de plástico, é necessário tratar cada um deles separadamente. Por isso, os frascos plásticos devem apresentar uma indicação do polímero que os constitui.

Você deve ter observado na pesquisa que fez no início deste capítulo que a maior parte dos plásticos brasileiros traz uma marca indicativa da possibilidade de reciclagem do material (simbolizada por um ciclo de formato triangular e setas), como a representada ao lado. Dentro desses símbolos é comum encontrarmos números ou siglas, que indicam a composição do material.

Observe, na imagem abaixo, os símbolos numerados que foram acordados internacionalmente para indicar de que polímero o objeto é constituído.

SIMBOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE MATERIAIS

1	2	3	4	5	6	7
PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	outros
PET, politereftalato de etileno	PEAD, polietileno de alta densidade	PVC, cloreto de polivinila	PEBD, polietileno de baixa densidade	PP, polipropileno	PS, poliestireno	outros plásticos

ATIVIDADE PRÁTICA

Não escreva no livro.

Identificando tipos de plástico

Vocês devem ter percebido ao longo deste capítulo que as características dos diferentes tipos de plástico os tornam indispensáveis no dia a dia das pessoas. Como boa parte deles não se degrada com facilidade, se descartados inadequadamente, os plásticos acabam poluindo a água e o solo. A separação do lixo, isto é, a coleta seletiva é uma das formas de minimizar isso. Vocês sabem como podemos separar os diferentes tipos de plástico para depois serem reciclados?

Objetivo

- Separar e identificar diferentes polímeros utilizados no cotidiano.

Materiais

- 4 potes de sorvete de 1 L ou outros recipientes com volume superior a 1 L
- densímetro de baixo custo
- água
- sal de cozinha
- álcool 46 °INPM
- peneira pequena
- copo de vidro ou béquer com capacidade de 250 mL
- copo plástico de café
- colher (de plástico ou metal)
- caneta marcadora de vidro
- canetas de cores diferentes
- plásticos (PEAD, PP, PS e PVC) em pedaços pequenos

Procedimentos

Parte A: Preparo de solução de sal

- Em um pote de sorvete, adicionem aproximadamente 1 L de água e seis copos de café cheios de sal.
- Agitem a mistura até a completa dissolução.

Parte B: Comparação da densidade das soluções

- Com a caneta marcadora de vidro, identifiquem o pote contendo solução de sal com a letra A. Identifiquem os outros potes com as letras B, C e D.
- Adicionem cerca de 1 L de água no pote B e 1 L de álcool no pote C.

continua

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Não escreva no livro.

- Para cada solução, marquem o nível em que o líquido atinge o canudo (densímetro) utilizando canetas de cores diferentes.
- Anotem no caderno os resultados observados.

Parte C: Separação de plásticos

- Acrescentem a mistura de plásticos em pedaços no pote B. Em seguida, agitem a mistura e a deixem em repouso por 5 minutos.
- Anotem no caderno os resultados observados.
- Retirem, com auxílio da peneira, os pedaços de plásticos que flutuaram no pote B e os transfiram para o pote C.
- Com a colher, agitem a mistura do pote C e deixem-na em repouso por 5 minutos.
- Anotem no caderno os resultados observados.
- Peneirem a mistura do pote B transferindo o líquido para o pote D.
- Transfiram os pedaços de plásticos para o pote A agitando a mistura em seguida. Deixem essa mistura em repouso por 5 minutos.
- Anotem em seu caderno os resultados observados.

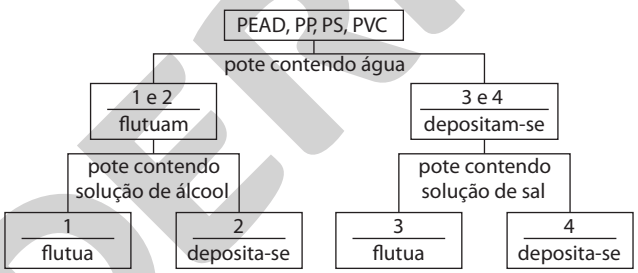
Descarte de resíduos: Os pedaços de plásticos, assim como as soluções, podem ser armazenados e utilizados em outras atividades experimentais.

Analisem suas observações

1. O experimento realizado apresenta uma técnica simplificada para a separação de diferentes tipos de plástico. Quais métodos de separação foram utilizados no experimento?
2. Considerando suas anotações na atividade e as informações presentes na tabela abaixo, identifique, no esquema a seguir, os plásticos 1, 2, 3 e 4.

Densidade de materiais plásticos	
Material	**Densidade (g/cm³)**
PEAD	0,94-0,96
PP	0,90-0,91
PS	1,04-1,08
PVC	1,22-1,30
água	1,00

Fonte: SANTA MARIA, L. C. de; LEITE, M. C. A. M. *et al.* Coleta seletiva e separação de plásticos. *Química Nova na Escola*, n. 17, maio 2003.



Reciclagem no Brasil

No Brasil, embora a coleta seletiva do lixo ainda seja bastante restrita, tem-se avançado bastante na questão da reciclagem dos materiais e, em particular, no reaproveitamento de plásticos. Isso é importante porque a maior parte dos polímeros demora muito tempo para se degradar no ambiente.

Veja, na tabela abaixo, o tempo aproximado para que cada um dos materiais listados se decomponha no ambiente.

Tempo de decomposição aproximado de alguns materiais	
Material	**Tempo de decomposição**
papel	3 a 6 meses
tecido	6 meses a 1 ano
filtro de cigarro e goma de mascar	5 anos
madeira pintada	13 anos
náilon	mais de 30 anos
plástico e metal	mais de 100 anos
vidro	1 milhão de anos
borracha	tempo indeterminado

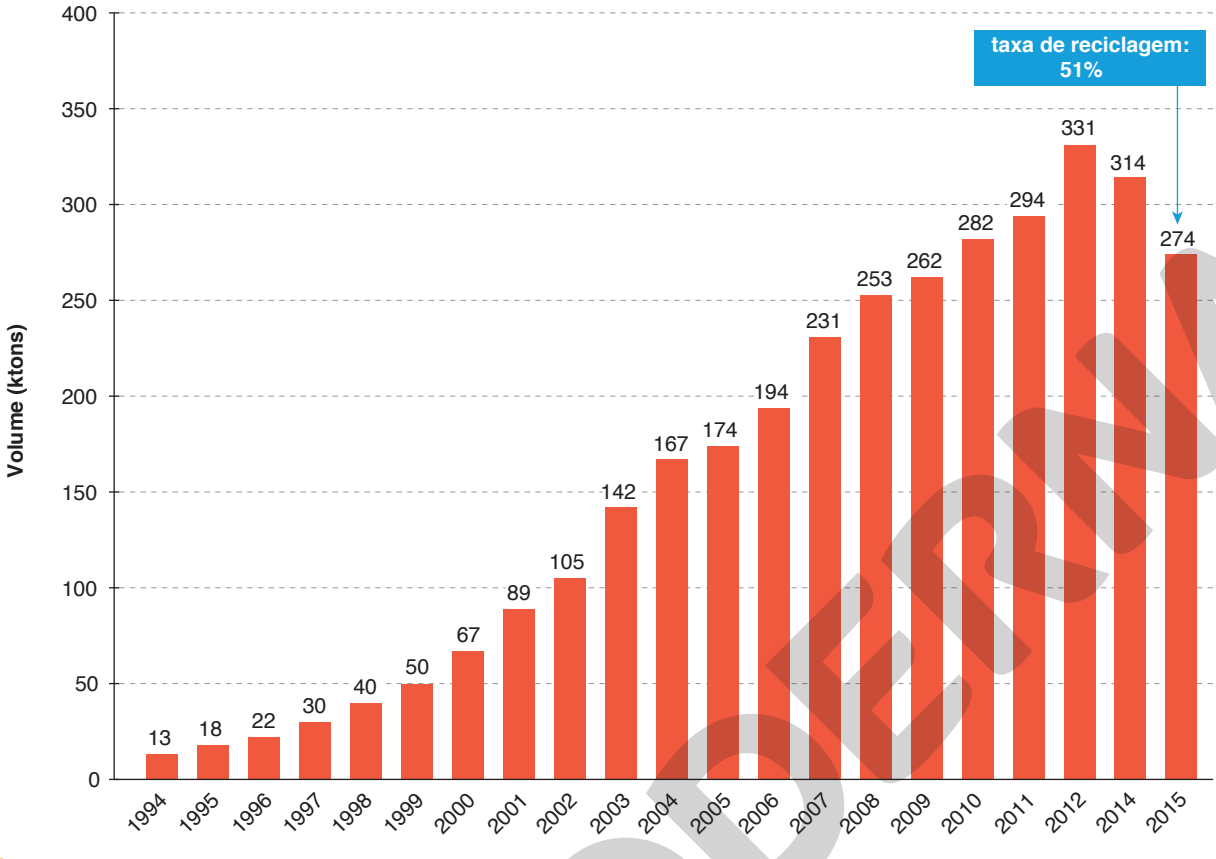
Fonte: SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. Divisão de Gestão Ambiental da UFPR. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~dga.pcu/decomposicao.htm>. Acesso em: 6 ago. 2020.

MODERNA

Observe, no gráfico a seguir, os dados do histórico brasileiro de reciclagem de PET entre 1994 e 2015.

RECICLAGEM DE PET NO BRASIL (1994-2015)

NELSON MATSUDA



Fontes dos dados: ASSOCIAÇÃO Brasileira da Indústria do PET (Abipet). *9º Censo da Reciclagem de PET – Brasil: o ano 2012*, jul. 2013. ASSOCIAÇÃO Brasileira da Indústria do PET (Abipet). *Censo da Reciclagem do PET no Brasil*. 10 ed., nov. 2016. Disponíveis em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3>. Acessos em: 30 jun. 2020.

Concluindo, pode-se dizer que a solução do problema de acúmulo de lixo não biodegradável tem relação direta com a valorização e com os recursos destinados ao aprimoramento da educação, da conscientização e, portanto, do papel de cada um de nós como cidadãos. Só assim poderemos enfrentar de modo consciente essa questão que é de extrema importância, pois ameaça a vida no planeta.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

1. Resuma as descobertas científicas comentadas nesse capítulo, relacionando-as com os avanços tecnológicos que elas propiciaram. Em seguida, organize uma linha do tempo com essas informações e os eventos históricos mais importantes do período analisado. Se necessário, recorra a fontes de pesquisa confiáveis, registrando-as.
2. Os cientistas de língua inglesa se valem de uma palavra que não tem equivalente em português – *serendipity* – para designar a capacidade de um pesquisador aproveitar uma descoberta casual e fazer com que o conhecimento científico avance. Identifique um exemplo de *serendipity* no texto.
3. Desde o início dos casos da pandemia da covid-19 no Brasil, uma série de sintomas, até então desconhecidos, levaram vários centros médicos e órgãos de saúde a novos procedimentos epidemiológicos e de tratamento.
   Comunique aos que desconhecem como a ciência evolui que características devem ter os que pesquisam e estudam a doença de modo a possibilitar os avanços nesses tratamentos.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

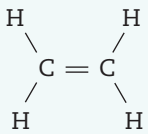
MODERNA

Atividades

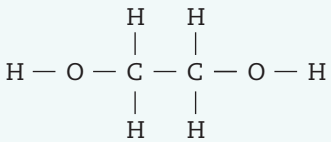
Não escreva no livro.

1 Entre as fórmulas estruturais apresentadas a seguir, qual(is) representa(m) monômeros que podem polimerizar por reação de adição?

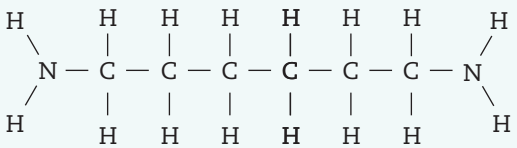
I.



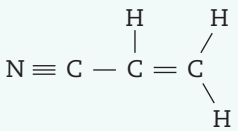
II.



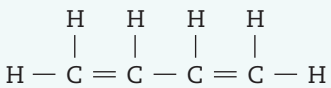
III.



IV.



V.



2 Leia o texto abaixo e faça o que se pede.

Em agosto de 2020, a Política Nacional de Resíduos Sólidos completa 10 anos. Mas a legislação que estabelece estratégias para a prevenção e a redução da geração de lixo, [...] está longe de ter alcançado seu objetivo — especialmente quando o assunto é reciclagem.

O Brasil gerou, em 2018, 79 milhões de toneladas de lixo por ano [...]. Deste total, a estimativa é de que somente 3% sejam de fato reciclados, sendo que o potencial é de até 30%. [...]

Os dados são alarmantes. [...] E, embora quase três quartos dos municípios façam algum tipo de coleta seletiva, a maioria se concentra no Sul e Sudeste. No Centro Oeste, menos da metade das cidades tem coleta seletiva.

Para piorar, em muitas localidades o serviço não abrange todos os bairros. Na prática, apenas 17% da população do país é atendida pela coleta seletiva. [...]

MARASCIULO, M. Por que o Brasil ainda recicla tão pouco (e produz tanto lixo)? *Galileu*, 29 fev. 2020. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2020/02/por-que-o-brasil-ainda-recicla-tao-pouco-e-produz-tanto-lixo.html>. Acesso em: 11 ago. 2020.

A separação doméstica e comercial dos vários tipos de lixo, a coleta desses materiais pelo prestador do serviço de limpeza ou por associações/cooperativas de catadores de materiais reaproveitáveis e o seu encaminhamento para usinas de reciclagem são ações fundamentais para alcançar as metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Em grupos, façam uma pesquisa com os estudantes de sua escola e/ou moradores de sua região sobre o significado de coleta seletiva, sua importância, o que pode ou não ser reciclável e como funciona o sistema de reciclagem. Apresentem e discutam os resultados da pesquisa com os outros grupos de estudantes para juntos avaliarem a necessidade e possíveis ações de educação ambiental na comunidade. A pesquisa pode ser realizada por meio de formulários eletrônicos *on-line*.

Fique por dentro

Internet

Sacolas biodegradáveis enterradas por três anos ainda servem para uso
<https://www.nationalgeographicbrasil.com/planeta-ou-plastico/2019/05/sacola-plastica-saco-biodegradavel-plastico-supermercado-compra-enterrada-reciclagem-uso-compostagem>

O texto apresenta um estudo da decomposição das sacolas biodegradáveis e questionamentos sobre seu uso.

Artista português transforma lixo em arte
<https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Arte/noticia/2017/08/artista-portugues-transforma-lixo-em-arte.html>

A matéria destaca os trabalhos de um artista plástico que transforma o lixo em obras de arte.

Artista cria instalação que simula o lixo plástico no oceano
<https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Design/noticia/2018/11/artista-cria-instalacao-que-simula-o-lixo-plastico-no-oceano.html>

A obra do artista Tadashi Kawamata destacada na matéria expõe o excesso de resíduos plásticos em mares e oceanos e sensibiliza os espectadores quanto ao problema do lixo plástico.

Como é feito o EPS
<https://www.youtube.com/watch?v=hClxJhJaMfc>

Neste vídeo é apresentado o processo de fabricação do poliestireno expandido (EPS), um polímero muito utilizado como isolante térmico e em equipamentos de flutuação por sua baixa densidade.

Acessos em: 6 ago. 2020.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELO

1 Leia o texto abaixo e faça o que se pede a seguir.

Cientistas descobrem bactéria capaz de desintegrar plástico de garrafa PET

Microrganismo foi encontrado em usina de reciclagem de lixo no Japão. Molécula da criatura pode ser usada para tratar problema de poluição sólida.

Cientistas japoneses anunciaram [...] a descoberta de uma bactéria capaz de decompor completamente o polietileno tereftalato – o plástico do qual são feitas as garrafas PET, um dos problemas mais graves de poluição no planeta.

O microrganismo, que oferece uma perspectiva mais viável para tratar o acúmulo desse material no ambiente, foi encontrado em uma usina de reciclagem de lixo. A bactéria, batizada de *Ideonella sakaiensis*, se alimenta quase que exclusivamente de PET.

Segundo os cientistas, a descoberta é de certa maneira surpreendente, porque a bactéria aparenta ter adquirido a capacidade de degradar esse tipo de plástico em um processo que durou poucas décadas. Na escala da evolução biológica, é um piscar de olhos.

Em estudo na revista *Science*, o grupo liderado pelo biólogo Shosuke Yoshida, do Instituto de Tecnologia de Kyoto, descreve como uma colônia de microrganismos conseguiu degradar uma folha fina de PET em 6 semanas. Pode parecer muito tempo, mas é rápido para um tipo de plástico que leva centenas de anos para se decompor espontaneamente.

Para decompor o PET, a bactéria produz duas enzimas – moléculas biológicas que promovem reações químicas –, cuja função específica é degradar esse plástico. O PET é composto por uma estrutura molecular de carbono altamente estável, que quando atacada pela bactéria se rompe em componentes menores, que podem ser incorporados ao ambiente sem problemas.

[...] A descoberta é importante, afirmam, mas é preciso descobrir ainda meios práticos de produzir essas enzimas e usá-las em larga escala para tratar resíduos plásticos que poluem o ambiente, sobretudo nos oceanos.

De um jeito ou de outro, estudos sobre a *Ideonella sakaiensis* devem acelerar esse processo, já que tudo o que se conhecia antes eram alguns fungos capazes de decompor PET parcialmente.

[...]

CIENTISTAS descobrem bactéria capaz de desintegrar plástico de garrafa PET. G1, São Paulo, 10 mar. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2016/03/cientistas-descobrem-bacteria-capaz-de-desintegrar-plastico-de-garrafa-pet.html#:~:text=Para%20decompor%20o%20PET%2C%20a,espec%C3%ADfica%20%C3%A9%20degradar%20esse%20pl%C3%A1stico.>. Acesso em: 30 jun. 2020.

A matéria publicada menciona uma importante descoberta para a Química e para o meio ambiente. Identifique-a e explique o porquê de sua importância.

2 Leia a notícia abaixo e faça o que se pede.

Prefeitura de SP proíbe distribuição de talheres, pratos e copos plásticos

O prefeito [...] sancionou nesta segunda-feira (13) a lei que proíbe o fornecimento de produtos descartáveis de plástico em estabelecimentos comerciais da capital.

[...] a lei proíbe a distribuição de copos, pratos, talheres, agitadores de bebidas e varas para balões de uso único feito com plástico. O texto também proíbe o fornecimento desses produtos feitos com plástico oxibiodegradável [...]

A Plastivida (Instituto Socioambiental dos Plásticos) divulgou nota [...] criticando a lei. Segundo a entidade, que representa a parte socioambiental da indústria do plástico, "o banimento [dos descartáveis plásticos] não educa a sociedade a consumir conscientemente, sem desperdício; não sensibiliza as pessoas nem os estabelecimentos comerciais a separarem e destinarem seus resíduos para a reciclagem e não incentiva o poder público a ampliar" o serviço de coleta seletiva.

MAZZO, A.; SOARES, R. Prefeitura de SP proíbe distribuição de talheres, pratos e copos plásticos. *Folha de S.Paulo*. 13 jan. 2020. Disponível em: <https://agora.folha.uol.com.br/sao-paulo/2020/01/prefeitura-de-sp-proibe-distribuicao-de-talheres-pratos-e-copos-plasticos.shtml>. Acesso em: 30 jun. 2020.

Sob orientação do professor, organizem-se em grupos de cinco estudantes e debatam sobre a lei e o ponto de vista da Plastivida. Qual será o impacto dessa lei no comércio e na rotina dos comerciantes e das pessoas que frequentam esses estabelecimentos? Há outras soluções possíveis?

3 (Enem) Com o objetivo de substituir sacolas de polietileno, alguns supermercados têm utilizado um novo tipo de plástico ecológico, que apresenta em sua composição amido de milho e uma resina polimérica termoplástica, obtida a partir de uma fonte petroquímica.

Fonte: ERENO, D. "Plásticos de vegetais." *Pesquisa Fapesp*, n. 179, jan. 2011 (adaptado).

Nesses plásticos, a fragmentação da resina polimérica é facilitada porque os carboidratos presentes

a) dissolvem-se na água.
b) absorvem água com facilidade.
c) caramelizam por aquecimento e quebram.
d) são digeridos por organismos decompositores.
e) decompõem-se espontaneamente em contato com água e gás carbônico.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EM MODERNA

4 Leia o texto abaixo e responda às questões a seguir.

Richard Thompson, biólogo marinho britânico que dedicou sua carreira ao estudo do lixo plástico, já há muito tempo se pergunta como é a degradação real das sacolas biodegradáveis.

[...] Thompson e sua equipe testaram sacolas comuns disponibilizadas em lojas de varejo da região de Plymouth e concluíram que nenhuma delas — inclusive as sacolas compostáveis — se decompôs o suficiente ao longo dos três anos de modo que tivessem alguma vantagem ambiental sobre as sacolas convencionais.

O estudo destaca como o termo "biodegradável" pode confundir os consumidores, levando-os a pensar que a sacola simplesmente desaparece quando jogada fora. [...]

Tanto a Organização das Nações Unidas quanto a União Europeia assumiram posições contrárias aos biodegradáveis. A ONU, num relatório publicado em 2016, declarou enfaticamente que os plásticos biodegradáveis não são resposta à poluição plástica marinha. E a UE, ano passado, com alguma controvérsia, recomendou o banimento dos oxibiodegradáveis, [...].

PARKER, L. Sacolas biodegradáveis enterradas por três anos ainda servem para uso. *National Geographic Brasil*, 6 maio 2019. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/planeta-ou-plastico/2019/05/sacola-plastica-saco-biodegradavel-plastico-supermercado-compra-enterrada-reciclagem-uso-compostagem>. Acesso em: 2 jul. 2020.

a) Qual é a principal informação do texto? Que trechos da matéria você destacaria para divulgá-lo para a sociedade?

b) O texto menciona que a União Europeia recomendou o banimento dos plásticos oxibiodegradáveis. Escreva um pequeno resumo sobre as características dos diferentes tipos de plástico (bioplástico, plástico biodegradável e oxibiodegradável) e o provável motivo que levou ao banimento dos oxibiodegradáveis. Consulte livros e *sites* para a elaboração desse material e não se esqueça de indicar as fontes de pesquisa utilizadas.

5 (PUC-SP) Pesquisadores da Embrapa (Empresa Brasileira de Agropecuária) estudam há muito tempo os bioplásticos, nome dado pelos próprios pesquisadores. Esses bioplásticos, também conhecidos como biopolímeros, são obtidos da polpa e cascas de frutas ou de legumes. A vantagem desses bioplásticos seria diminuir o impacto ambiental provocado pelos plásticos sintéticos, porém não se sabe ainda se os bioplásticos não atrairiam animais enquanto estocados.

- Sobre os polímeros sintéticos e polímeros naturais, avalie as afirmativas abaixo e assinale a correta.

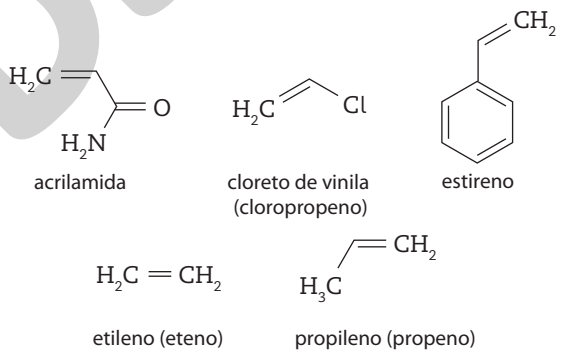
a) Polietileno, poliestireno e policloreto de vinila são exemplos de polímeros naturais.

b) O monômero utilizado na formação de um polímero sintético de adição precisa ter pelo menos uma dupla ligação entre carbonos.

c) As proteínas possuem como monômeros os aminoácidos e são exemplos de polímeros sintéticos.

d) Os polímeros sintéticos se deterioram em poucos dias ou semanas.

6 (Enem) Os polímeros são materiais amplamente utilizados na sociedade moderna, alguns deles na fabricação de embalagens e filmes plásticos, por exemplo. Na figura estão relacionadas as estruturas de alguns monômeros usados na produção de polímeros de adição comuns.



Dentre os homopolímeros formados a partir dos monômeros da figura, aquele que apresenta solubilidade em água é:

a) polietileno.
b) poliestireno.
c) polipropileno.
d) poliacrilamida.
e) policloreto de vinila.

Próximos passos

Nas últimas décadas, grande parte dos compostos orgânicos produzidos industrialmente tem sido usada na obtenção de polímeros. Isso porque novos tipos de polímeros vêm sendo obtidos, abrangendo uma gama enorme de aplicações. Como parte significativa desses polímeros são plásticos, costuma-se dizer que vivemos a Idade dos Plásticos, em analogia à Idade da Pedra ou à do Bronze.

No próximo capítulo, você será convidado a estudar as Eras geológicas e as diversas transformações que ocorreram no planeta Terra, mas, antes de iniciar esse estudo, faça um resumo do que lhe pareceu mais significativo neste capítulo e o compartilhe com seus colegas de classe.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELO

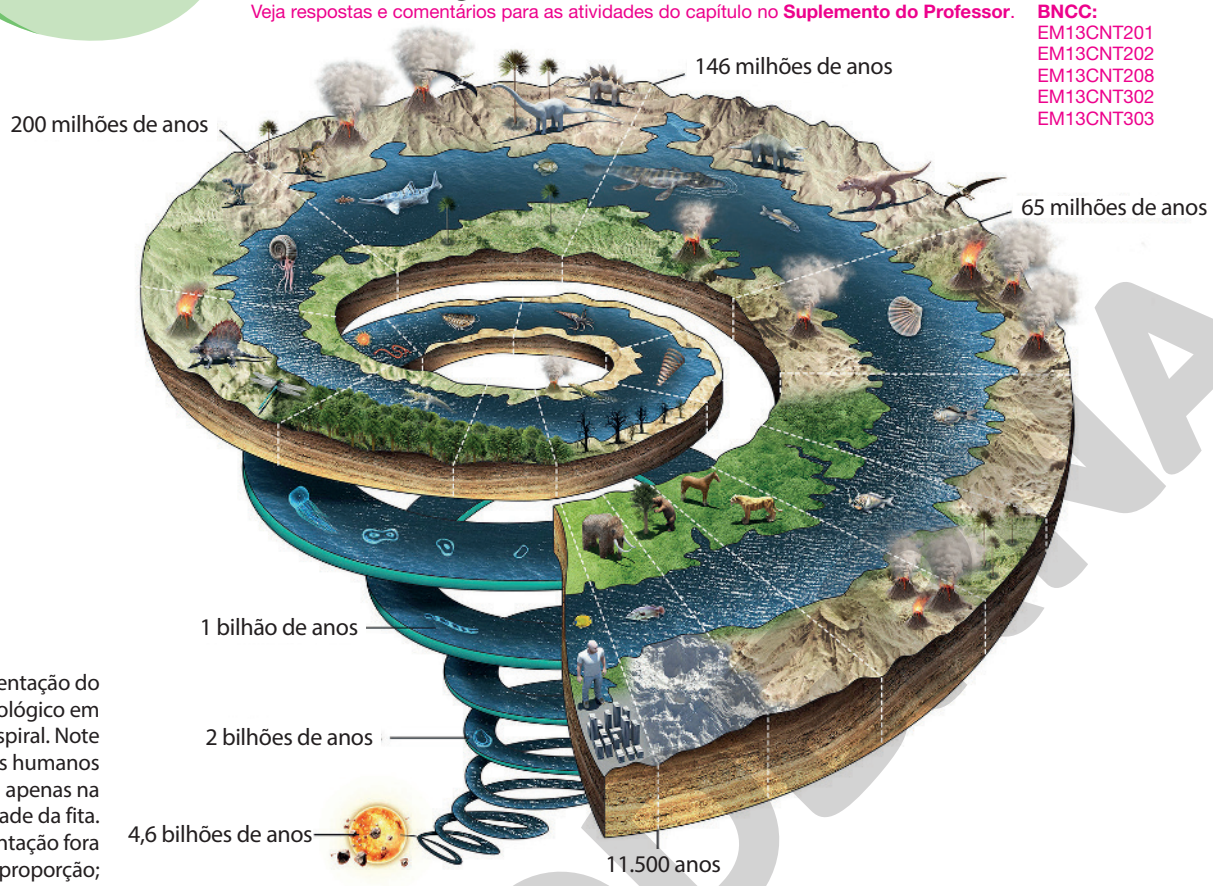
CAPÍTULO

3 Tempo geológico e evolução humana

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

BNCC:
EM13CNT201
EM13CNT202
EM13CNT208
EM13CNT302
EM13CNT303

RODRIGO PEREIRA DE FIGUEIREDO



Representação do tempo geológico em forma de espiral. Note que os seres humanos surgem apenas na extremidade da fita. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: Agência de Geologia dos Estados Unidos. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/gip/2008/58/Spiral_Poster9Meg.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Para começo de conversa

O desenvolvimento de um grande cérebro, a capacidade de refletir sobre o passado e o futuro e a produção de instrumentos tecnológicos a partir de ideias estão entre as características dos humanos que proporcionaram grandes vantagens em relação a outras espécies. Nossa espécie transformou radicalmente a superfície do planeta todo, alterando topografia, clima e os ecossistemas onde vivemos.

Essa alteração não é novidade, mas sua velocidade e intensidade vêm aumentando muito. Considere, por exemplo, os sambaquis – depósitos de conchas de moluscos, esqueletos de peixes e de diferentes caças, formando montanhas de dezenas de metros de altura – produzidos por povos que habitaram o Brasil entre 8 mil e 2 mil anos atrás. Essas modificações do ambiente tinham grande impacto local, mas praticamente nenhum impacto regional ou global.

Com o desenvolvimento científico e tecnológico, nossa espécie mudou intensamente a própria relação com a natureza, criando para si ecossistemas predominantemente artificiais, como as cidades. Centros urbanos cada vez maiores demandam cada vez mais da natureza, impactando diretamente ecossistemas no entorno e, indiretamente, ecossistemas do mundo todo. Alteramos o meio colocando nossa assinatura no planeta como espécie, mas talvez assinando também nossa própria extinção. O planeta permanecerá, mas nós, assim como os dinossauros, poderemos ser apenas mais um registro fóssil de um período do tempo geológico.

O que é o tempo geológico, e qual a relação dele com os eventos biológicos e a vida humana? Assim como as conchas nos sambaquis, hoje muitos rejeitos se acumulam no planeta, como o plástico. Assim como as conchas, o plástico vem se depositando em toda a superfície planetária. Diferentemente de conchas e esqueletos que formam sambaquis, o plástico leva muito mais tempo para se decompor, acumulando-se pela superfície terrestre, e oferece mais riscos ao ambiente. Como o plástico vem alterando o ambiente? Será que apenas o ser humano é capaz de provocar mudanças no ambiente a ponto de intervir no processo evolutivo de outras espécies?

Neste capítulo, vamos estudar o tempo geológico e a caracterização de suas eras, marcadas por determinados eventos físicos, químicos e biológicos. Vamos abordar também o processo evolutivo dos seres humanos, desde os primeiros ancestrais até os dias atuais.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A divisão do tempo geológico

A idade da Terra é estimada em 4,6 bilhões de anos, e o intervalo de tempo desde sua origem até os dias atuais recebe a denominação de **tempo geológico**. Para facilitar seu estudo, o tempo geológico é dividido em **eras geológicas**, que são agrupadas nos éons Pré-Cambriano e Fanerozoico. O éon Fanerozoico pode ser dividido nas eras **Paleozoica**, **Mesozoica** e **Cenozoica**; as eras anteriores pertencem ao éon Pré-Cambriano.

Da mesma forma, cada era geológica compreende **períodos geológicos**, que, em alguns casos, são ainda subdivididos em **épocas geológicas**. Quanto mais recente é um período geológico, mais dados temos sobre ele e, consequentemente, maior é sua divisão em grupos menores.

Durante o tempo geológico aconteceram **eventos biológicos**.

Fronteiras geológicas são geralmente marcadas por **extinções em massa**, assim chamadas quando muitas formas de vida desaparecem do registro fóssil, sendo substituídas por espécies que se diversificaram a partir dos sobreviventes.

A tabela abaixo apresenta alguns dos principais eventos que ocorreram nas eras e períodos geológicos. A seguir, veremos mais detalhes desses eventos.

Discuta como essas classificações são artificiais e criadas pelos seres humanos para facilitar o estudo da história evolutiva da Terra.

Tabela estratigráfica

Éon	Era	Período	Idade (Ma)*	Principais eventos biológicos
Fanerozoico	Cenozoica	Quaternário	Atual	Aparecimento do *Homo sapiens*
		Neogeno	2,6	Diversificação de angiospermas e mamíferos
		Paleogeno	23	Progressão na separação dos continentes
	Mesozoica	Cretáceo	66	Extinção dos dinossauros e origem das angiospermas
		Jurássico	145	Domínio dos dinossauros e aparecimento das aves
		Triássico	200	Origem dos dinossauros e mamíferos
	Paleozoica	Permiano	251	Primeiras gimnospermas
		Carbonífero	300	Depósitos de carbono
		Devoniano	360	Primeiros vertebrados terrestres
		Siluriano	416	Primeiras plantas terrestres
		Ordoviciano	444	Origem dos vertebrados
		Cambriano	488	Origem dos invertebrados
Pré-Cambriano	Proterozoica		542	Seres procariontes e eucariontes
	Arqueana		2 500	Origem da vida
	Hadeana		4 000 4 600	Origem da Terra

* (Ma): milhões de anos.

Fonte dos dados: Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS), 2017. Disponível em: <https://stratigraphy.org/icschart/ChronostratChart2017-02BRPortuguese.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Não escreva no livro.

Calendário da Terra

Nos primeiros estágios da história do nosso planeta, a vida não existia. Formas simples de vida apareceram há cerca de 3,5 bilhões de anos, e formas mais complexas evoluíram durante os últimos 600 milhões de anos.

Uma maneira de ilustrar a imensidão do tempo geológico e a presença humana extremamente recente no planeta é considerar a história da Terra como se ocorrida em 1 ano, colocando todos os acontecimentos, desde sua origem, em um calendário de 12 meses. Nessa analogia, a Terra teria se formado em 1º de janeiro, e os primeiros seres humanos modernos teriam aparecido nos últimos 20 minutos do dia 31 de dezembro.

1. Usando o calendário, compare a duração, em minutos, da existência da espécie humana com o período que vai do surgimento à extinção dos dinossauros. O que esse resultado sugere?

Representação do calendário da Terra. Trata-se de uma analogia que mostra como seria o tempo geológico transportado para um calendário anual. (Representações fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: STRINGER, C.; ANDREWS, P. *The complete world of human evolution*. London: Thames & Hudson, 2005.

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Qual é a maior dificuldade ao estudarmos eventos de duração geológica?
2. Que eventos marcam o fim das eras Paleozoica e Mesozoica?
3. Analise a tabela da página anterior e indique as eras em que surgiram a vida na Terra e os seres humanos.

Éon Pré-Cambriano e a era Paleozoica

Para fins didáticos, dividimos a história geológica em dois grandes blocos. Neste primeiro bloco, serão estudados os eventos desde a formação da Terra até a extinção em massa que ocorreu no Permiano.

Éon Pré-Cambriano

O éon Pré-Cambriano compreende o período desde o surgimento da Terra, há 4,6 bilhões de anos, com a formação dos oceanos e dos continentes, até o aparecimento de alguns animais invertebrados marinhos, há cerca de 542 milhões de anos.

No início desse éon, o planeta era completamente diferente de como o conhecemos hoje. Acredita-se que a vida só teve condições de se desenvolver após o fim de um intenso bombardeio por meteoros e outros corpos vindos do espaço, há cerca de 3,5 bilhões de anos.

A temperatura do planeta era muito alta, e as erupções vulcânicas e tempestades, que geravam constantes descargas elétricas, eram bastante comuns. Os mares eram muito quentes e a atmosfera apresentava composição distinta da atual. De acordo com a **teoria quimiossintética**, a combinação de gases que compunham a atmosfera primitiva com altas temperaturas e com as descargas de energia elétrica das tempestades criou condições que possibilitaram a formação de moléculas orgânicas, ou seja, que contêm carbono. Essas moléculas foram se tornando cada vez mais complexas, até darem origem aos primeiros organismos vivos. Por isso, essa teoria também é conhecida como **evolução química**.

A falta da camada de ozônio, que hoje em dia representa uma barreira muito importante contra os raios ultravioleta do Sol, permitia que essas radiações chegassem à superfície terrestre e fornecessem energia para a formação e degradação das substâncias.

A auto-organização desses compostos orgânicos complexos em estruturas como as moléculas de DNA e RNA parece ter sido uma etapa crucial para a origem da vida. Em determinado momento desse processo, ocorreu a transição desse grupo de moléculas inanimadas para um sistema vivo. Sequencialmente teve início a **evolução biológica**, que formou toda a rede complexa da vida, tanto a atual quanto a das espécies já extintas.

As moléculas de **DNA** (ácido desoxirribonucleico) e **RNA** (ácido ribonucleico) correspondem aos ácidos nucleicos, macromoléculas constituídas por átomos de carbono, oxigênio, nitrogênio e fósforo. Ambas são moléculas essenciais à vida, uma vez que estão relacionadas ao armazenamento, à transmissão e ao uso da informação genética. O DNA é constituído por duas longas cadeias de nucleotídeos unidos em sequência. Já o RNA é composto de apenas uma cadeia de nucleotídeos. As bases nitrogenadas que compõem os nucleotídeos de cada uma destas moléculas são a adenina, a citosina e a guanina. Além dessas três, cada um dos ácidos nucleicos apresenta uma quarta base nitrogenada: timina no DNA e uracila no RNA.

As primeiras formas vivas cresciam, assimilavam substâncias do meio, respiravam sem gás oxigênio (eram **anaeróbias**) e, quando alcançavam certo tamanho, fragmentavam-se. As evidências fósseis mais antigas de vida foram achadas em rochas na Groenlândia e na Austrália; datam de cerca de 3,5 bilhões de anos e correspondem a vestígios deixados por organismos que, acredita-se, seriam semelhantes às arqueas.

WALTER MYERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Representação artística do que se acredita que teria sido o cenário na Terra no surgimento das primeiras moléculas orgânicas.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Caixa de ferramentas

Procariontes são organismos unicelulares, representados pelas bactérias e arqueas, que não têm núcleo nem outras membranas internas dividindo seu citoplasma em compartimentos. Além do material genético, suas células são basicamente compostas de membrana plasmática, parede celular e ribossomos.

Nesse cenário primitivo, a atmosfera tornou-se cada vez mais rica em gás carbônico. Os mares se encheram de vida, mas todos os organismos requeriam compostos orgânicos e inorgânicos que escasseavam. Esse cenário teria favorecido organismos capazes de produzir seu próprio alimento a partir de gás carbônico e da água do ambiente, utilizando a luz solar como fonte de energia para a síntese de matéria orgânica. Surgiam, assim, os primeiros seres **autótrofos**, os procariontes capazes de realizar **fotossíntese**. Esses organismos dominaram a Terra até perto de 1 bilhão de anos atrás, quando se reduziram significativamente.

O surgimento de procariontes fotossintetizantes enriqueceu o teor de gás oxigênio da atmosfera terrestre, uma vez que esse gás é um subproduto da fotossíntese. Há cerca de 2,5 bilhões de anos, esses organismos eram tão numerosos que o oxigênio gasoso (O_2) que produziam estava mudando a atmosfera anaeróbia da Terra para uma atmosfera **aeróbia**. O gás oxigênio oxidou os minerais do oceano e da crosta terrestre, formou a camada de ozônio (O_3) e diminuiu, assim, a quantidade de radiação ultravioleta que atingia a superfície terrestre.

CHASE STUDIO/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Representação artística de como seriam as paisagens povoadas pelos primeiros seres vivos pluricelulares, conhecidos como biota de Ediacara.

Registros fósseis indicam que os organismos eucariontes surgiram há mais de 2 bilhões de anos. As células dos eucariontes apresentam uma membrana ao redor do núcleo e inúmeras organelas também envoltas por membranas, características que a maioria das células dos organismos procariontes não tem. Uma intrigante questão na Biologia é entender como essa mudança aconteceu, ou seja, de que modo surgiram as organelas envoltas por membrana das células eucarióticas. Pesquisadores acreditam que, no caso das mitocôndrias e cloroplastos, isso ocorreu por um processo denominado **endossimbiose**. Os cloroplastos e mitocôndrias parecem ter evoluído de seres procariontes que se estabeleceram dentro de organismos procariontes maiores. Esse modelo, conhecido como **teoria endossimbiótica**, foi proposto pela bióloga estadunidense Lynn Margulis, em 1967, e é apoiado por fortes evidências.

Há cerca de 1 bilhão de anos surgiram os organismos pluricelulares – que inicialmente correspondiam a algas filamentosas e a alguns animais invertebrados –, conhecidos como a biota de Ediacara.

Era Paleozoica

Essa era começou há 542 milhões de anos, estendeu-se até cerca de 250 milhões de anos atrás e deixou os primeiros registros fósseis de partes duras de organismos primitivos. É dividida em seis períodos: Cambriano, Ordoviciano, Siluriano, Devoniano, Carbonífero e Permiano.

O período **Cambriano** teve início há 542 milhões de anos e durou até cerca de 488 milhões de anos atrás. É reconhecido por um particular aumento da quantidade de seres vivos, o que ficou conhecido como **explosão cambriana**. Esse fato foi evidenciado pelos primeiros registros fósseis de partes duras de seres vivos, como conchas e esqueletos, provenientes de organismos surgidos nesse período. Os organismos pluricelulares experimentaram uma expansão e aumento em sua complexidade. Os mares eram habitados por grande variedade de algas pluricelulares, e foi nesse período que surgiram os principais grupos de animais atuais, como os cordados primitivos que deram origem aos vertebrados. Um dos fósseis mais comuns e típicos dessa época é o do **trilobita**, artrópode que se extinguiu ao final do Paleozoico, semelhante a um crustáceo.

LAYNE KENNEDY/THE IMAGE BANK UNRELEASED/GETTY IMAGES

Fóssil de trilobita, típico do período Cambriano.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

O período **Ordoviciano** é caracterizado pela diversificação das algas e grande expansão dos invertebrados, como os moluscos primitivos e os equinodermos. A composição química do mar sofreu alterações em consequência do aumento do gás oxigênio produzido pelas algas pluricelulares. Surgiram os primeiros vertebrados, peixes cartilaginosos sem mandíbula ou dentes, que passaram a dominar os mares.

No período **Siluriano**, apareceram os primeiros peixes cartilaginosos com mandíbulas e dentes. Essas adaptações tornaram a captura de alimento mais eficiente, o que deve ter sido crucial para a diversificação dos peixes. A partir das algas verdes evoluíram as primeiras plantas com adaptações para viver fora da água, o que marcou a conquista do ambiente terrestre pelos seres vivos. Tecidos condutores possibilitaram a existência de plantas maiores, que formaram as primeiras florestas. Apareceram também nesse período os primeiros peixes ósseos e os primeiros animais em ambiente terrestre, insetos e aracnídeos primitivos.

O período **Devoniano** é conhecido como a era dos peixes, pois, ao longo desse período, surgiram os grandes grupos de peixes atuais. Os peixes dotados de mandíbulas dominavam os mares e se diversificaram em peixes com nadadeiras radiadas, dos quais derivam os peixes ósseos atuais, e os de nadadeiras lobuladas, que deram origem à linhagem dos anfíbios no final desse período. Estes foram os primeiros vertebrados a habitar a terra firme.

Acredita-se que os peixes que apresentavam nadadeiras lobuladas podiam apoiar-se no solo com elas e "caminhar" pelo fundo de rios e lagos. Essa possibilidade teria permitido que realizassem incursões em terra firme, obtendo alimentos e maior aquecimento solar (o que aumentou a atividade metabólica). Gradativamente, no processo evolutivo, foram selecionados os indivíduos com essas modificações mais adaptativas em terra firme, possibilitando que suas nadadeiras evoluíssem, dando origem às pernas. Provavelmente foi essa a origem dos anfíbios.

PETTER BÖCKMAN/WIKIMEDIA FOUNDATION – INSTITUTO REAL BELGA DE CIÊNCIAS NATURAIS, BÉLGICA

VICTOR HABBICK VISIONS/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

(**A**) Fóssil do *Tiktaalik roseae*, forma de transição entre os peixes de nadadeiras lobadas e os tetrápodes terrestres, que surgiu durante o Devoniano. (**B**) Representação artística do mesmo organismo.

No período **Carbonífero**, as samambaias e as cavalinhas formavam bosques pela Terra. Os bosques e as pradarias passaram a cobrir os continentes, criando ambientes úmidos e protegidos, favoráveis para insetos e anfíbios, que alcançavam dimensões gigantescas (alguns anfíbios atingiam 6 metros de comprimento). Formaram-se os depósitos de carbono utilizados até hoje pelos seres humanos nas indústrias, principalmente como combustível. Apareceram os primeiros répteis.

Durante o último período da era Paleozoica, o **Permiano**, surgiram as primeiras gimnospermas (plantas com semente) e o ambiente caracterizava-se por bosques e florestas dessas plantas e de pteridófitas gigantes. Ao final desse período, houve uma extinção em massa de organismos, que afetou 96% das espécies; quase todos os invertebrados marinhos desapareceram. Provavelmente essa extinção ocorreu em consequência de uma brusca mudança climática, que tornou o planeta mais frio e seco. Adaptados a condições mais secas, os répteis se diversificaram, e a quantidade de anfíbios diminuiu. Essa alteração possibilitou que os répteis se tornassem os vertebrados terrestres dominantes.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

SOMOS ARTE

Interligações

Não escreva no livro.

O período Carbonífero e os combustíveis fósseis

Os combustíveis fósseis que usamos hoje em dia têm origem em organismos que viveram no período Carbonífero. A matéria-prima desses combustíveis (petróleo, carvão mineral e outros) foi formada no processo de fossilização de restos de animais e plantas, em um processo que levou milhões de anos. A ação da pressão e da temperatura que a crosta exerceu sobre esses fósseis, tanto nos continentes quanto nos oceanos, foi decompondo e transformando lentamente esse material. Apesar das grandes transformações, as substâncias formadas ainda preservam grande parte da energia nas ligações químicas. Por essa razão, esses grandes depósitos fossilizados são usados para obtenção de combustíveis tanto para gerar energia elétrica quanto para movimentar máquinas e meios de transporte.

1. Por que os combustíveis fósseis são classificados como fontes não renováveis?

Deriva continental na era Paleozoica

PANGEIA

ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL

Representação da Pangeia, que corresponde à disposição dos continentes no final da era Paleozoica, segundo a deriva continental.

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al. Biology*: concepts and connections. 6. ed. São Francisco: Benjamin Cummings, 2009.

O mapa da Terra que conhecemos e estudamos vem se modificando durante a história do planeta. Em 1912, o meteorologista alemão Alfred Wegener (1880-1930) propôs a hipótese da deriva continental. Ele postulava que todos os continentes do planeta teriam se formado a partir de uma massa única, que se separou com o passar das eras. Essas placas teriam passado a vagar, como balsas, até os dias de hoje. Alguns cientistas acreditam que os continentes vão novamente se unir daqui a muitos milhões de anos.

Segundo essa hipótese, entre a era Paleozoica e a era Mesozoica, o movimento das placas tectônicas (porções da crosta terrestre que se movimentam interagindo entre si e ocasionando intensa atividade geológica) iniciou a formação dos continentes que conhecemos hoje, a partir da fragmentação de um grande bloco chamado Pangeia (do grego *pan*, "todo", e *geo*, "terra"). A separação dos continentes teve grande impacto na vida. Espécies que viviam juntas foram separadas, e novas condições de clima e relevo surgiram. Isso resultou em um aumento da diversidade biológica, como mostram os registros fósseis.

Atividades

Não escreva no livro.

1. A "biota de Ediacara" já foi conhecida como "fauna de Ediacara". Explique por que o nome atual é mais indicado.

2. Cite alterações em peixes e plantas que aconteceram durante os períodos estudados. Mencione o que e como isso ocorreu e de que modo modificou os organismos desses grupos que eram predominantes na Terra.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

Escolha um dos períodos da era Paleozoica e pesquise as condições ambientais desse período. Faça um esquema de como você imagina que era o cenário naquele tempo, relacionando com as condições ambientais. Escreva sobre os seres vivos e as características do ambiente que você incluir na ilustração. Veja como ficou o desenho dos colegas.

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Eras Mesozoica e Cenozoica

Agora serão estudados os eventos ocorridos no período entre a era Mesozoica – há 250 milhões de anos – e os dias de hoje.

Da mesma forma que no tópico anterior, a ideia aqui não é que os estudantes memorizem os eventos de cada era, mas que tenham contato com os principais eventos relacionados à evolução da vida e à sequência em que ocorreram. É importante entenderem que os acontecimentos estão sempre ligados e que o surgimento de determinada espécie em uma época está relacionado às condições ambientais da Terra no período, que também tem relação com os seres vivos que a habitavam.

Era Mesozoica

Conhecida como a era das gimnospermas e dos répteis, começou há cerca de 250 milhões de anos e se estendeu até cerca de 65 milhões de anos atrás. No início desse período, a quantidade de seres vivos era bem menor que no Paleozoico, resultado da grande extinção que ocorreu. Nesse período, teve início a fragmentação da Pangeia, quando a separação dos continentes originou mares rasos e provocou isolamentos geográficos de grandes proporções, propícios ao surgimento de novas espécies. Com esses movimentos, novas formações geológicas, como montanhas, vulcões e mares, surgiram e causaram grandes impactos à vida existente na Terra. O clima mudou, tornando-se mais ameno e chuvoso, o que favoreceu a multiplicação das espécies terrestres. A era Mesozoica compreende três períodos: Triássico, Jurássico e Cretáceo.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

WALTER MYERS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Representação artística da era Mesozoica, mostrando o domínio dos dinossauros e a presença de gimnospermas e mares rasos.

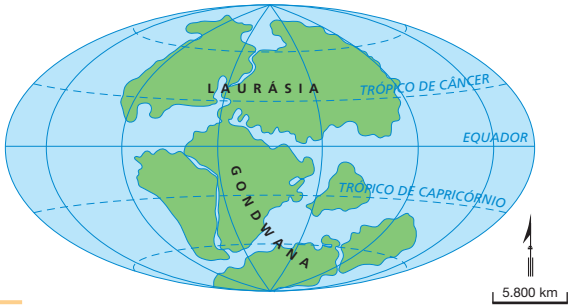
No período **Triássico**, os répteis se diversificaram e se expandiram, tanto em ambientes aquáticos quanto em terra firme; algumas espécies voadoras também surgiram. Uma linhagem de répteis deu origem aos primeiros mamíferos, seres de pequeno porte, provavelmente noturnos e arborícolas. Fósseis de animais com características de répteis e mamíferos podem ser encontrados no Rio Grande do Sul e na África do Sul. Nesse período, vários grupos de invertebrados tornaram-se mais ricos em espécies; surgiram muitos dos moluscos e equinodermos atuais, assim como diversos grupos de gimnospermas que conhecemos hoje.

FARREL E LEANDRO SANCHES/ARQUIVO/ESTADÃO CONTEÚDO

Representação artística do *Mirischia asymmetrica*, um dinossauro herbívoro brasileiro. Há cerca de 20 espécies de dinossauros oficialmente reconhecidas em território brasileiro e acredita-se que o número seja maior.

LAURÁSIA E GONDWANA

FERNANDO JOSÉ FERREIRA



Representação da conformação dos continentes durante a era Mesozoica, divididos em Laurásia e Gondwana.

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al*. *Biology*: concepts and connections. 6. ed. São Francisco: Benjamin Cummings, 2009.

Caixa de ferramentas

Mamíferos placentários pertencem a um grupo de espécies cujo desenvolvimento do embrião se processa no interior do útero da fêmea, e a alimentação do feto ocorre através da placenta.

No **Jurássico**, os dinossauros se diversificaram em grande escala, tendo existido desde indivíduos com o tamanho de uma galinha até outros com mais de 10 metros de altura. Eles dominavam a Terra nesse período. Foi também no Jurássico que surgiram as primeiras aves, que evoluíram a partir de linhagens de certos dinossauros carnívoros bípedes, os quais teriam características intermediárias entre répteis e aves, com penas e dentes.

Durante esse período, a Terra estava dividida em dois grandes continentes: **Laurásia** (ao norte) e **Gondwana** (ao sul). Há cerca de 150 milhões de anos, começou a separação entre a América do Sul e a África.

No período **Cretáceo**, os dois continentes estavam completamente separados, e o oceano Atlântico estava formado, o que originou uma enorme barreira entre a África e a América do Sul, que continuaram a evoluir de maneira independente. O nível do mar estava alto, e a Terra era quente e úmida. Foi nesse período que se desenvolveram as primeiras angiospermas (plantas com flores, frutos e sementes). Também surgiram insetos polinizadores, como mariposas, abelhas e vespas, que favoreceram a expansão dessas plantas. As aves já apresentavam muitas das características atuais. Nesse período se desenvolveram ainda os mamíferos placentários.

Interligações

Não escreva no livro.

A relação entre aves e dinossauros

DEAGOSTINI PICTURE LIBRARY/ALBUM/FOTOARENA

Reconstituição artística de animal do gênero *Archaeopteryx*.

Um fóssil de um dinossauro com penas, o *Archaeopteryx* sp., foi descoberto em 1861, somente dois anos após a publicação de *A origem das espécies* de Charles Darwin. Correspondia a um esqueleto parcial com impressões de penas. Embora alguns cientistas já especulassem sobre o parentesco evolutivo entre dinossauros e aves, foi somente em 1970 que o paleontólogo estadunidense John Ostrom (1928-2005), da Universidade de Yale, publicou uma série de trabalhos que iniciaram o controverso debate acerca da conexão entre aves e dinossauros. Essa relação foi corroborada com a descoberta, na década de 1990, de outros fósseis. Hoje, a hipótese de que as aves são descendentes de uma linhagem de dinossauros é amplamente aceita. Um exemplo de como a reconstrução da história da vida na Terra é um trabalho em constante atualização, cada novo fóssil pode trazer novas evidências.

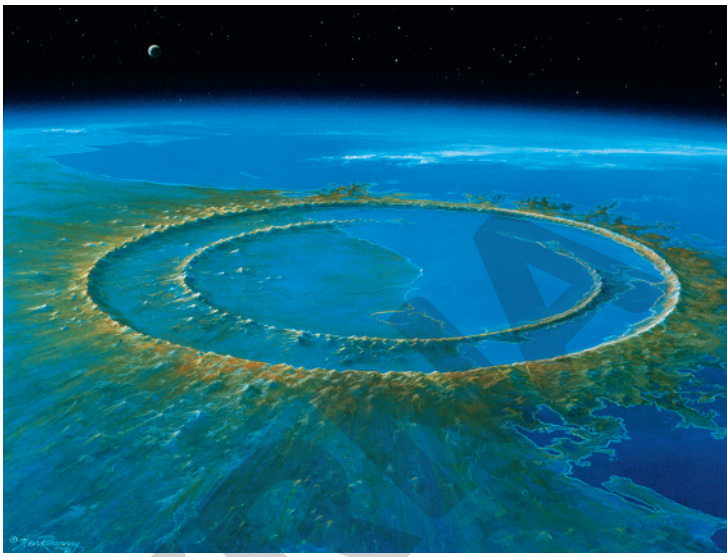
1. Relacionar o tempo geológico a eventos biológicos possibilita conhecer diversas mudanças pelas quais nosso planeta passou e continua passando. Por que esse conhecimento é importante? Qual é o profissional responsável pela produção desse tipo de conhecimento?

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

No final dessa era, há cerca de 65 milhões de anos, ocorreu outra extinção em massa, que afetou 76% das espécies; entre elas, muitos invertebrados, plantas, os dinossauros e outros animais terrestres de grande porte. Em menos de 10 milhões de anos – período relativamente curto no tempo geológico –, todos os dinossauros foram extintos, permanecendo apenas os descendentes de uma linhagem: as aves. Muitos paleontólogos acreditam que essa extinção foi causada pela grande nuvem de poeira que se formou na atmosfera após o impacto de um grande asteroide na Terra. Essa nuvem teria bloqueado a luz solar e afetado severamente o clima global por meses, o que causou, em princípio, uma redução do crescimento das plantas, afetando toda a cadeia alimentar. A hipótese do impacto do asteroide tem muitos defensores, e uma grande cratera (cratera de Chicxulub), datada de aproximadamente 65 milhões de anos, foi encontrada na península de Yucatán, no México. Contudo, alguns cientistas propõem que essa extinção foi causada simplesmente por mudanças climáticas drásticas que teriam sido provocadas por uma intensa atividade vulcânica ou mesmo como consequência da deriva continental.

D. VAN RAVENSWAAY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



Representação artística da cratera de Chicxulub, em Yucatán, no México. Esse acidente geográfico é datado de 65 milhões de anos, mede 180 km de diâmetro e é considerado evidência da hipótese de que a grande extinção do final da era Mesozoica teria sido causada pelo impacto de um asteroide.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Interligações

Não escreva no livro.

Química liga aves e dinossauros

[...] "Foi como tocar em fantasmas." A expressão do geoquímico Roy Wogelius, da Universidade de Manchester (Reino Unido), revela que o próprio investigador ficou impressionado com a descoberta do seu grupo, sobre um fóssil que é um ícone da Paleontologia e do qual já não se esperavam novidades bombásticas. Mas a surpresa aconteceu. Roy Wogelius coordenou uma equipa que pela primeira vez conseguiu ver os elementos químicos deixados por tecidos vivos num fóssil com 150 milhões de anos. Nomeadamente, os que correspondem às penas e que são o primeiro elo químico entre aves e dinossauros. Esse caminho, diz o cientista, "é o futuro da Paleontologia e uma mudança de paradigma na investigação".

A descoberta, publicada [em maio de 2010] na revista *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, foi feita graças à análise num acelerador de partículas de um fóssil de *Archaeopteryx*, uma espécie que está a meio caminho entre os dinossauros e as aves – é considerada, aliás, a primeira ave – e que viveu há 150 milhões de anos.

Os investigadores detectaram quantidades ínfimas de enxofre e fósforo, elementos que existem nas penas dos pássaros modernos, e também zinco e cobre, que são nutrientes essenciais para esses animais. Ao todo foram detectados seis elementos químicos distribuídos de forma diferente pelas várias partes do fóssil.

O facto de se terem encontrado diferentes concentrações desses elementos nos restos fossilizados e nas rochas envolventes confirma que os químicos no fóssil são vestígios do ser vivo que aquela "dino-ave" foi há 150 milhões de anos, segundo os cientistas.

[...] "Até agora falávamos de um laço físico entre aves e dinossauros, agora encontramos um laço químico entre eles", conclui o coordenador da investigação. [...]

Fonte: NAVES, F. Química liga aves e dinossauros. *Diário de Notícias*, Ciências, Lisboa, 12 maio 2010. Disponível em: <https://www.dn.pt/ciencia/biosfera/quimica-liga-aves-e-dinossauros-1567464.html>. Acesso em: 27 ago. 2020.

1. A primeira vez que se encontraram fósseis de *Archaeopteryx* foi apenas dois anos depois de Charles Darwin ter publicado seu livro *A origem das espécies*. Como você imagina que as pessoas poderiam entender esse achado sem a perspectiva evolutiva?

2. O fato de o *Archaeopteryx* apresentar dentes de dinossauro, assim como asas e penas (entre outros aspectos morfológicos) características de aves, era o único argumento a favor da ligação entre esses animais. Explique com suas palavras como isso poderia não significar parentesco evolutivo e como os achados químicos se encaixam nesse cenário.

3. Interprete a frase contida no texto apresentado: "é o futuro da Paleontologia e uma mudança de paradigma na investigação".

© HARRIS, SIDNEY/CARTOONSTOCK

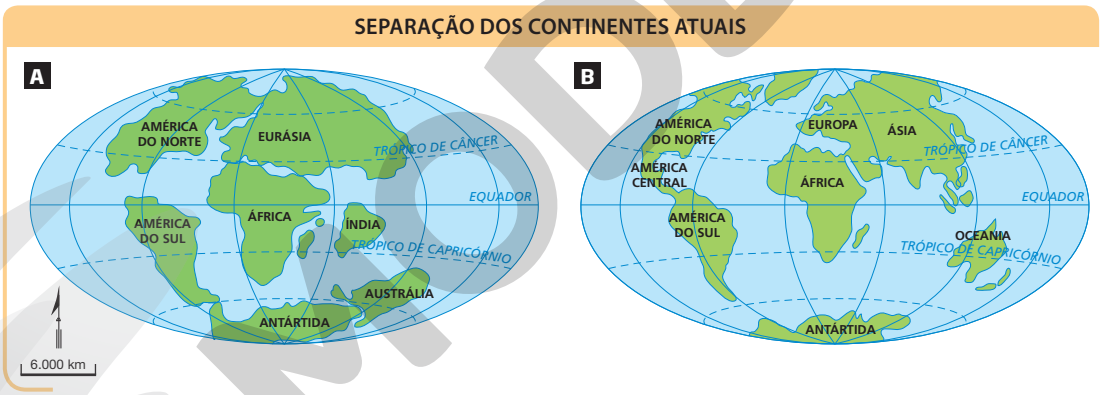
Era Cenozoica

A era **Cenozoica** teve início há cerca de 65 milhões de anos e continua até o presente. Apresentou variações climáticas extremas que produziram quatro glaciações, as quais provocaram a desertificação dos continentes e um abaixamento do nível dos oceanos. Atualmente, vivemos em um período interglacial em que predominam os mamíferos, as aves, os insetos e as angiospermas. Foi nessa era que ocorreu a origem e a evolução dos primatas e da espécie humana. Ela compreende três períodos: o Paleogeno, o Neogeno e o Quaternário.

Caixa de ferramentas

A distância da Terra ao Sol é tal que possibilitou ao planeta sustentar a evolução e a manutenção da vida. Grande parte disso se explica pela estabilidade climática, que possibilita a presença de água em estado líquido na superfície. Contudo, a órbita terrestre e sua orientação precisa no espaço não são fixas, motivo pelo qual a quantidade de radiação solar recebida não é constante. Além disso, a circulação atmosférica e das correntes marítimas ao redor do planeta pode se alterar em função de mudanças geológicas como a posição dos continentes ou a presença de cadeias de montanhas. Em certas épocas, o planeta fica mais frio, e isso leva ao acúmulo de gelo. Nesses momentos, a Terra passa pelas chamadas glaciações.

Durante o período **Paleogeno**, o mapa da Terra se fez cada vez mais semelhante ao atual, por causa da separação dos continentes. Formaram-se algumas das montanhas mais altas do planeta, como os Alpes, o Himalaia, os Pireneus, os Urais e os Apeninos. O clima se tornou mais quente, o que favoreceu a expansão de ecossistemas similares aos tropicais e temperados da atualidade.



Representação da conformação dos continentes no início da era Cenozoica (**A**) e atualmente (**B**).

Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al*. *Biology*: concepts and connections. 6. ed. São Francisco: Benjamin Cummings, 2009.

MAPAS: FERNANDO JOSÉ FERREIRA

IAN DAGNALL/ALAMY/FOTOARENA

No período **Neogeno**, várias linhagens de angiospermas surgiram, e essas plantas tornaram-se as mais abundantes do planeta. Os mamíferos tiveram grande diversificação, originando muitos dos grupos atuais, provavelmente por não haver mais a competição por espaço e alimento com os dinossauros. Apareceram os primeiros primatas e os primeiros hominídeos. Surgiram ainda mamíferos de grande porte, como os mamutes, os rinocerontes lanudos, os ursos das cavernas, entre outros também já extintos.

Reconstituição de um esqueleto de mamute (gênero *Mammuthus*). (Museu George C. Page, Califórnia, Estados Unidos, 2020.)

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

No **Quaternário**, ocorreram profundas mudanças climáticas que deram origem às glaciações, as quais afetaram especialmente as zonas polares e temperadas. As grandes massas de gelo se expandiram do Ártico à Antártida, cobrindo extensas regiões da Europa, Ásia e América. A última glaciação terminou há apenas 11 mil anos. Ao final desse período, o planeta adquiriu o aspecto que conhecemos hoje. As geleiras desapareceram; atualmente só se encontram nas montanhas e nas calotas polares.

Os ecossistemas foram afetados por essas mudanças climáticas; nas épocas glaciares predominaram vegetações similares às tundras atuais, e nos períodos mais quentes abundaram, por exemplo, os bosques de coníferas e carvalhos. Desapareceram os mamíferos de grande porte, e o *Homo sapiens* moderno se dispersou pelo planeta, estabelecendo-se a civilização humana. Vastas extensões de florestas desapareceram, e houve outra grande extinção de espécies.

Megafauna sul-americana

Há cerca de 10 mil anos, durante o período Neogeno, na América do Sul, viviam mamíferos de proporções muito maiores que as dos atuais. Entre eles, existiam tatus e preguiças-gigantes, que podiam atingir até 6 metros de comprimento e com mais de 2 toneladas de massa corpórea. Também habitaram a América do Sul durante esse período o tigre-dentes-de-sabre e o mastodonte (semelhante a um elefante). Fósseis desses animais já foram encontrados no Brasil e em outros países do continente.

Esses animais foram extintos há cerca de 10 mil ou 5 mil anos, provavelmente em decorrência de mudanças climáticas ocorridas em nosso continente.

JOÃO PRUDENTE/PULSAR IMAGENS

Réplicas de uma preguiça-gigante (gênero *Megatherium*) e de um tigre-dentes-de-sabre (gênero *Smilodon*). (Museu Nacional, Rio de Janeiro, RJ, 2017.)

Atividades

Não escreva no livro.

1. Observe a charge da página 80 e explique por que o ser humano ilustrado não pode ser atacado pelos dinossauros.

2. Há um famoso filme de ficção sobre dinossauros, *Jurassic Park*: *parque dos dinossauros*. Explique o título do filme, com base no que você aprendeu sobre as eras e os períodos geológicos.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

Ao longo deste capítulo, vimos várias reconstituições artísticas dos ambientes das eras e períodos mais antigos, além de animais já extintos. Como você acha que essas reconstituições são feitas? Você as considera importantes cientificamente? Que profissionais devem atuar nesse trabalho?

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Inicie o estudo do tópico sugerindo uma pesquisa sobre as evidências da existência de dinossauros e o modo como os paleontólogos descobrem e estudam esses animais extintos. Em geral, os estudantes têm mais familiaridade com fósseis de dinossauros do que com os de hominínios, mas os métodos de pesquisa são semelhantes, e a analogia pode ajudar a desenvolver o assunto.

Evolução humana

O ramo da Ciência que investiga os fósseis da linhagem humana se chama **Paleoantropologia**. A história das descobertas e do estudo dos fósseis de representantes da linhagem humana é cheia de controvérsias e disputas, principalmente por se tratar de análises de evidências sobre a evolução da espécie humana.

Os primeiros fósseis de importância para o estudo da evolução humana foram encontrados ainda no século XIX, na Europa (crânios do chamado homem de neandertal ou *Homo neanderthalensis*) e na Ásia (pedaço de crânio e dentes do chamado homem de Java, da espécie *Homo erectus*). Esses primeiros achados levaram à hipótese de que a origem dos seres humanos teria ocorrido na Eurásia.

DAVE EINSEL/GETTY IMAGES

Partes bem preservadas de um esqueleto fossilizado de *Australopithecus afarensis*, conhecido como Lucy.

As descobertas na África

A partir dos anos 1920, pesquisadores começaram a encontrar fósseis no continente africano. Em 1924, um pedaço de crânio foi encontrado entre sedimentos de uma caverna na África do Sul. A análise desse material revelou que ele possuía características intermediárias entre os seres humanos e os grandes símios: cérebro pequeno, caninos pequenos e postura provavelmente bípede. Essa espécie foi denominada *Australopithecus africanus*. A comunidade científica ficou inicialmente cética, pois esse achado contradizia a hipótese de origem na Eurásia.

Nas décadas seguintes, centenas de outros fósseis foram descobertos, especialmente no sul e no leste africanos. Os fósseis mais antigos – alguns com mais de 2 milhões de anos – foram encontrados apenas no continente africano, o que reforça a hipótese de que o berço da evolução humana é a África, não a Eurásia.

É inevitável que o registro fóssil seja frequentemente incompleto, muitas vezes se resumindo a um dente, a um pedaço de crânio ou alguns ossos. Em raras ocasiões, foram encontrados exemplares muito bem preservados, que possibilitam reconstruções bastante precisas. É o caso de dois esqueletos encontrados na Etiópia: Lucy, da espécie *Australopithecus afarensis*, encontrado em 1974 e datado de cerca de 3 milhões de anos; e o garoto de Turkana, da espécie *Homo erectus*, encontrado em 1984, que viveu há cerca de 1,6 milhão de anos.

A análise minuciosa dos fósseis possibilita aos pesquisadores inferir aspectos da morfologia e do comportamento dos organismos quando vivos. Alguns ossos, por exemplo, podem revelar informações sobre o modo de locomoção; o formato dos dentes tem relação com a dieta; o tamanho do crânio indica o volume do cérebro. Outros vestígios, como lascas e instrumentos de pedras, também revelam aspectos comportamentais importantes. As lascas mais antigas datam de cerca de 2,5 milhões de anos e provavelmente eram usadas como facas. Ferramentas mais complexas, como machados de mão, surgiram há cerca de 1,7 milhão de anos.

SCIENCE VU, NMK, VISUALS UNLIMITED/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Esqueleto fossilizado de um garoto da espécie *Homo erectus*, conhecido como garoto de Turkana. Encontrado na Etiópia em 1984, calcula-se que tinha entre 8 e 15 anos quando morreu.

Muitas espécies de hominínios conviveram entre si

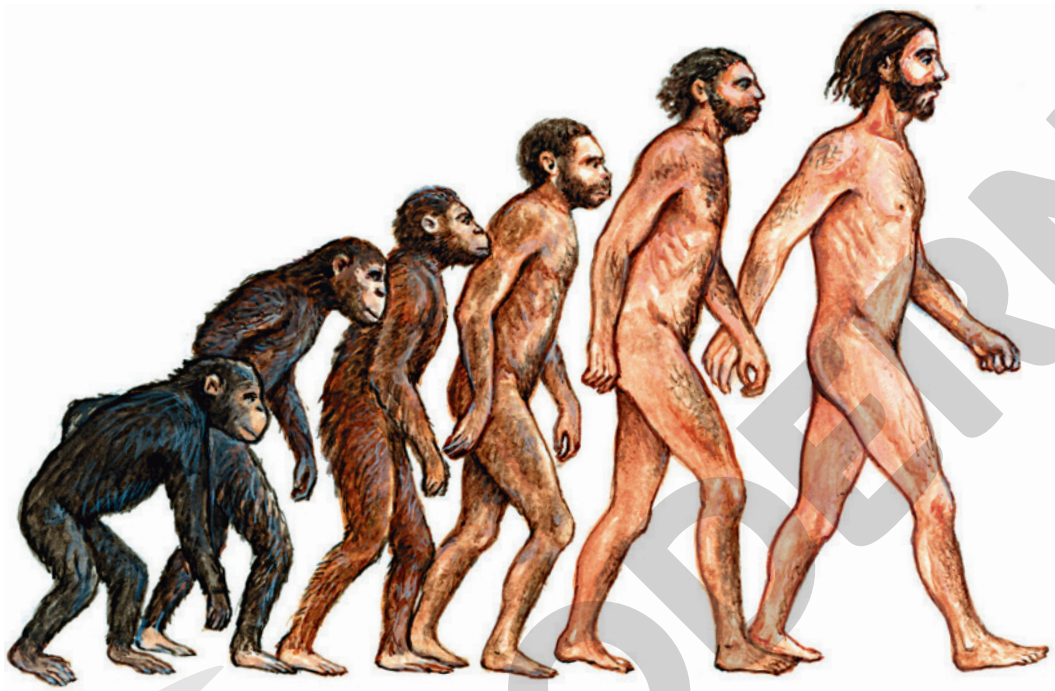
Para tentar reconstruir a história evolutiva de nossa linhagem, os pesquisadores precisam levar em conta as evidências disponíveis. E sempre que um novo fóssil é descoberto e conforme se acumulam análises, as hipóteses antigas podem ser revistas ou abandonadas em favor de outras mais coerentes. É assim que o conhecimento científico progride.

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Por exemplo, uma hipótese antiga (que predominou até a década de 1970) afirmava que as características típicas da linhagem humana – bipedia, caninos e molares reduzidos, infância prolongada e uso extensivo de tecnologia – teriam surgido em conjunto e aos poucos, conforme as espécies ficavam mais distantes do ancestral e mais parecidas com os seres humanos atuais. Essa hipótese apontava para uma sequência linear de ancestrais em que uma espécie deixava de existir com o surgimento da "próxima". Tal interpretação costumava ser representada em uma imagem que se tornou bastante popular, reproduzida a seguir. Porém, nas últimas décadas as descobertas de fósseis revelaram que essa ideia era equivocada: espécies distintas de hominínios existiram ao mesmo tempo, em diferentes períodos. Atualmente, somos a única espécie vivente de seres humanos.

REPRESENTAÇÃO ERRÔNEA DA EVOLUÇÃO HUMANA



CECÍLIA IWASHITA

Embora bastante difundida, essa imagem que pretende retratar a evolução humana como uma sequência linear de espécies é errônea.

Caixa de ferramentas

Hominínio é o termo usado para todos os organismos classificados na tribo Hominini, que inclui o gênero *Homo* e os gêneros extintos *Australopithecus*, *Ardipithecus* e *Paranthropus*, isto é, os seres humanos modernos e outras espécies da linhagem humana.
Até recentemente, o termo usado para designar esses gêneros era "hominídeos", pois eles eram os únicos que pertenciam à família Hominidae. Na classificação atual, outros grupos passaram a pertencer a essa família, por isso a mudança de termo.

A tabela da página seguinte mostra que, se pudéssemos voltar no tempo 2 milhões de anos e ficássemos observando o entorno do lago Turkana (na atual Etiópia), poderíamos encontrar pelo menos quatro espécies de hominínios vivendo por ali. Se voltássemos apenas 30 mil anos, encontraríamos, na Europa, grupos de *Homo sapiens* – ou seja, seres humanos modernos – convivendo e, provavelmente, competindo por recursos com grupos de *Homo neanderthalensis*.

A imagem que mostra uma gradual transformação de uma espécie símia ancestral para a espécie humana está, de fato, equivocada. No lugar da sequência linear, temos agora a certeza de que houve, durante a maior parte do tempo, uma diversidade de hominínios. Essa ideia pode soar estranha, pois estamos acostumados com a ideia de que toda a humanidade é representada pela mesma espécie, mas é uma conclusão justificada pelas evidências obtidas pelo registro fóssil.

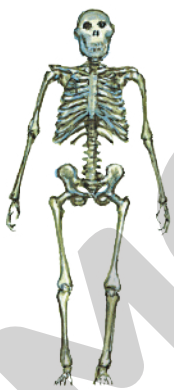
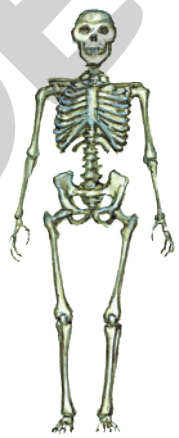
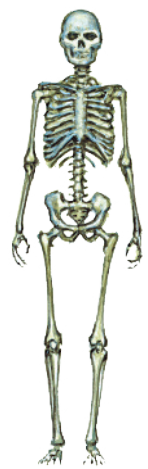
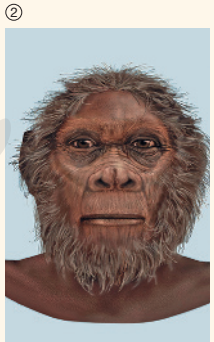
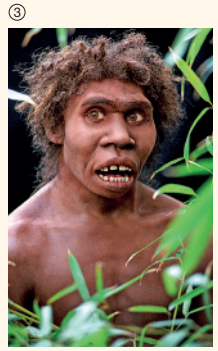
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Acrescente que a evolução dos hominínios foi acompanhada do aumento da complexidade comportamental.

Reconstruindo nossa história evolutiva

Com base nos dados disponíveis, os cientistas formulam hipóteses evolutivas que tentam reunir as evidências em uma narrativa coerente. É como contar a história evolutiva da nossa espécie fundamentando-a no conhecimento adquirido com as pesquisas. Na tabela a seguir, há uma reconstrução simplificada, mas que corresponde a uma versão bastante aceita, de como a espécie humana evoluiu nos últimos 4 milhões de anos. Com o surgimento de novos fósseis, ela poderá ser alterada, como ocorre com muitas hipóteses científicas.

Principais espécies de hominínios					
Nome da espécie	*Australopithecus afarensis*	*Homo rudolfensis*	*Homo erectus*	*Homo neanderthalensis*	*Homo sapiens*
Volume médio do crânio	430 cm^3	750 cm^3	870 cm^3	1.450 cm^3	1.350 cm^3
Altura média (macho/fêmea)	1,5 m/1,05 m	1,6 m/1,5 m	1,8 m/1,6 m	1,64 m/1,55 m	1,75 m/1,61 m
Época em que viveu	Entre 3,8 milhões e 2,9 milhões de anos atrás	Entre 2,4 milhões e 1,8 milhão de anos atrás	Entre 1,8 milhão e 40 mil anos atrás	Entre 250 mil e 27 mil anos atrás	De 200 mil anos atrás até o presente
Local em que viveu	África	África	África, Europa e Ásia	Europa e oeste asiático	Todos os continentes
Morfologia do esqueleto					
Reconstrução artística de acordo com a morfologia do crânio	①	② 	③ 	④	⑤

Características dos principais hominínios mencionados no texto.

Fonte: KLEIN, R. G. Darwin and the recent African origin of modern humans. *PNAS*, v. 106, n. 38, set. 2009.

FOTOS: 1. CRAIG HARTLEY/BLOOMBERG/GETTY IMAGES – MUSEU DE CIÊNCIA NATURAL DE HOUSTON,TEXAS; 2. HUMAN ORIGINS PROGRAM, SMITHSONIAN INSTITUTION; 3. P. PLAILLY/E.DAYNES/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA; 4. ZOONAR GMBH/ALAMY/FOTOARENA; 5. LORENZA62/SHUTTERSTOCK

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

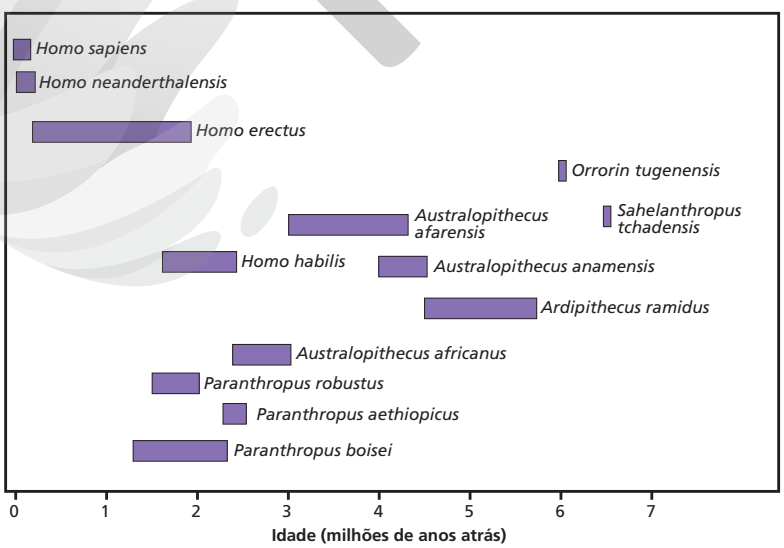
MODERNA

ALGUNS TIPOS DE ARTEFATOS PRESENTES NO REGISTRO ARQUEOLÓGICO

ILUSTRAÇÕES: CECÍLIA IWASHITA

Fonte: KLEIN, R. G. Darwin and the recent African origin of modern humans. *PNAS*, v. 106, n. 38, set. 2009.

A IDADE GEOLÓGICA DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES DE HOMINÍNIOS



ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL

Período de existência das espécies de hominínios mencionadas no texto, com base na datação de fósseis.

Fonte: ROBSON, S. L.; WOOD, B. Hominin life history: reconstruction and evolution. *Journal of Anatomy*, n. 212, 2008.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

O início da linhagem humana

Evidências morfológicas e moleculares apontam que seres humanos e chimpanzés compartilharam um ancestral comum que viveu na África entre 5 milhões e 8 milhões de anos atrás. Isto é, nessa época, não havia nem seres humanos, nem chimpanzés, mas uma espécie ancestral que certamente pertencia ao grupo dos grandes símios. Alguns fósseis das espécies *Sahelanthropus tchadensis*, *Orrorin tugenensis* e *Ardipithecus ramidus* datam dessa época, mas ainda é controverso se algum deles corresponde a esse ancestral. Assim, a história da linhagem que originou a espécie humana começa, portanto, nessa época e nesse continente.

A espécie ancestral entre seres humanos e chimpanzés provavelmente se assemelhava aos chimpanzés atuais e vivia nas florestas tropicais africanas, alimentando-se principalmente de frutos, folhas, caules e pequenos invertebrados. Seu cérebro era pequeno, tinha braços compridos e passava a maior parte do tempo sobre as árvores.

Tudo indica que as mudanças climáticas foram decisivas na evolução da nossa linhagem. Em alguns milhões de anos, o clima da África foi ficando cada vez mais seco, o que provocou alterações na vegetação. Muitas áreas de florestas densas deram lugar a savanas arbóreas, com vegetação mais seca e árvores mais espaçadas.

Nesse cenário em transformação, a espécie ancestral se dividiu: algumas populações permaneceram restritas às florestas e deram origem aos chimpanzés e bonobos atuais. Outras passaram a ocupar áreas com menos árvores e originaram as primeiras espécies do gênero *Australopithecus*, que marcam o início da linhagem humana, há pelo menos 4 milhões de anos. Essas espécies incluíam o *A. anamensis*, o *A. africanus* e o *A. afarensis*. Além disso, os dentes molares maiores indicam que a dieta continuou vegetariana e agora devia incluir as plantas mais duras da savana. O cérebro continuava pequeno, e a proporção de braços e pernas também não se alterou.

Apesar de mais espaçadas, as árvores ainda ofereciam refúgio de eventuais predadores terrestres, como leões e hienas, e eram o local preferido para andar e dormir. Portanto, eles ainda passavam a maior parte do tempo sobre as árvores, mas também conseguiam andar em pé por curtas distâncias. Essa bipedia facultativa foi favorecida nesse ambiente talvez por facilitar a locomoção entre uma árvore e outra, por possibilitar carregar os alimentos para consumir em locais mais seguros e enxergar mais longe. A bipedia é o principal traço que distingue a origem da nossa linhagem.

Os primeiros seres humanos (gênero *Homo*) e as primeiras lascas de pedra

Por volta de 2,5 milhões de anos atrás, o clima ficou ainda mais seco, fazendo com que áreas florestais dessem lugar a savanas arbustivas semelhantes às savanas africanas atuais, com amplas áreas de gramíneas, algumas árvores e arbustos esparsos. Nesses ambientes, os hominínios estavam mais expostos a predadores. As espécies do gênero *Paranthropus* permaneceram em áreas de savanas arbóreas: apresentavam dentes molares ainda maiores e uma forte musculatura de mastigação, indicando dieta vegetariana.

As primeiras espécies do gênero *Homo* (*H. habilis* e *H. rudolfensis*) surgiram nessa época, a partir de alguma espécie de *Australopithecus*. Os *H. rudolfensis* tinham o cérebro um pouco maior e foram os primeiros seres humanos a produzir e utilizar lascas simples de pedras. Provavelmente, eles não caçavam, mas conseguiam consumir carne de presas recém-abatidas por outros predadores que encontravam na savana, e as lascas serviam para ajudar a cortar os pedaços de carne ainda presos aos ossos. Isso se reflete em sua dentição, com molares menores e adaptados ao consumo de carne.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A bipedia e o cérebro do *Homo erectus*

Uma mudança significativa ocorreu há aproximadamente 1,7 milhão de anos, com o surgimento do *Homo erectus*, que sobreviveu na África, até cerca de 200 mil anos atrás, e no leste da Ásia, até cerca de 40 mil anos atrás. Os seres humanos dessa espécie eram exclusivamente bípedes e tinham proporções corporais (altura e tamanho dos braços e pernas) muito semelhantes às dos seres humanos atuais. Também é provável que sejam os primeiros hominínios sem pelos e de pele escura, adaptações que possibilitaram melhor regulação da temperatura corporal na savana arbustiva pela transpiração. Além disso, apresentaram um enorme aumento no tamanho do cérebro.

Os *H. erectus* ocupavam cavernas como abrigo e eram capazes de produzir lascas e outros artefatos de pedra mais sofisticados, como os machados de mão e as pontas de lança; suas habilidades de caça indicam conhecimento considerável a respeito dos outros animais. Além disso, há evidências de que dominaram o fogo entre 800 mil e 500 mil anos atrás. Essas novidades possibilitaram que a espécie se expandisse, ocupando diversas regiões; eventualmente, algumas populações saíram da África e chegaram ao leste asiático, há mais de 1 milhão de anos. O crânio do chamado homem de Java, encontrado no século XIX, era dessa espécie.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Neandertais na Europa e no oeste asiático

Por volta de 500 mil anos atrás, uma linhagem de *Homo erectus* migrou para a Europa, onde deu origem à espécie *Homo neanderthalensis*, há cerca de 250 mil anos. Essa é a espécie fóssil mais bem estudada, graças ao grande número de fósseis encontrados.

O *H. neanderthalensis* tinha anatomia muito semelhante à nossa, com tamanho de cérebro equivalente ou até maior. Seu tronco era mais largo e muito musculoso, e sua face se projetava para a frente com um grande nariz, que aquecia o ar inalado. Essas características eram vantajosas para enfrentar o clima frio europeu.

Habitavam cavernas por toda a Europa e o oeste asiático, mudando frequentemente de local em busca de alimento e proteção. Seu comportamento era bastante complexo. Eram capazes de produzir cerca de vinte tipos de utensílios, incluindo agulhas para costurar roupas e calçados de peles de animais, e lanças para caçar grandes animais como mamutes, bisões e cavalos.

Além disso, foram os primeiros seres humanos a enterrar seus mortos, pelo menos em algumas ocasiões, mas as covas encontradas são rasas e não há sinal de rituais. Por isso, é mais provável que o enterro fosse motivado por questões de higiene e para que os corpos em decomposição não atraíssem predadores, não tendo, portanto, conotação religiosa. Também não produziam ornamentos nem objetos de arte e eram menos eficientes na caça do que os *Homo sapiens*, dos quais se diferenciavam tanto na anatomia quanto no comportamento. Os neandertais se extinguiram há 30 mil anos.

Os *Homo sapiens* surgem na África e se expandem

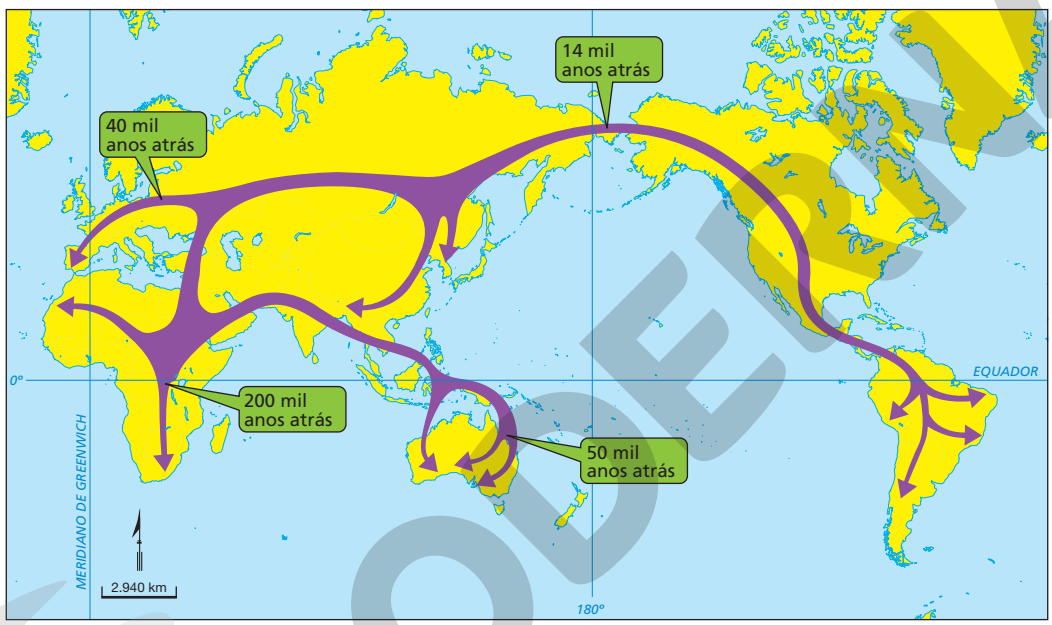
A hipótese mais aceita para a origem do *H. sapiens* considera que uma linhagem de *H. erectus* permaneceu na África e deu origem aos humanos modernos, há cerca de 200 mil anos. Comparados com os neandertais, nós somos mais altos, com tórax mais estreito, membros mais delgados e sem a projeção da face.

A partir de cerca de 50 mil anos atrás, os registros indicam enorme aumento na diversidade de artefatos e ferramentas, incluindo a utilização de ossos, marfim e conchas. Também foi nessa época que os seres humanos iniciaram a realização de rituais (como o enterro dos mortos com adornos, ferramentas e flores) e deram os primeiros passos em direção à produção artística (como pinturas em cavernas, adornos, estatuetas e

pingentes), acampamentos com estrutura mais sofisticada, assim como novas técnicas de caça e, pela primeira vez, de pesca. Tudo isso sugere que foi a partir daí que nossa espécie desenvolveu uma linguagem mais complexa.

Todas essas novidades comportamentais indicam por que a expansão dos *H. sapiens* modernos para fora da África pode ter acarretado a extinção das outras espécies de seres humanos que ainda viviam na Europa e no oeste asiático (*H. neanderthalensis*) e outras partes da Ásia (os últimos *H. erectus*). A maior complexidade comportamental também possibilitou que os seres humanos ocupassem novos ambientes, como as regiões mais frias do norte da Eurásia. Teriam chegado à Austrália há cerca de 50 mil anos e, passando pelo estreito de Bering, alcançado as Américas por volta de 14 mil anos atrás.

PRINCIPAIS MIGRAÇÕES DO *HOMO SAPIENS*



FERNANDO JOSÉ FERREIRA

Rotas e datas aproximadas das principais migrações do *Homo sapiens* dentro e fora da África.

Fonte: KLEIN, R. G. *The human career*: human biological and cultural origins. 3. ed. Chicago: The University of Chicago Press, 2009.

A relação entre evolução e história

Há cerca de 10 mil anos, grupos humanos em diferentes regiões do planeta estabeleceram práticas de agricultura e pastoreio. As primeiras plantas domesticadas incluem o trigo e a cevada (na região denominada Crescente Fértil, que compreende atualmente Israel, Jordânia e Líbano e partes do Iraque, do Egito, da Turquia e do Irã), o arroz (na Ásia), a batata (nos Andes, América do Sul), o milho e o feijão (na América Central) e a mandioca (na América do Sul). Entre os primeiros animais domesticados, estão o cão (região indeterminada), a ovelha e a cabra (no Crescente Fértil), o gato (no Oriente Médio), o porco (na Ásia) e o gado bovino (no Saara Oriental, África).

Essas práticas estão diretamente relacionadas com o estabelecimento de aldeias permanentes, a divisão de trabalho e a formação de Estados. Há 5 mil anos, as grandes pirâmides eram construídas e, há 3 mil anos, a primeira forma sistemática de escrita foi inventada. Há 2.500 anos, a Grécia viu surgir a Filosofia.

O conhecimento da evolução humana possibilita compreender a história humana em uma perspectiva de continuidade com os outros seres vivos. A diferença entre evolução e história é, na verdade, de foco e escopo temporais.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Interligações

Não escreva no livro.

O uso de ferramentas por animais

Por muitos séculos, acreditou-se que apenas os seres humanos fossem capazes de produzir e utilizar ferramentas. Foi apenas na década de 1960, quando se iniciaram os estudos de chimpanzés (e outros primatas) de vida livre, que o uso de ferramentas por outros animais começou a ser documentado por cientistas. A pioneira Jane Goodall publicou, em 1964, o artigo em que descreve suas primeiras observações com chimpanzés em Gombe (Tanzânia), que incluíam, por exemplo, o uso de varetas para recolher cupins do interior dos cupinzeiros. Anos mais tarde, muitos outros exemplos ficaram conhecidos, especialmente o uso de pedras (uma pequena funcionando como martelo, outra maior funcionando como apoio ou bigorna) para quebrar frutos duros e comer a semente. Atualmente, pesquisadores brasileiros estão estudando o uso de diversas ferramentas, incluindo varetas e pedras, por populações de macacos-prego, e eles têm chamado a atenção de cientistas de todo o mundo. Não apenas primatas, mas também aves e cetáceos, como golfinhos e orcas, estão na lista dos animais que utilizam ferramentas.

1. Por muito tempo, acreditou-se que o uso de ferramenta fosse característica exclusiva dos seres humanos. Atualmente, sabe-se que diversas espécies usam ferramentas, e algumas são capazes até de criá-las, modificando recursos do ambiente. Pesquise um exemplo de animal que use ou crie ferramentas e compartilhe-o com os colegas.

GERARD LACZ/VISUALS UNLIMITED, INC./GLOW IMAGES

Algumas populações de macacos-prego (*Sapajus apella*) são capazes de utilizar pedras para quebrar frutos duros e comer a semente. Essa espécie mede cerca de 45 cm de comprimento sem a cauda.

Atividades

Não escreva no livro.

1. A descoberta de novos fósseis pode alterar as reconstruções feitas pelos paleoantropólogos. Relacione essa informação com o que você conhece sobre método científico e os conceitos de fatos, hipóteses e teorias.

2. Por que a imagem da página 83 não pode ser considerada uma representação correta da evolução humana?

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

Em grupo, pesquisem os mitos de criação do ser humano em diversas culturas. Cada grupo deve narrar um mito para a turma. Em seguida, comparem-nos com a narrativa evolutiva apresentada neste capítulo. O que há de semelhante? De que maneira a narrativa evolutiva se distingue das narrativas míticas?

Origem dos povos indígenas brasileiros

Há cerca de 20 mil anos, as Américas eram a última fronteira para a ocupação do planeta pelos humanos modernos (*Homo sapiens*). Então, uma ponte de gelo e terra uniu o nordeste da Ásia ao Alasca, na região do atual Estreito de Bering, criando um caminho que permitiu aos primeiros colonizadores chegarem ao nosso continente. A cronologia dessa migração e a identidade dessas populações pioneiras, no entanto, ainda são objeto de muitos debates e dúvidas entre os cientistas. Nos últimos anos, diversos estudos morfológicos, genéticos, arqueológicos e linguísticos [...] encontraram ligações entre os índios nativos americanos com grupos que habitavam e ainda habitam áreas que hoje compreendem a Sibéria, a Mongólia e o leste da Ásia [...].

Fonte: BAIMA, C. O mistério dos índios brasileiros. *O Globo*, jul. 2015.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

INDÍGENAS AMAZÔNICOS TÊM ELO GENÉTICO COM NATIVOS DA OCEANIA

1 Visão tradicional

> Muitos cientistas defendem que quase todos os nativos americanos descenderiam de uma única população da Sibéria, que teria cruzado o **Estreito de Bering** entre 20 mil e 15 mil anos atrás, espalhando-se pelo continente.

THOMAS SBAMBATO/MC PHOTO/ ALAMY/FOTOARENA

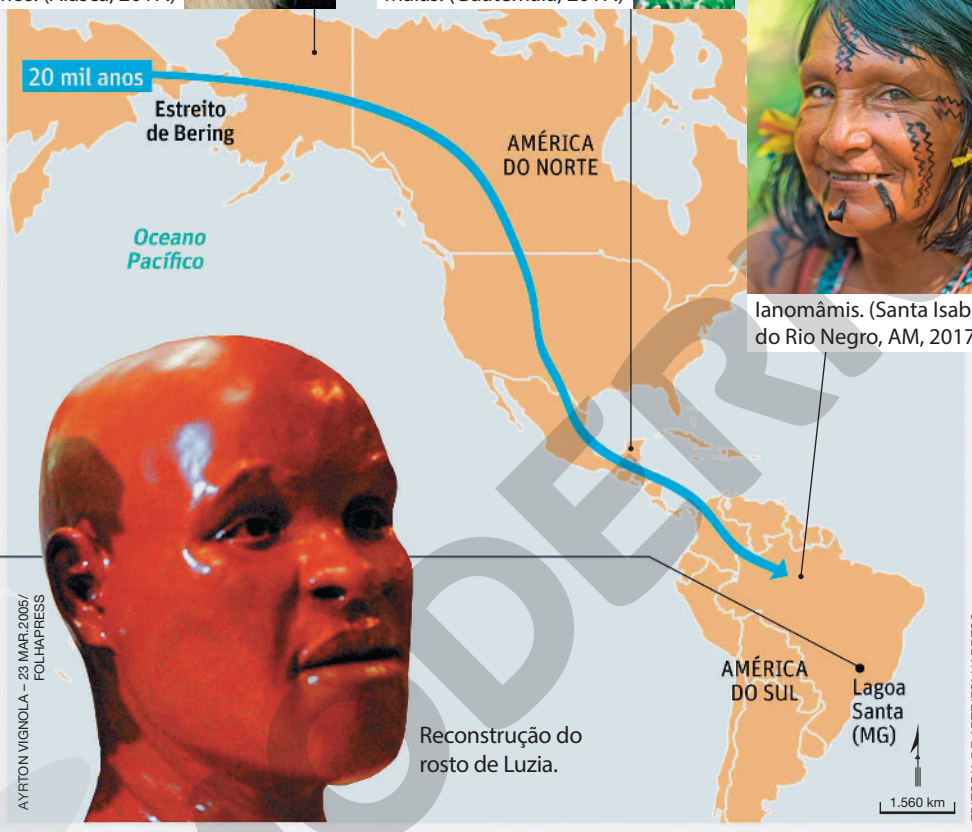
Esquimós. (Alasca, 2017.)

BRUNO ADRIAN/SHUTTERSTOCK

Maias. (Guatemala, 2017.)

MARCOS AMEND/ PULSAR IMAGENS

Ianomâmis. (Santa Isabel do Rio Negro, AM, 2017.)



EDITORIA DE ARTE/FOLHAPRESS

2 Crânio misterioso

Uma hipótese que desafia essa visão surgiu com a análise de crânios achados nas Américas.

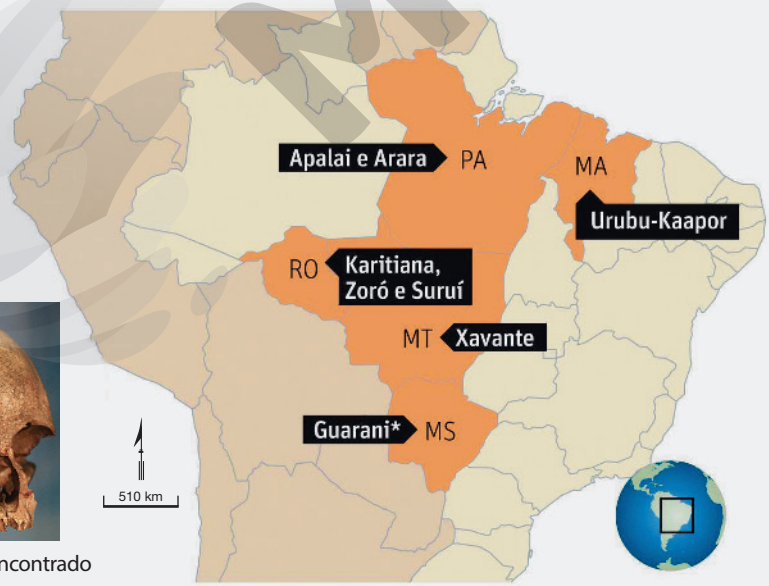
> Os mais famosos são os de Lagoa Santa (MG), onde viveu a mulher conhecida como **Luzia**, há 11,5 mil anos.

> Tais crânios têm traços "negros", também presentes nos povos das atuais Austrália e Melanésia.

AYRTON VIGNOLA – 23 MAR.2005/ FOLHAPRESS

Reconstrução do rosto de Luzia.

INDÍGENAS BRASILEIROS ANALISADOS



ALE SILVA/FUTURA PRESS

Crânio de Luzia, encontrado em Minas Gerais.

3 Dados de DNA

Até hoje, os estudos apoiavam uma origem siberiana "simples" para os indígenas.

Uma pesquisa analisou o material genético de indígenas das Américas e o comparou ao de povos do mundo inteiro.

4 Resultados

Análises genéticas mostram que até 2% do DNA de alguns grupos indígenas brasileiros foram herdados de grupos da Oceania; isso fortalece a ideia de que a origem dos povos nativos do continente é mais complexa do que o imaginado.

Fonte: LOPES, R. J. História da ocupação humana das Américas fica cada vez mais confusa. *Folha de S.Paulo*, jul. 2015.

MODERNA

O fóssil de *Homo sapiens* mais antigo encontrado no Brasil tem cerca de 11 mil anos, e estudos morfológicos indicaram que se tratava de uma mulher que faleceu com cerca de 20 anos de idade. Ela recebeu dos pesquisadores o nome Luzia, e apresentava traços semelhantes aos dos atuais aborígenes australianos. As mesmas características foram observadas em outros fósseis encontrados no Brasil e em outros locais do continente americano. Esses dados contradizem a explicação tradicional para a ocupação humana das Américas. De acordo com essa hipótese, uma única população, provinda da Ásia, teria originado os povos indígenas nativos americanos. Com base na análise de fósseis como o de Luzia, alguns antropólogos propõem uma explicação diferente. Nessa nova hipótese, a ocupação humana do continente americano teria ocorrido em duas levas migratórias: uma originária da Ásia e outra proveniente de uma população semelhante a nativos da África e da Austrália.

Dois estudos, publicados em 2015, com a contribuição de pesquisadores brasileiros, realizaram comparações genéticas entre populações nativas americanas e povos de outras regiões do mundo. Esses trabalhos identificaram que alguns grupos indígenas brasileiros apresentam semelhanças significativas com aborígenes australianos e nativos da Papua-Nova Guiné, povos da atual Oceania. Os Suruí Paiter e os Karitiana, da Floresta Amazônica de Rondônia, e os Xavante, do Cerrado de Mato Grosso, foram os grupos que apresentaram semelhanças com as populações da Oceania. Semelhanças assim também são encontradas em Luzia e outros fósseis americanos. Esses dados reforçam a ideia de que o povoamento da América foi um evento complexo, que deve ter incluído a participação de uma população diversa.

RICARDO TELES/PULSAR IMAGENS

Indígena da etnia Suruí Paiter. (Aldeia Lapetanha, RO, 2012.)

Atividades

Não escreva no livro.

1. Como a Genética pode auxiliar a compreender a origem de diferentes povos?
2. Qual é a importância de estudar a origem das populações nativas do Brasil?
3. Discuta a existência de movimentos racistas, xenófobos e ultranacionalistas considerando que toda a humanidade teve uma origem única.
4. As pesquisas acadêmicas com povos indígenas e outras populações tradicionais no Brasil devem passar por análises de comissões de ética. Discuta a importância dessa prática.

Interligações

Não escreva no livro.

Métodos de datação de objetos arqueológicos

A datação de objetos arqueológicos é uma tarefa multidisciplinar, que envolve Química, Física e outras áreas do conhecimento. Dentre as metodologias mais utilizadas podemos destacar a datação por **carbono-14** e a **termoluminescência**.

A existência do isótopo fracamente radioativo do carbono com número de massa 14 (6 prótons e 8 nêutrons) em matéria orgânica – originada de organismos vivos – torna esse método amplamente utilizado. A datação baseia-se na proporção desse isótopo no material em análise, pois, enquanto vivo, o organismo está em equilíbrio com a proporção global. Pelo decaimento do material – quantidade de radiação perdida –, pode-se estimar sua idade. A técnica do carbono-14 pode ser utilizada desde que a amostra contenha carbono: objetos de madeira, carvão, ossos, tintas que derivam de plantas etc.

A técnica da termoluminescência é um pouco mais complexa. Resumidamente, são medidos os pequeninos defeitos que aparecem no material de que é feita a amostra, decorrentes da radiação (radiação cósmica, radiação do ambiente) a que foi submetida ao longo do tempo, utilizando princípios físicos e químicos que preveem o comportamento da matéria de qualquer origem e composição.

1. "A técnica é capaz de datar objetos com até 50 mil anos e pelo menos 300 anos." Explique essa afirmação – dos limites da datação por carbono-14 – com base em seus conhecimentos de Ciências.
2. Crie uma explicação para o nome da técnica termoluminescência que expresse detalhes do seu método de detecção.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

A MARCOS AMEND/PULSAR IMAGENS

B YANICK FOLLY/AFP

C WJAREK/SHUTTERSTOCK

Os povos ianomâmi (**A**, em Santa Isabel do Rio Negro, Amazonas, 2017), iorubá (**B**, vila de Grand-Popo, República do Benin, 2018) e português (**C**, em Funchal, ilha da Madeira, 2018) são alguns exemplos das culturas que influenciam a diversidade da população brasileira atual.

Cultura e diferenças entre grupos

Nas Ciências Sociais, o termo "cultura" costuma ser utilizado em referência a comportamentos exclusivamente humanos. De modo simplificado, cultura corresponde ao conjunto de comportamentos que caracteriza um grupo e o distingue de outros, incluindo seus costumes, crenças, artes, religiões, formas de organização social e tradições. Por exemplo, um grupo de indígenas ianomâmi, de africanos iorubás e de portugueses são diferentes em seus costumes, seu modo de agir, obter e processar alimentos, falar, cantar, construir habitações e explicar as coisas. Para compreender por que existem essas diferenças, é preciso entender como cada pessoa aprende os modos de ser do grupo ao qual pertence.

A importância da aprendizagem

Uma característica dos seres humanos é o fato de nossos bebês serem bem mais dependentes do cuidado dos pais para sobreviver do que os de outras espécies. Uma das razões para isso é anatômica: comparados com os outros primatas, os seres humanos são exclusivamente bípedes. Isso se refletiu no estreitamento da pelve e, portanto, do tamanho do canal do parto nas mulheres, o que restringiu o tamanho máximo que o bebê pode ter ao nascer.

Ao mesmo tempo, a linhagem humana apresentou significativo aumento do cérebro e, portanto, da cabeça. Se o parto ocorresse depois dos nove meses, não haveria espaço para a passagem do bebê por causa desse crescimento. Do ponto de vista do desenvolvimento, essa limitação torna o bebê humano muito dependente da mãe (e de outros adultos) para sobreviver.

Conforme cresce, o bebê aprende gradativamente a andar e mexer o corpo, a falar e interagir com os outros à sua volta. Por meio dessa interação, apreende os valores, os hábitos, as normas e as tradições de seu grupo. Na história da humanidade, sempre houve contato entre grupos vizinhos, mas, em geral, esse contato era muito reduzido. Isso contribuiu para o acúmulo de diferenças culturais, especialmente entre grupos distantes.

Capacidade de aprendizagem

A aprendizagem, associada a atributos como organização social complexa e infância prolongada, foi determinante para o desenvolvimento das diferentes culturas humanas. A capacidade de aprender, porém, não é exclusiva da espécie humana; praticamente todos os animais a possuem. A aprendizagem é essencial para que eles consigam reconhecer e obter alimentos, evitar predadores, procurar ou construir ninhos e abrigos, e interagir com outros organismos. Por exemplo, muitos pássaros precisam ouvir os "mais velhos" para aprender o canto de sua espécie. Muitos roedores aprendem a reconhecer os alimentos pelo cheiro que sentem na boca da mãe. Em alguns grupos de primatas (como os macacos-prego e chimpanzés), os filhotes aprendem a utilizar pedras como martelos para quebrar frutos duros e comer as sementes.

Nos seres humanos, a dependência de aprendizagem é ainda maior; portanto, também é maior a influência do meio social nas habilidades, nos comportamentos e ideias que as pessoas desenvolvem. Pense em algo de que você goste (ou de que não goste), uma música, roupa ou filme. Você consegue identificar a influência de outras pessoas nessa sua preferência? Ou você a desenvolveu de modo completamente individual?

Alguns pesquisadores defendem que a principal diferença entre humanos e outros animais é a capacidade de cooperar uns com os outros e de acumular modificações, inovações e aperfeiçoamentos em artefatos, tecnologias, ideias e conhecimentos desenvolvidos por gerações anteriores à nossa. Outra característica distinta é a capacidade de utilizar a linguagem oral e outros meios de comunicação simbólica, como a arte, a escrita e a Matemática. Tudo isso possibilitou o desenvolvimento gradual de técnicas, objetos e máquinas cada vez mais sofisticadas, além da elaboração de práticas sociais e culturais complexas, incluindo religiões, governos etc.

Ao observar uma roupa de algodão, tente identificar todas as etapas envolvidas em sua manufatura – desde o plantio e a colheita do algodão, o processamento das fibras, a produção e o tingimento dos fios, a formação do tecido, a produção da roupa, o transporte até uma loja onde ela finalmente pode ser comprada. O conhecimento técnico, as máquinas e os instrumentos envolvidos, tudo é muito maior do que qualquer pessoa poderia inventar e executar sozinha. Portanto, vivemos imersos no conhecimento acumulado por inúmeras gerações.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Crescimento populacional e o futuro da humanidade

É impossível saber com precisão, mas estima-se que, quando nossa espécie surgiu, havia apenas alguns milhares de indivíduos distribuídos em algumas centenas de pequenos grupos. O desenvolvimento de novas tecnologias possibilitou o crescimento gradual da população total e a ocupação gradativa de novos territórios, começando na África e se expandindo para a Europa, a Ásia e as Américas.

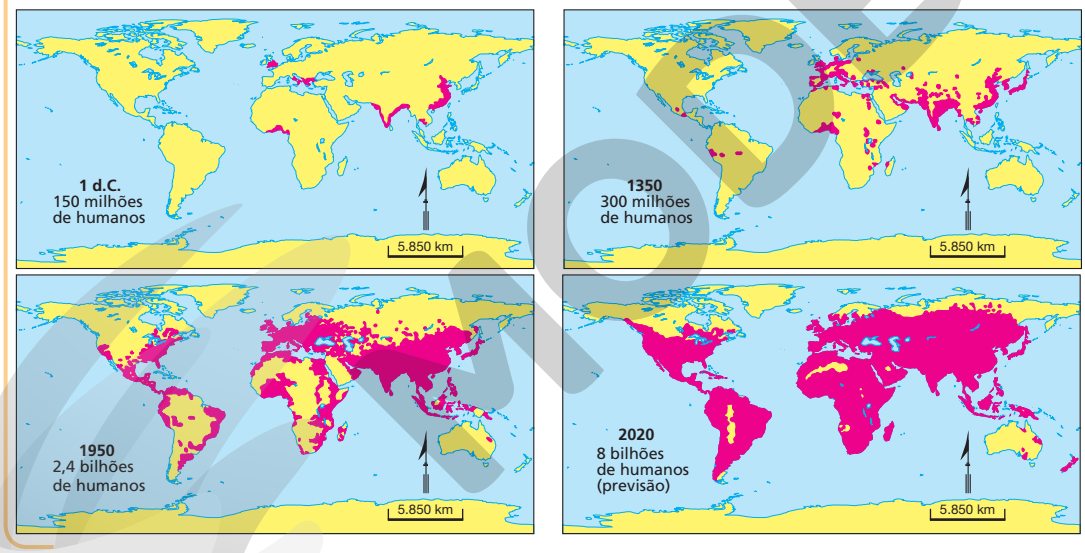
A partir de 8 mil anos atrás, o desenvolvimento da agricultura favoreceu o aumento da densidade populacional, dando origem às primeiras aldeias e vilas. A análise dos vestígios arqueológicos dessa época indica que houve piora significativa nas condições de saúde, provavelmente decorrente do aumento da quantidade de lixo e do surgimento de doenças.

No entanto, o acúmulo de novas tecnologias, aliado às práticas médicas e aos novos meios de transporte e de comunicação, continuou proporcionando um crescimento populacional explosivo, especialmente depois da Revolução Industrial. A ideia de "progresso", muitas vezes, é utilizada com conotação positiva para descrever alguns aspectos desse processo. Mas o surgimento de tecnologias cada vez mais complexas e o crescimento populacional também acarretaram novos problemas e desafios, além de muitas questões éticas. Temas como aquecimento global, desmatamento, crise energética, fome, conflitos políticos e epidemias estão nos noticiários todos os dias.

Atualmente, a humanidade está em uma situação crítica, pois já ultrapassamos a marca de 7 bilhões de habitantes, e estima-se que, se essa tendência persistir, seremos 10 bilhões antes do fim do século XXI. Se as práticas econômicas e os padrões de consumo e de produção de resíduos forem mantidos, nas próximas décadas haverá uma crise mundial sem precedentes.

A capacidade de cooperação, considerada um diferencial da nossa espécie, mais do que nunca será necessária para o estabelecimento de práticas políticas e econômicas que visem ao bem-estar global. Essa deve ser uma das preocupações centrais da educação das novas gerações.

CRESCIMENTO POPULACIONAL NOS ÚLTIMOS 2 MIL ANOS



MAPAS: ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL

Nos últimos 2 mil anos, o aumento da população humana andou lado a lado com a migração para novos territórios, o que resultou na ocupação de praticamente todas as regiões habitáveis do planeta. (As áreas em rosa representam regiões com mais de 1 milhão de pessoas.)

Fonte: TANTON, J. H. End of the migration epoch? *The Social Contract*, v. 4, n. 3, 1994.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Com o surgimento do *Homo erectus*, a bipedia se tornou o principal modo de locomoção, mas as alterações ósseas acarretaram redução do canal do parto. Escreva um texto explicando a relação entre bipedia e parto "prematuro".

2. Escolha um exemplo de comportamento humano (por exemplo, preferência musical, moda, preconceito) e pesquise qual é a origem dele, identificando influências culturais em seu desenvolvimento.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Não escreva no livro.

Como vivia um paulista pré-histórico

Estudo revela hábitos de Luzio, caçador que viveu há 10 mil anos. Sua ossada, encontrada no Vale do Ribeira, é a mais antiga do estado.

Remador?
Clavículas robustas indicam que Luzio podia dedicar-se à navegação nos rios, mas o exame do colágeno mostrou que ele comia pouco peixe.

Armas
Pontas de lança e flechas feitas de pedra também foram encontradas, mas é possível que elas pertencessem a povos indígenas mais modernos.

Fauna
O sítio arqueológico tinha muitos ossos de animais caçados, como este dente de porco-do-mato, que estava polido, sinal de que pode ter sido usado como furador.

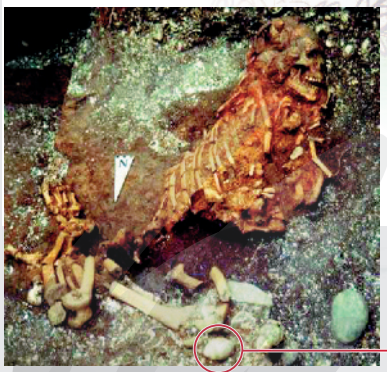
Ferramenta
Sinais de desgaste nos dentes indicam que ele os usava como instrumento para desfiar ou cortar.

Onde foi encontrado

Elos com o litoral
O sítio está a 60 km da costa, mas foram encontrados dois dentes de tubarão, apontando uma possível relação com povos do litoral.

Onívoro
A presença de quatro cáries nos dentes bem conservados de Luzio aponta a possível presença de frutas e tubérculos na sua dieta.

Como Luzio foi encontrado



Ambiente
Conchas inteiras e trituradas de *Megalobulimus*, um molusco da Mata Atlântica, recobriam o corpo.

Sambaqui
O corpo foi achado em um sambaqui, palavra, em tupi, para "monte de conchas". Eram depósitos artificiais de restos de moluscos onde os nativos enterravam seus mortos.

Disposição
Luzio foi enterrado com as pernas flexionadas, como se estivesse sentado, envolto em argila alaranjada e conchas.

Rudimentar
Pedaços de ossos de animais caçados eram transformados em instrumentos, mas não se sabe sua utilidade.

Biotipo

1,60 m

Luzio tinha estatura relativamente baixa, mas era musculoso.

Paleoamericano caçador
O crânio mostrou que as feições de Luzio não eram semelhantes às dos indígenas atuais. Parecia-se com os nativos da Melanésia (na Oceania) ou da África subsaariana. O estudo do colágeno dos ossos mostrou que ele comia carne de animais terrestres e plantas.

1. Luzio foi o apelido dado ao esqueleto de um homem pré-histórico pela sua semelhança com outro esqueleto humano de 11 mil anos atrás, Luzia, encontrado no Brasil. Pesquise quais são as principais hipóteses sobre a chegada dos seres humanos ao continente americano e discuta com seus colegas a importância desses esqueletos nesse contexto.
2. Os indígenas brasileiros apresentam traços mongoloides (asiáticos), apresentando olhos puxados; no entanto, Luzio possuía morfologia não mongoloide, semelhante à dos atuais australianos e africanos. Pesquise e formule uma hipótese quanto à colonização da América do Sul pelo *Homo sapiens*. Apresente os dados aos colegas.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ARTE/ESTADÃO CONTEÚDO

Fique por dentro

Internet

Fundação Museu do Homem Americano
<http://fumdham.org.br/>

A fundação mantém o museu que expõe resultados de pesquisas, materiais arqueológicos, paleontológicos, zoológicos e botânicos encontrados na região.

Museu Emilio Goeldi
<https://www.museu-goeldi.br/>

O museu é um centro de diversas pesquisas na região amazônica, inclusive relacionadas à arqueologia de antigos povos indígenas.

Acessos em: 7 set. 2020.

Filmes

Caminhando com o homem das cavernas. Direção: John Lynch. Reino Unido, 2004. (99 min.)

Documentário que tenta reconstituir o modo de vida e os desafios das principais espécies de hominínios.

Os chimpanzés selvagens. Direção: Hugo van Lawick. Estados Unidos, 1984. (59 min.)

Documentário produzido pela National Geographic sobre a pesquisa de Jane Goodall entre os chimpanzés na Tanzânia, África.

Chimpanzé. Direção: Alastair Fothergill. Estados Unidos, 2012. (78 min.)

O documentário acompanha um pequeno chimpanzé órfão, até ser adotado por outro grupo. As filmagens foram realizadas em floresta da Costa do Marfim e em Uganda, na África.

Livros

NEVES, Walter A.; PILÓ, Luís B. *O povo de Luzia*: em busca dos primeiros americanos. São Paulo: Globo, 2008.

Nesse livro é relatada a história das escavações nos sítios de Lagoa Santa (MG), onde foram encontrados vestígios de animais e de seres humanos, como o apelidado de Luzia, que viveu na região há mais de 11 mil anos.

GOODALL, Jane. *Uma janela da vida*: 30 anos com os chimpanzés da Tanzânia. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1991.

O livro relata descobertas científicas de Jane Goodall e sua luta pela preservação de chimpanzés.

ATIVIDADES FINAIS

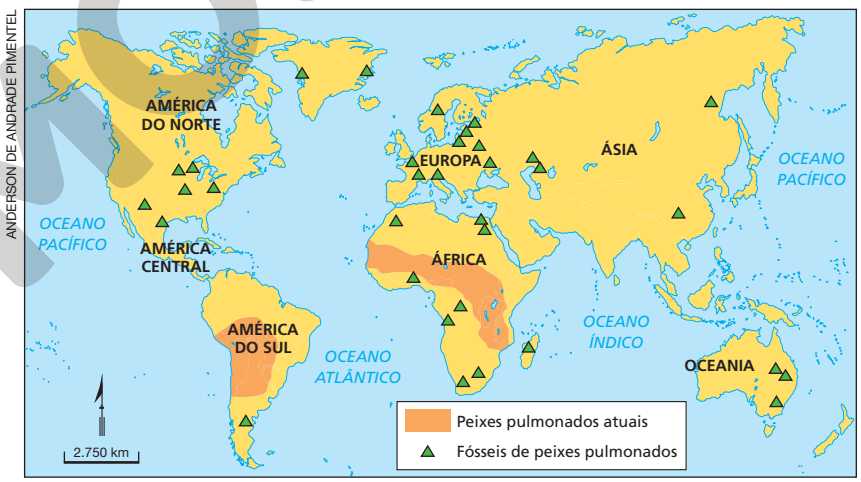
Não escreva no livro.

1 Nos últimos anos, a China tem investido muito na Paleontologia, e muitos fósseis raros foram descobertos em sítios paleontológicos chineses. Em grupo, façam uma pesquisa sobre um fóssil recentemente descoberto na China e apresentem para a turma suas características, a era e o período em que viveu e possíveis mudanças que causou no conhecimento científico.

O mapa ao lado apresenta a distribuição dos peixes pulmonados atuais e os locais onde já foram encontrados fósseis desses peixes. Analise-o para responder às questões 2 e 3.

2 Sabendo que esses peixes apresentam um ancestral comum, ou seja, pertencem a uma mesma linhagem, que fenômeno geológico da Terra pode explicar sua distribuição atual?

3 Em que continentes já foram encontrados fósseis de peixes pulmonados? O que isso evidencia?



Fonte: CAMPBELL, N. A. *et al*. *Biology*: concepts and connections. 6. ed. São Francisco: Benjamin Cummings, 2009.

Leia o texto a seguir e responda às questões 4 e 5.

Encontrado em 2000 pela equipe de escavações do Centro de Pesquisas Paleontológicas Llewellyn Ivor Price, em Uberaba, o *Uberabasuchus terrificus* representa uma importante descoberta científica. A partir dele, foi possível agrupar e avaliar a evolução dos crocodilos terrestres existentes no Brasil e na América do Sul. Seu estudo também permite realizar uma conexão com fósseis semelhantes, descritos no sudeste da África (Madagascar), além

de compreender melhor o ambiente no qual viveram há cerca de 70 milhões de anos, no chamado período Cretáceo.

O *Uberabasuchus terrificus* pertence a uma família de crocodilomorfos, denominada Peirosauridae, em homenagem a Peirópolis, região de Uberaba na qual foi encontrado. Estima-se que ele media aproximadamente 2,5 metros de comprimento e pesava cerca de 300 kg. [...]

Fonte: QUEIROZ, M. P. O terrível crocodilo de Uberaba. *Revista Minas Faz Ciência*, Belo Horizonte: Fapemig, n. 22, 2005.

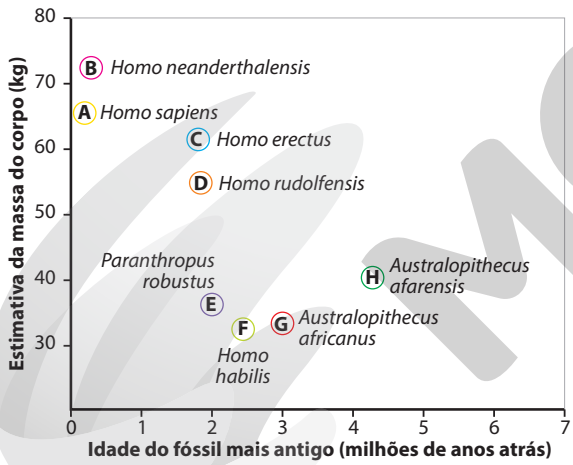
4 Qual é a importância da descoberta de fósseis?

5 O que significa encontrar um fóssil que possibilita realizar conexões entre América do Sul e África?

6 Formem grupos. Cada grupo deve escolher uma espécie de hominínio e pesquisar a história de sua descoberta, os fósseis encontrados e suas características e o que elas possibilitem inferir sobre seu comportamento. A exposição pode ser feita em forma de seminário ou cartaz.

O gráfico abaixo apresenta as estimativas de massa corporal das principais espécies de hominínios em relação à sua datação mais antiga no registro fóssil. Utilize-o para responder às questões 7 a 10.

ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL



Fonte: ROBSON, S. L.; WOOD, B. Hominin life history: reconstruction and evolution. *Journal of Anatomy*, n. 212, 2008.

7 Qual é a espécie mais antiga representada no gráfico? Indique seu nome e massa corporal estimada.

8 Quatro espécies apresentaram aumento significativo na massa corporal em relação aos australopitecíneos. Quais são elas?

9 Qual espécie apresenta a maior massa corporal média?

10 Pesquise no texto do capítulo e elabore uma hipótese sobre o que pode ter proporcionado o aumento corporal observado.

11 Em grupo, leiam a resposta da arqueóloga Niède Guidon, quando foi indagada sobre a importância do conhecimento da Pré-História para entender o mundo de hoje, e discutam as ideias apresentadas expondo suas opiniões a respeito dessa declaração.

É importante sabermos como a sociedade humana evoluiu, como essa tecnologia tão desenvolvida que temos hoje começou. E, sobretudo, é importante para constatarmos que essa tecnologia resulta da necessidade dos homens de viverem e se defenderem. Somos animais frágeis, não temos garras, nossos dentes são fracos. Não corremos muito, não subimos em árvores, não somos bons nadadores. E precisávamos garantir nossa sobrevivência em meio a uma fauna extremamente forte. A opção era desenvolver a tecnologia. Foi a tecnologia que garantiu nossa sobrevivência. Os homens compensaram sua (pouca) capacidade biológica com sua capacidade tecnológica. E a cultura nos permitiu sistematizar esses conhecimentos e transmiti-los a novas gerações. Devemos analisar hoje os limites desse desenvolvimento tecnológico, que já ultrapassou as necessidades de sobrevivência. Os homens começaram a criar novas necessidades que engendram o desenvolvimento tecnológico. O avanço do homem sobre a natureza será um dia irreversível em razão dessa necessidade de ter mais do que o necessário.

Fonte: CAVALCANTE, L. C. D. Uma mulher chamada Niède. *O Globo*, 26 dez. 2004.

Próximos passos

Vimos neste capítulo que o planeta Terra existe há aproximadamente 4,6 bilhões de anos, e que o tempo geológico é dividido em eras a partir de eventos que as marcaram. No próximo capítulo, estudaremos fenômenos ainda mais antigos, começando pela origem do Universo e passando pela formação de estrelas e planetas.

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

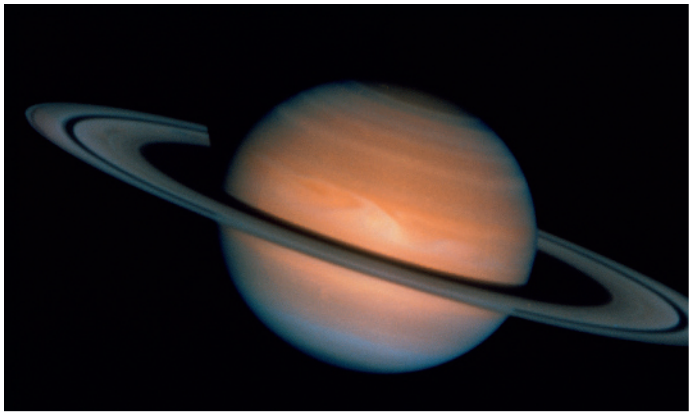
CAPÍTULO

4 À luz das estrelas

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

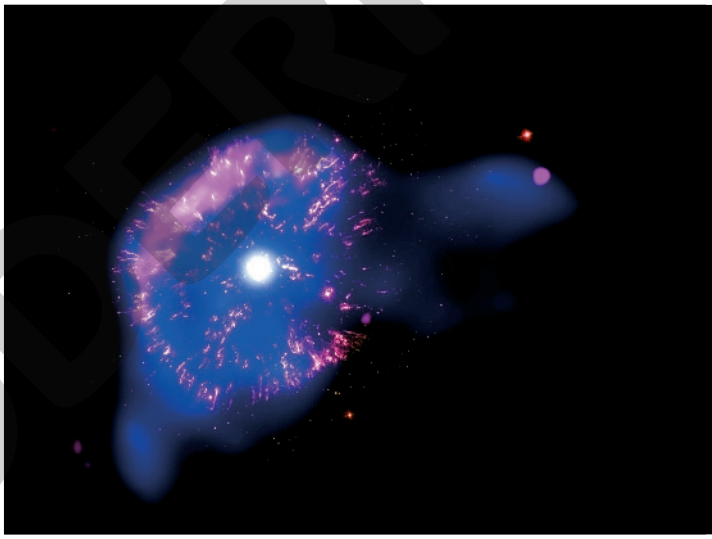
BNCC:
EM13CNT104
EM13CNT105
EM13CNT201
EM13CNT204
EM13CNT209
EM13CNT301
EM13CNT302
EM13CNT308

JOHN CHUMACK/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA



NASA/ESA/STSCI/R.BEEBE, NEW MEXICO STATE U./SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

NASA/JPL-CALTECH/J. HORA (HARVARD-SMITHSONIAN CFA)/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA



NASA/ALAMY/FOTOARENA

As imagens de corpos celestes nos impressionam e fazem com que questionemos nosso papel nesse imenso Universo. Da esquerda para a direita e de cima para baixo: planeta Saturno a partir do Telescópio Espacial Hubble, a galáxia espiral de Andrômeda, a imagem da nebulosa BHelix obtida pelo Telescópio Espacial Spitzer e uma estrela de nêutrons.

Para começo de conversa

Quando vemos algumas imagens de planetas, estrelas e galáxias, obtidas por meio de telescópios e satélites, sempre ficamos maravilhados. É comum, com esse encantamento, que nos ocorram questões filosóficas a respeito de nosso papel no Universo e sobre a possibilidade de existir vida em outros mundos.

Você já se perguntou se o Universo teve um início? E um fim? Você sabe de onde vêm os elementos químicos? Ou o que é radiação cósmica de fundo? Essas e muitas outras questões fazem parte deste capítulo.

Antes de começarmos, reflita sobre as seguintes questões:

O Universo sempre foi como é hoje, ou teve um início?

O que é a teoria do *Big Bang*?

O que é a radiação cósmica de fundo?

Como surgiram os elementos químicos no Universo?

Existem outras maneiras de observar o Universo que não seja através da luz visível?

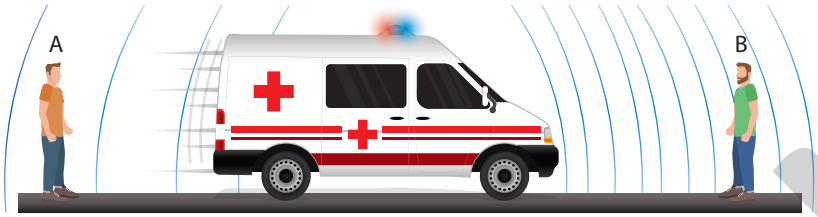
Para dar uma "luz" a essas questões, neste capítulo estudaremos conceitos relacionados à Cosmologia e à Astronomia. Para isso, precisamos compreender um pouco mais sobre o efeito Doppler que ocorre para a luz; por meio dele vamos aprender conceitos fascinantes sobre a evolução do Universo. Vamos começar?

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Efeito Doppler – uma maneira de observar o Universo

O fenômeno conhecido por efeito Doppler tem relação direta com o conhecimento que temos atualmente sobre o Universo em que a Terra é, nas palavras do astrônomo e divulgador da ciência Carl Sagan, apenas "Um pálido ponto azul".

Para entender o que é esse efeito, imagine que você está parado em uma rua e uma ambulância se aproxima em alta velocidade. Durante o intervalo de tempo que dura sua observação, você escuta o som da sirene e percebe uma mudança no som, sendo um som mais agudo quando a sirene se aproxima e mais grave quando ela se afasta. Esse fenômeno é conhecido como efeito Doppler, em homenagem a Johann Christian Doppler, que o descreveu teoricamente pela primeira vez em 1842.



Quando a sirene se aproxima, o som emitido pela fonte é mais agudo (em B); quando a sirene se afasta, o som se torna mais grave (em A). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

O efeito Doppler acontece porque o som é um fenômeno ondulatório, e o movimento da fonte sonora provoca modificações nas características das ondas sonoras. Mas o que isso tem a ver com a luz? Tudo! O efeito Doppler também ocorre com a luz e é responsável por uma das maiores descobertas da ciência: **a de que o Universo está em expansão!** Mas, para compreendermos de que maneira esses dois temas estão relacionados, precisamos discutir um outro modelo para a luz.

Luz também é onda

Embora o modelo geométrico que adotamos para a luz até agora funcione muito bem para explicar a formação de imagens em lentes e espelhos, defeitos da visão etc., para entender o efeito Doppler luminoso, precisamos descrever a luz como uma onda, analisar suas características e identificar qual tipo de onda é a luz. Vamos ver a seguir quais são essas características.

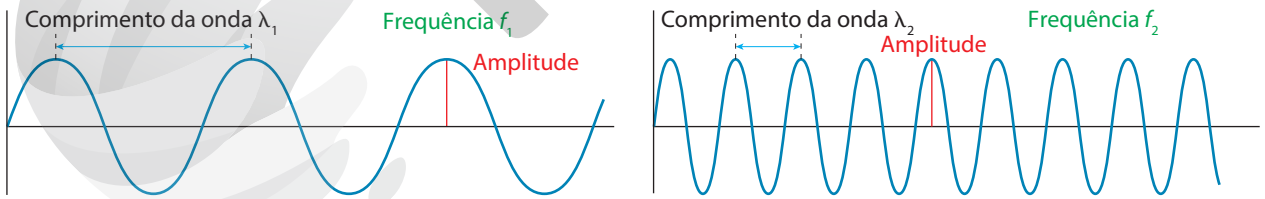
A **amplitude** de uma onda é definida como a distância entre o ponto de equilíbrio (repouso) da onda até a crista. A "crista" indica o ponto máximo da onda, enquanto o "vale" representa o ponto mínimo. Os pontos mais altos dos pulsos são chamados de **cristas da onda**; já os pontos mais baixos dos pulsos são chamados de **vales da onda**. Outras grandezas que caracterizam uma onda são:

Período (*T*): intervalo de tempo para uma oscilação completa da onda.

Comprimento de onda (λ): distância entre dois vales ou duas cristas sucessivas.

Frequência (*f*): quantidade de oscilações por intervalo de tempo.

PERFIS DE ONDAS



Perfis de ondas com as grandezas físicas que as caracterizam.

O comprimento de onda é representado pela letra grega *lambda* (λ). A figura representa duas ondas de mesma amplitude, mas com frequência e comprimento de ondas diferentes. **Observe que $f_2 > f_1$ e que $\lambda_1 > \lambda_2$.**

Para entender melhor a relação entre essas grandezas, considere o seguinte exemplo: uma onda realiza 4 oscilações em 10 segundos; então, o intervalo de tempo para uma oscilação completa, isto é, o período da onda, é:

$$T = \frac{10}{4} = 2{,}5 \text{ s}$$

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Já a frequência da onda nesse caso pode ser dada em oscilações por segundo, unidade conhecida também como hertz (Hz). Assim, se o tempo de uma oscilação é 4 s, quantas oscilações serão feitas em 1 s? Para responder a essa pergunta, podemos usar uma regra de três:

1 oscilação _____ 2,5 s

x oscilações _____ 1 s

x = oscilação por segundo = 0,4

Podemos concluir então que a relação entre frequência *f* e período *T* de uma onda é dada por:

$$f = \frac{1}{T} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

Outra grandeza muito importante quando tratamos das ondas é sua velocidade de propagação, definida como a razão entre a distância percorrida e o intervalo de tempo decorrido na propagação.

Se um ponto da onda percorre um comprimento de onda (λ) no intervalo de tempo correspondente a 1 período (*T*), a velocidade de propagação (*v*) da onda pode ser escrita como:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T}$$

Usando a relação entre a frequência e o período, podemos escrever a equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda \cdot f$$

Dessa forma, para que uma onda esteja completamente caracterizada, precisamos fornecer sua amplitude, seu período (ou frequência) e seu comprimento de onda (ou velocidade de propagação). Por exemplo, se uma onda se propaga com velocidade de 10 m/s e frequência 4,0 Hz, podemos determinar seu comprimento de onda utilizando a equação fundamental da ondulatória:

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$$

Podemos classificar as ondas quanto a sua natureza. O som é um tipo de onda denominado **onda mecânica**, diferentemente da classificação atribuída às ondas de luz. As **ondas mecânicas** são aquelas que necessitam de um meio para se propagar, como as que se propagam em cordas, ou as ondas sonoras. O outro tipo são as **ondas eletromagnéticas**, que se propagam até mesmo no vácuo.

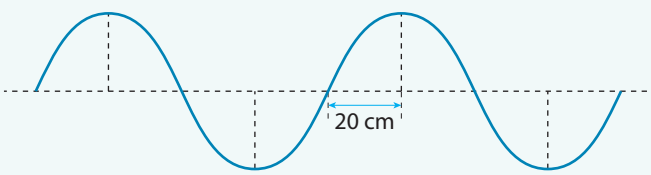
EPICSTOCKMEDIA/SHUTTERSTOCK

Ondas mecânicas necessitam de um meio material para se propagar, como as ondas na água.

Atividades

Não escreva no livro.

1 Uma onda, com o perfil mostrado na figura a seguir, propaga-se com velocidade de 10 m/s. Determine sua frequência.

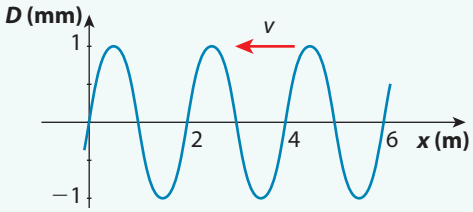


ERICSON GUILHERME LUCIANO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

2 Uma onda é mostrada na figura ao lado e propaga-se para a esquerda com certa velocidade e frequência de 5,0 Hz. Qual é a velocidade com que essa onda se propaga?

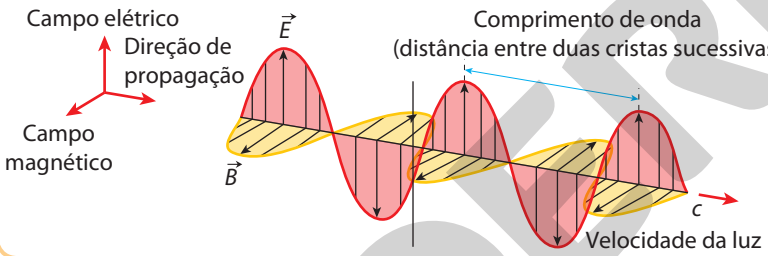


3 Determinada fonte produz 3.600 ondas por minuto com comprimento de onda igual a 10 m. Determine a velocidade de propagação dessas ondas.

4 O som mais grave que a orelha humana é capaz de ouvir tem comprimento de onda igual a 17 m. Sendo assim, determine a mínima frequência capaz de ser percebida pela orelha humana. (Dado: velocidade do som no ar = 340 m/s.)

De acordo com a teoria elaborada por James Clerck Maxwell em 1864, uma onda eletromagnética é descrita como resultante da oscilação de campos elétricos e magnéticos que se propagam perpendicularmente entre si e com a velocidade da luz no vácuo, que é de 300.000 km/s.

ONDA ELETROMAGNÉTICA



Representação dos campos magnético e elétrico como ondas propagando-se em direções perpendiculares entre si.

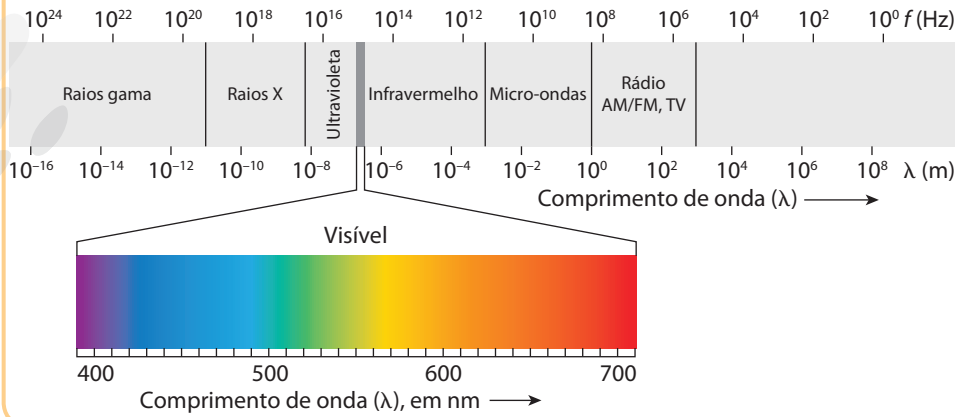
STEVEN TRITTON/SHUTTERSTOCK

Radiotelescópio do complexo de comunicação do espaço profundo de Canberra utilizado no estudo do Universo. (Austrália, 2019.)

Ondas eletromagnéticas de diversas frequências atingem a Terra constantemente, vindas do Sol e de outros corpos celestes. Muitas dessas ondas são captadas por antenas instaladas especialmente para sua captação e estudo por institutos de pesquisa.

Como a frequência é uma grandeza física que caracteriza uma onda, diferentes frequências definem diferentes tipos de onda eletromagnética, como ondas de rádio, micro-ondas, raios X etc. O conjunto de todos os tipos de onda eletromagnética é chamado de **espectro eletromagnético**.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



Fonte dos dados: ZITZENITZ, P. W. *et. al. Physics principles and problems*. Columbus: McGraw Hill, 2009. p. 708 (com adaptações).

Caixa de ferramentas

A medida nm corresponde a 1 nanômetro (1 nm) = $1 \cdot 10^{-9}$ m e é 1 bilhão de vezes menor que o metro.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atividades

Não escreva no livro.

1. A luz emitida por um *laser* tem comprimento de onda $6{,}75 \cdot 10^{-7}$ m no ar, onde a velocidade de propagação de ondas eletromagnéticas é $3{,}0 \cdot 10^{8}$ m/s. Com base nessas informações, determine a frequência da luz emitida por esse *laser*.

2. Uma emissora de rádio FM opera na frequência de 100 MHz. Admitindo que a velocidade de propagação das ondas de rádio no ar seja de $3{,}0 \cdot 10^{8}$ m/s, determine o comprimento de onda emitida por essa emissora.

3. Em um futuro distante, um astronauta perdido em uma galáxia desconhecida tem o sistema de comunicação de sua nave espacial danificado. Ele então decide gerar ondas de rádio através da construção de um circuito, na esperança de que alguma nave capte essas ondas e venha socorrê-lo. O circuito é capaz de emitir ondas de 5,0 kHz. Determine o comprimento de onda do sinal de socorro emitido por ele.

O efeito Doppler sonoro e luminoso

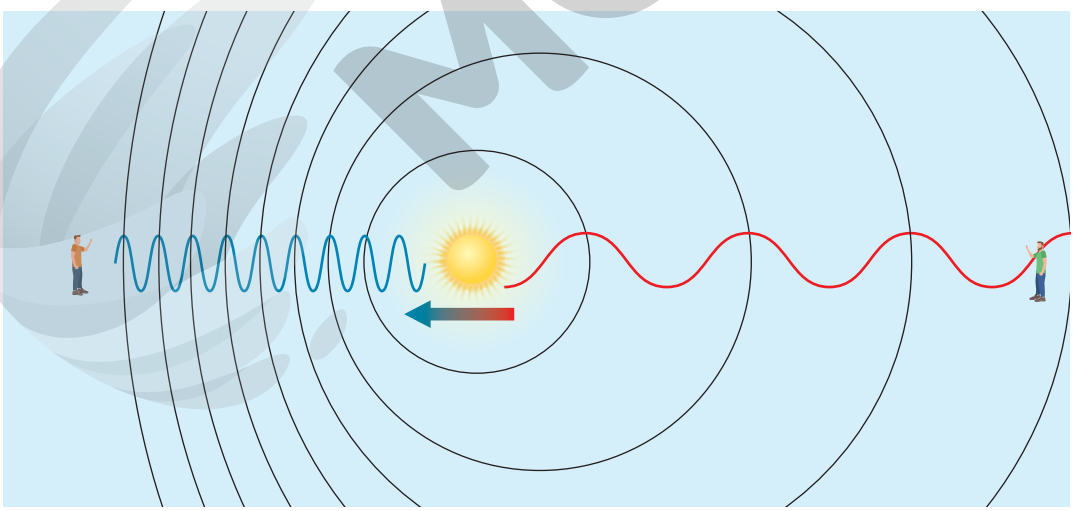
No caso do efeito Doppler sonoro, vamos voltar ao exemplo da ambulância em alta velocidade, agora que estudamos conceitos relacionados às ondas.

À medida que a ambulância se movimenta, as frentes da onda emitida pela sirene tornam-se mais próximas umas das outras na parte da frente do veículo (no sentido do movimento). Na parte traseira, as frentes da onda ficam mais afastadas umas das outras, pois se deslocam no sentido contrário ao da ambulância.

Como consequência, a onda sonora tem menor comprimento de onda (maior frequência, som mais agudo) na parte da frente da ambulância e maior comprimento de onda (menor frequência, som mais grave) na parte traseira.

No caso das ondas eletromagnéticas, a modificação na frequência e no comprimento de onda está relacionada à cor do objeto que é fonte dessas ondas luminosas. Ondas eletromagnéticas com menor comprimento de onda (maior frequência) estão na região azul do espectro, enquanto as que têm maior comprimento de onda (menor frequência) estão na região vermelha do espectro.

O EFEITO DOPPLER DA LUZ



ERICSON GUILHERME LUCIANO

No efeito Doppler da luz, a mudança na frequência modifica a cor do objeto percebida pelo observador. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

No entanto, o efeito Doppler luminoso não é observado pela visão humana. Não vemos carros ou ambulâncias azuladas quando se aproximam ou avermelhadas quando se afastam. Para que seja perceptível, a fonte luminosa deve mover-se a uma parcela considerável da velocidade da luz, que é de aproximadamente 300.000 km/s.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

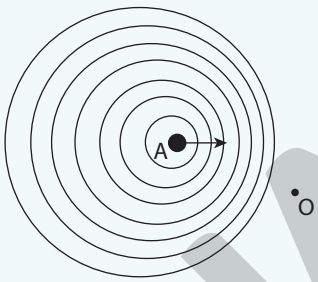
MODERNA

Atividades

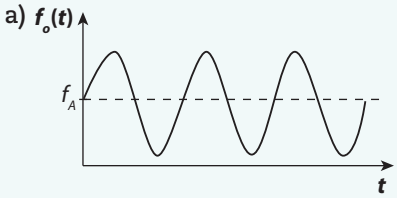
Não escreva no livro.

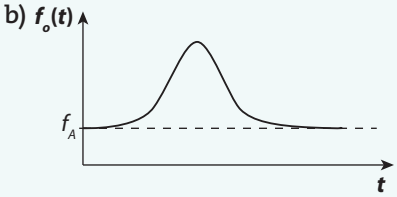
1 À medida que uma ambulância se aproxima de um carro parado, o motorista do carro percebe o som se tornar mais agudo. Antes que a ambulância passe pelo carro, o motorista arranca e passa a manter uma distância constante dela. A partir daí, ele deixa de perceber o som da ambulância mais agudo. Com base em seus conhecimentos sobre efeito Doppler, explique o fenômeno ocorrido.

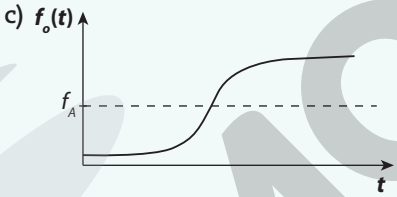
2 (Enem) Uma ambulância A em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador O, em repouso. A sirene emite um som de frequência constante f_A. O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância. O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo $f_o(t)$, antes e depois da passagem da ambulância por ele.

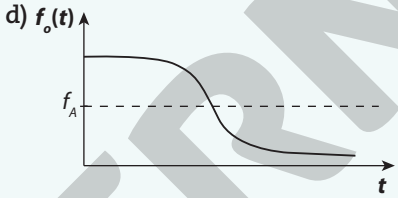


Qual esboço gráfico representa a frequência $f_o(t)$ detectada pelo observador?

a) 

b) 

c) 

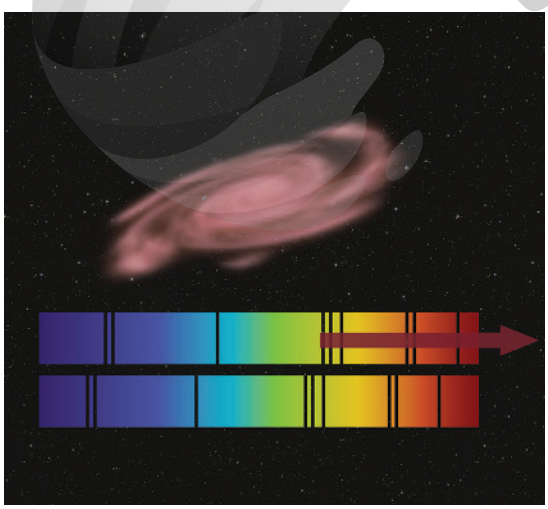
d) 

e)

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

A expansão do Universo

Em meados da década de 1920, o astrônomo Edwin Hubble observava e registrava em filmes fotográficos a luz emitida por diversas galáxias, quando percebeu que as mais distantes apresentavam um desvio para o vermelho. Isto é, quando se compara o espectro emitido por determinado elemento químico nessas galáxias, nota-se um ligeiro deslocamento das linhas espectrais para a região "vermelha" do espectro. Esse deslocamento era maior quanto maior a distância da galáxia, e apenas a galáxia de Andrômeda, localizada a 2,54 milhões de anos-luz da Via Láctea, apresentava um desvio para o azul.



SELMA CAPARROZ

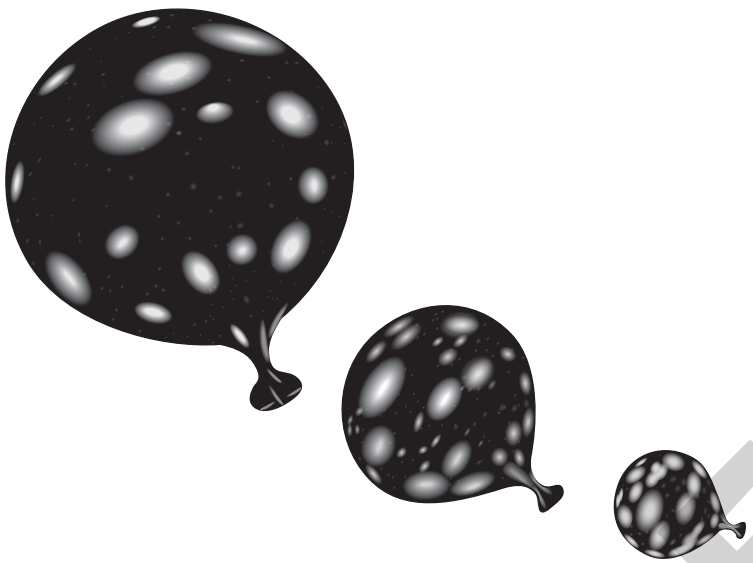
As galáxias mais distantes mostram linhas espectrais de determinado elemento químico mais afastadas para a região vermelha do espectro. É possível observar esse deslocamento nas raias espectrais (em cima) quando comparado com o espectro obtido em laboratório (embaixo). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Hubble observou que existe uma relação entre o desvio observado na luz das galáxias e o efeito Doppler. Concluiu, portanto, que as galáxias estão se afastando umas das outras, o que significa que o Universo está em expansão! Essa conclusão estabelecia um quadro completamente diferente do modelo de Universo vigente para os cientistas da época, que o consideravam estático e imutável.

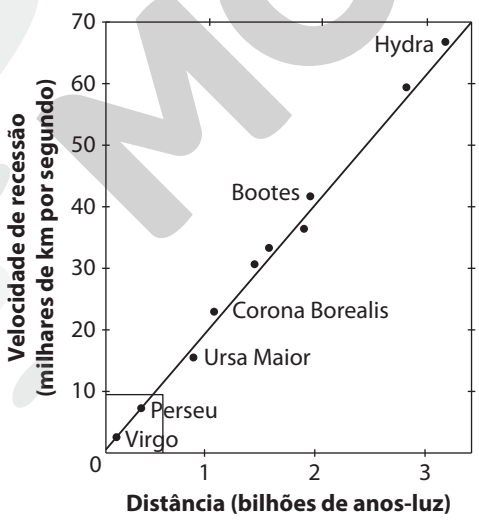
A conclusão de que o Universo está em expansão leva a outra conclusão mais impressionante: a de que o Universo teve um início! Se imaginarmos a expansão do Universo em sentido contrário, como em um filme sendo rodado de trás para a frente, podemos considerar que todas as galáxias estiveram muito próximas em um instante inicial.



A expansão do Universo e o desvio das galáxias para o vermelho (na imagem da página anterior) podem ser entendidos através da seguinte analogia: um balão que pouco a pouco se infla, tendo sobre sua superfície todas as galáxias. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Para entender esse efeito, podemos fazer uso de uma analogia. Vamos imaginar que o Universo é um balão e que as galáxias estão presas em sua superfície. À medida que o balão expande, as galáxias vão ficando cada vez mais distantes umas das outras. Quanto mais o balão infla, maior a velocidade de afastamento das galáxias. Essa afirmação é ilustrada no gráfico a seguir.

VELOCIDADE DE AFASTAMENTO DAS GALÁXIAS



No eixo vertical está a velocidade de afastamento em milhares de km por segundo; no eixo horizontal, a distância da galáxia até nós em bilhões de anos-luz. O gráfico expressa uma relação de proporcionalidade direta: quanto mais distantes estão as galáxias, maior é sua velocidade de afastamento. O quadrado no canto inferior esquerdo representa as regiões em que se encontravam as galáxias observadas por Hubble na década de 1920.

Fonte dos dados: FERRIS, T. *O despertar na Via-Láctea*: uma história da Astronomia. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1990.

Ainda como consequência do trabalho de Hubble, foi proposta na década de 1950 uma teoria que descreve os instantes iniciais do Universo: **a teoria do *Big Bang***. De acordo com essa teoria, o Universo teria surgido de uma grande explosão há cerca de 13,7 bilhões de anos.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Não escreva no livro.

A idade do Universo

Entre as diversas relações de dependência, a proporcionalidade direta é uma das mais frequentes no cotidiano. Quando pensamos em pintar algumas paredes de nossa casa, sabemos que, quanto maior a área das paredes escolhidas, maior deverá ser a quantidade de latas de tinta a ser adquirida. Quanto menor for o número de quilômetros rodados pelos veículos da frota de uma empresa, menor será a produção de CO_2 (gás carbônico) proveniente da queima de combustível desses carros.

A área das paredes e o número de latas de tinta são grandezas diretamente proporcionais, assim como o número de quilômetros rodados e a produção de CO_2.

Nesses casos, assim como em outros de dependência diretamente proporcional, dobrando o valor de uma das grandezas, consequentemente, é dobrado o valor correspondente da outra; triplicando o valor de uma das grandezas, é triplicado, em consequência, o valor correspondente da outra, e assim por diante. Podemos representar a proporcionalidade direta entre P e Q escrevendo $P \propto Q$. Essa relação pode ser lida da seguinte maneira: *P é diretamente proporcional a Q.*

Em proporcionalidades desse tipo, o resultado da divisão entre pares de valores, diferentes de zero, correspondentes às duas grandezas, é constante. O resultado dessas divisões é a constante de proporcionalidade direta entre as grandezas envolvidas.

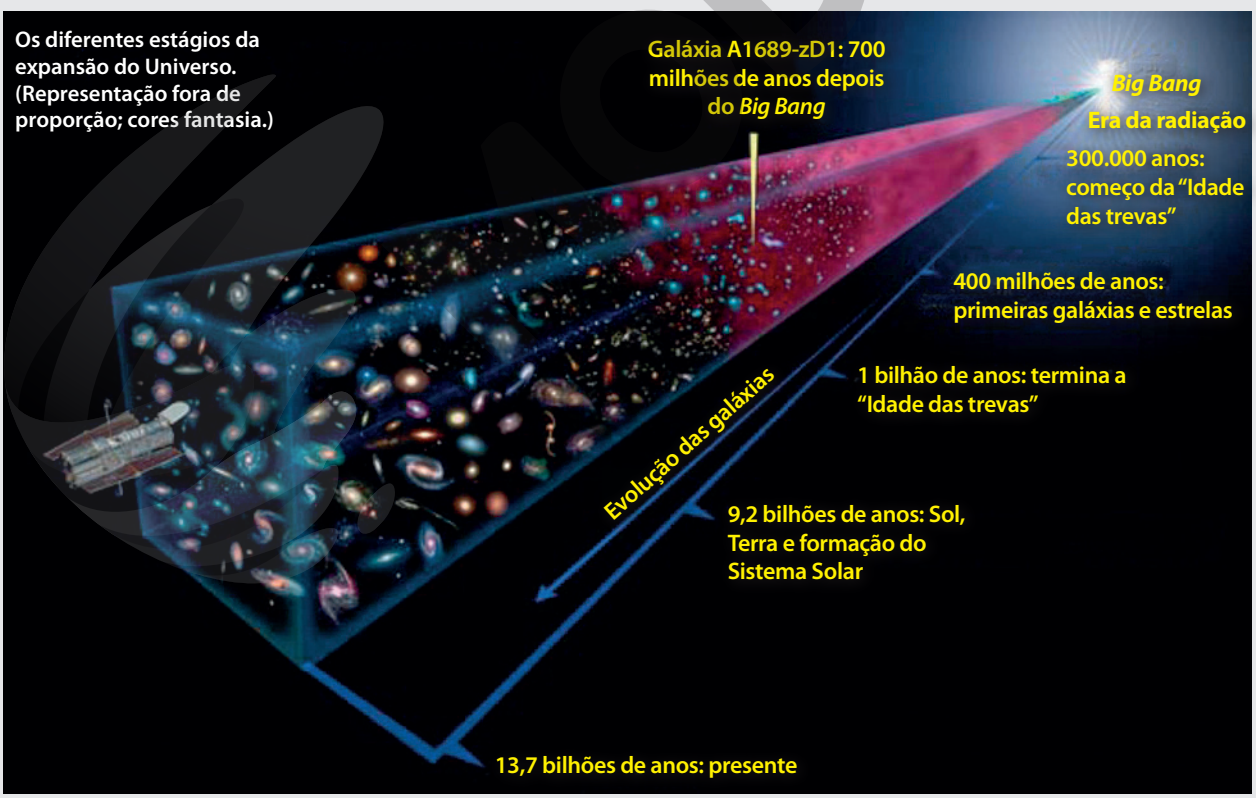
Esse é o caso das grandezas velocidade (v) de recessão (afastamento) das galáxias e distância (d) da galáxia até nós. A relação de proporcionalidade direta entre essas grandezas é conhecida como **lei de Hubble**:

$$\frac{v}{d} = H \Rightarrow v = H \cdot d$$

Aqui, H é a constante de proporcionalidade conhecida como **constante de Hubble**. Para entender o significado dessa constante, vamos comparar a expressão anterior com a expressão da velocidade escalar média, que é a razão entre a distância percorrida (d) e o intervalo de tempo (Δt) gasto para percorrê-la:

$$v = H \cdot d = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow H = \frac{1}{\Delta t} \text{ ou } \Delta t = \frac{1}{H}$$

Levando em conta que o Universo partiu de um ponto, podemos interpretar o inverso de $H\left(\frac{1}{H}\right)$ como uma escala de tempo que possibilita determinar a idade do Universo, pois essa grandeza pode ser entendida como o tempo que determinada galáxia demorou para chegar até sua posição atual. Para isso, precisamos conhecer o valor dessa constante.



ART COLLECTION/ALAMY/FOTOARENA

Fonte: ESA – Agência Espacial Europeia. Disponível em: <https://sci.esa.int/web/hubble/-/42355-cosmic-epochs>. Acesso em: 28 ago. 2020.

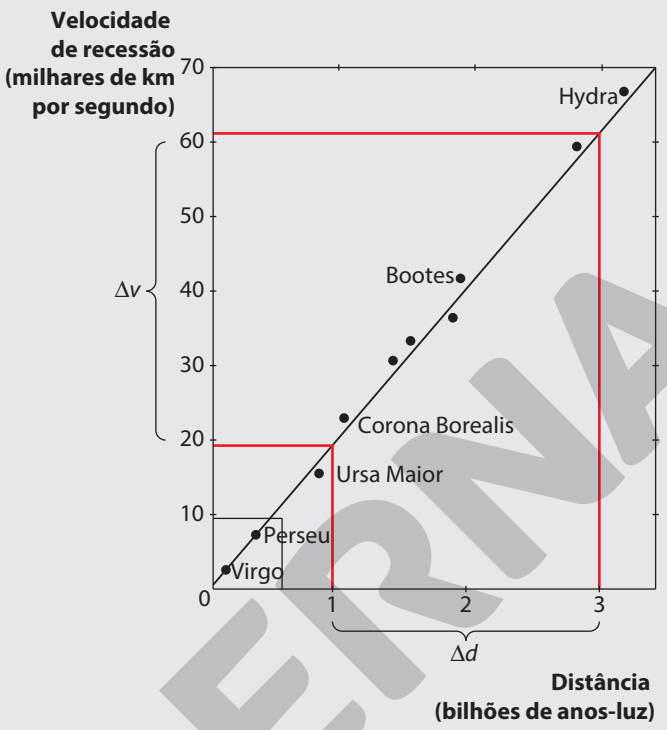
Continua

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Continuação

Se consideramos dois pontos de um gráfico de velocidade de afastamento da galáxia pela distância da galáxia até nós, podemos estimar o valor da constante de Hubble e, portanto, determinar a idade do Universo. Para fazer isso, siga as etapas:

1. Escolha dois pontos do eixo horizontal (distância em bilhão de anos) do gráfico apresentado anteriormente e determine os valores aproximados da velocidade de recessão das galáxias para os dois valores de distância escolhidos. Veja o exemplo ao lado.
2. Calcule a diferença entre os valores de distância e velocidade escolhidos, Δv e Δd.
3. Você precisará saber que 1 ano-luz é a distância que a luz percorre em 1 ano. A distância de 1 ano-luz corresponde a, aproximadamente, $9{,}5 \cdot 10^{12}$ km. Converta para km o valor obtido de Δd, cuja unidade é bilhões de anos-luz.
4. Calcule a razão $\frac{\Delta v}{\Delta d}$ e determine o valor da constante de Hubble.
5. Em seguida, calcule a razão $\frac{1}{H}$, que corresponde à idade do Universo. Qual é a unidade de medida da razão que você calculou?



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte dos dados: FERRIS, T. *O despertar na Via-Láctea*: uma história da Astronomia. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1990.

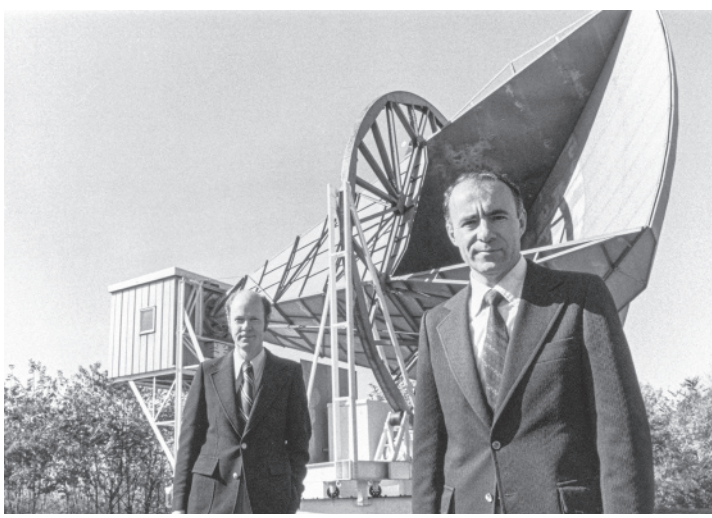
6. Determine quantos segundos há em 1 ano e dê a resposta da razão $\frac{1}{H}$, que corresponde à idade do Universo, em bilhão de anos. Pesquise na internet esse valor, compare com o valor obtido por você. Dê, em termos percentuais, a diferença entre os valores.

A teoria do *Big Bang* e a radiação cósmica de fundo

A teoria do *Big Bang* ainda prevê que o Universo, nas primeiras fases de sua evolução, era composto de um plasma quente de partículas (fótons, elétrons, entre outras). À medida que o Universo se expandia, esse plasma esfriou até que fosse possível aos elétrons se combinarem com os núcleos atômicos de hidrogênio e hélio para formarem átomos. Nesse momento, os fótons puderam começar a viajar livremente pelo espaço, formando uma radiação que é conhecida como **radiação cósmica de fundo**.

Radiações cósmicas de fundo têm frequências na faixa de micro-ondas. Portanto, a teoria do *Big Bang* prevê a existência da radiação cósmica de fundo e que a temperatura dessa radiação, espalhada por todo o Universo, deveria ser em torno de -271 °C nos dias de hoje.

Em 1964, dois astrofísicos testando uma antena detectaram, acidentalmente, a radiação cósmica de fundo na temperatura prevista pela teoria do *Big Bang*.

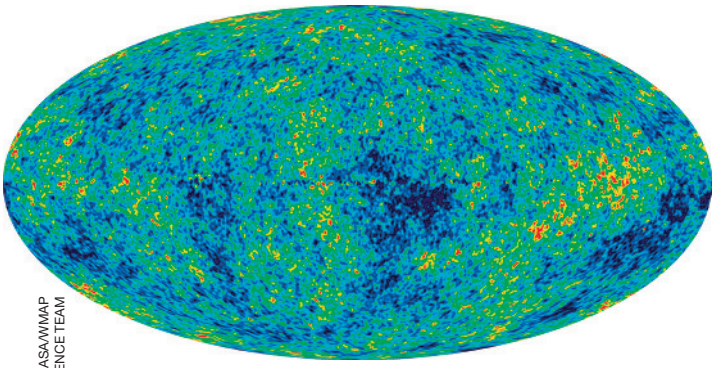


EMILIO SEGRE VISUAL ARCHIVES/AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Os astrofísicos Arno Penzias (em primeiro plano) e Robert Wilson com a antena que detectou a radiação cósmica de fundo, evidência que reforçou a teoria do *Big Bang*. (Estados Unidos, 1964.)

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA



NASA/WMAP SCIENCE TEAM

A imagem produzida pela NASA, em 1989, mostra a radiação do fundo no céu. As cores representam a diferença de temperatura dessa radiação em diferentes pontos do céu.

Em 1989, foi lançado o satélite COBE (*Cosmic Background Explorer*) com o objetivo de verificar se as características da radiação cósmica de fundo, como a temperatura, eram as mesmas, independentemente para onde se olhasse no céu noturno. A imagem ao lado representa os resultados obtidos.

A imagem mostra a diferença na temperatura da radiação cósmica de fundo no céu. As regiões vermelhas são mais quentes, e as azuis, mais frias. A diferença de temperatura entre as regiões, de apenas 0,0002 °C, serviu para validar a previsão de que a radiação de fundo tem as mesmas características (temperatura, por exemplo) em qualquer lugar do Universo. Essa medida foi muito importante, pois corroborou a teoria do *Big Bang*.

Interligações

Não escreva no livro.

A origem estelar dos elementos químicos

"Somos poeiras das estrelas"
Carl Sagan

A frase, dita pelo astrônomo e divulgador da Ciência Carl Sagan, poderia ser entendida como uma metáfora, daquelas que dizemos quando queremos impressionar alguém. No entanto, esse não é o caso!

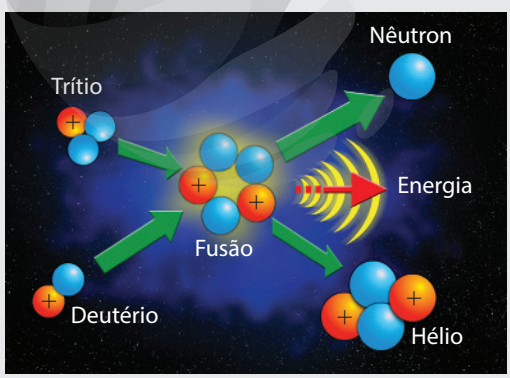
De fato, somos poeiras das estrelas! Para entender essa afirmação, precisamos compreender como os elementos químicos surgiram no Universo. A teoria do *Big Bang* descreve muito bem como era o Universo jovem, muito próximo do seu início. O termo *Big Bang*, em português grande explosão, não é exatamente correto, uma vez que, quando pensamos em uma explosão, imaginamos que o espaço onde ela ocorre já existe, e os estilhaços vão preencher esse espaço. Mas, nos instantes iniciais, o próprio espaço e o tempo evoluem e se expandem, formando o Universo.

Como o Universo, em seus primeiros instantes, apresentava temperatura e densidade de energia altíssimas, as partículas que formavam o conteúdo dele (prótons, nêutrons e fótons) não formavam estruturas como núcleos de átomos. À medida que o Universo evoluiu (expandiu), sua temperatura diminuiu, possibilitando a formação de hidrogênio, seus isótopos deutério (H_2) e trítio (H_3), além de He^{-3} e He^{-4}. Houve também a formação de berílio e lítio. Esse período é conhecido como **nucleossíntese primordial**.

Isso explica a origem dos elementos mais leves. Então, como surgiram os elementos mais pesados como o carbono, o nitrogênio, o silício etc.?

Voltando ao Universo jovem, agora preenchido basicamente por isótopos de hidrogênio e hélio, nuvens desses elementos começam a orbitar gravitacionalmente e a se contrair, formando a primeira geração de estrelas.

Por causa de sua grande massa, em sua fase inicial, a estrela se contrai devido à força gravitacional, a ponto de ter sua temperatura elevada e fundir os núcleos do átomo de hidrogênio e seus isótopos, formando núcleos do átomo de hélio, em um processo conhecido como **fusão nuclear**. Durante esse processo, ocorre liberação de energia na forma de calor, que impede a estrela de se contrair ainda mais.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Processo de fusão nuclear. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

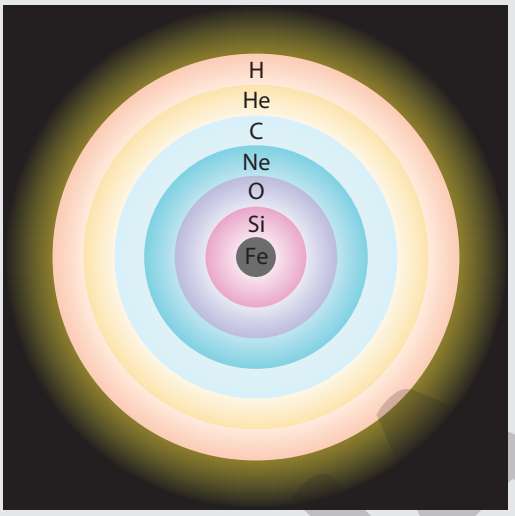
Continua

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Todavia, a quantidade de hidrogênio em uma estrela é finita. Assim, quando o combustível hidrogênio se esgota, a estrela começa a se contrair novamente e passa a fundir núcleos dos átomos de hélio, formando carbono e oxigênio. Da mesma forma, a estrela passa a formar nitrogênio, silício, ferro etc. A estrela torna-se recheada de átomos pesados.

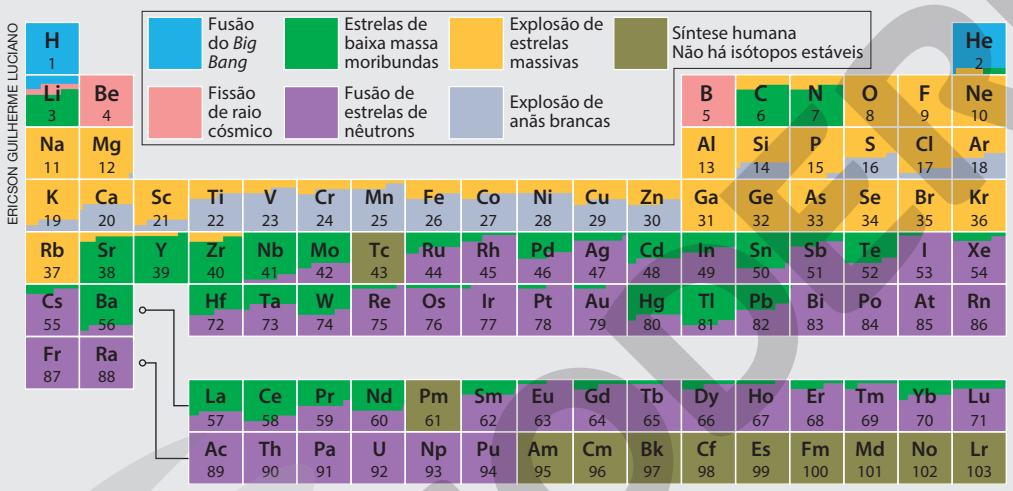
Em seu processo final de fusão nuclear, dependendo de sua massa, a estrela pode ejetar suas camadas exteriores, preenchendo o Universo com átomos pesados, em um processo conhecido como explosão de supernova. Foi isso que aconteceu com a primeira geração de estrelas do Universo, possibilitando o surgimento de sistemas solares como o nosso Sol, que é uma estrela de segunda ou terceira geração.

Existem vários tipos de explosões de supernova, dependendo da massa da estrela que originou o processo. A tabela periódica a seguir mostra os elementos químicos e suas respectivas origens de acordo com os diferentes processos de explosões.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

As várias camadas de uma estrela, com os diversos elementos químicos formados em seu interior. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Tabela periódica com a origem dos elementos químicos.

Ao terminar de ler este texto, é difícil não se maravilhar com o que está à nossa volta e imaginar que tudo foi formado no interior de uma ou de várias estrelas, perdidas na imensidão do espaço e do tempo! Mais uma vez, como disse Carl Sagan: "Nós somos um modo de o Universo conhecer a si mesmo"!

As estrelas são classificadas quanto as suas temperaturas e colorações. A tabela abaixo apresenta sete tipos estelares (O, B, A, F, G, K e M), suas respectivas cores, temperaturas e elementos químicos que as compõem.

Tipo de estrela	Cor da estrela	Temperatura (K)	Elementos químicos	Exemplos
O	Azul	30.000	He, O, N, Si, H	Alnitak
B	Branca-azulada	20.000	He, H, Si	Rigel
A	Branca	10.000	H, Si	Sirius
F	Branca-amarelada	7.000	H, Fe, Ca	Canopus
G	Amarela	6.000	Fe, Ca, H	Alfa Centauri
K	Laranja	4.000	Ca, Fe, H, C	Aldebaran
M	Vermelha	3.000	Fe, Ti	Betelgeuse

Fonte dos dados: HETEM, J. G. *et al*. Fundamentos de Astronomia. Disponível em: <http://www.astro.iag.usp.br/~jane/aga215/apostila/cap10.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.

FRIAÇA, A. C. S. *et al*. *Astronomia*: uma visão geral do Universo. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

1. De acordo com os dados da tabela, o Sol é uma estrela de qual tipo? Qual é sua temperatura aproximada e quais elementos químicos o compõem?

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A radioastronomia

Existem diversas maneiras de olhar para o Universo, não apenas por meio da luz visível. Uma área da Astronomia muito importante como fonte de informação do Universo é a **radioastronomia**.

EIJI NOYORI/YOMIURI/THE YOMIURI SHIMBUN/AFP

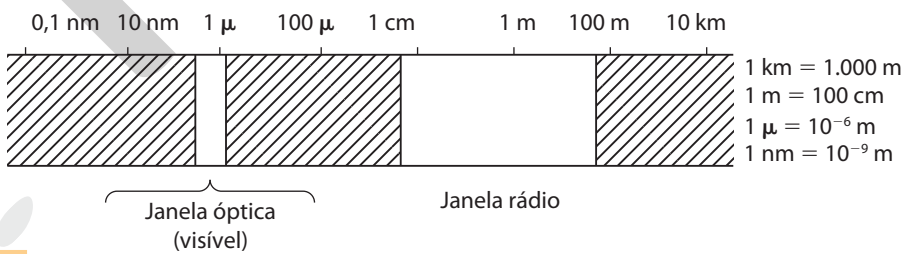
Os radiotelescópios do projeto ALMA são um conjunto de 66 antenas que combina dados obtidos do espaço, localizados no deserto do Atacama. (Chile, 2017.)

Os sinais luminosos vindos do Universo e observados por meio de telescópios ópticos têm muitas limitações. A principal delas é a atenuação que a luz visível sofre pela atmosfera da Terra, que desvia sua trajetória, prejudicando as observações. Portanto, para obter boas informações nas observações ópticas, é preciso haver condições atmosféricas ótimas, como nos desertos.

Outra grande limitação nas observações com telescópios ópticos é que o intervalo do espectro eletromagnético na região visível corresponde a uma porção muito estreita. Isso é chamado de **janela óptica**. Existem muitos objetos no Universo que emitem radiações em comprimentos de onda que não são detectados pela visão humana, como a radiação infravermelha, os raios X e as ondas de rádio. Observe na imagem a seguir a dimensão do intervalo visível da janela rádio.

COMPRIMENTO DE ONDA

ERICSON GUILHERME LUCIANO

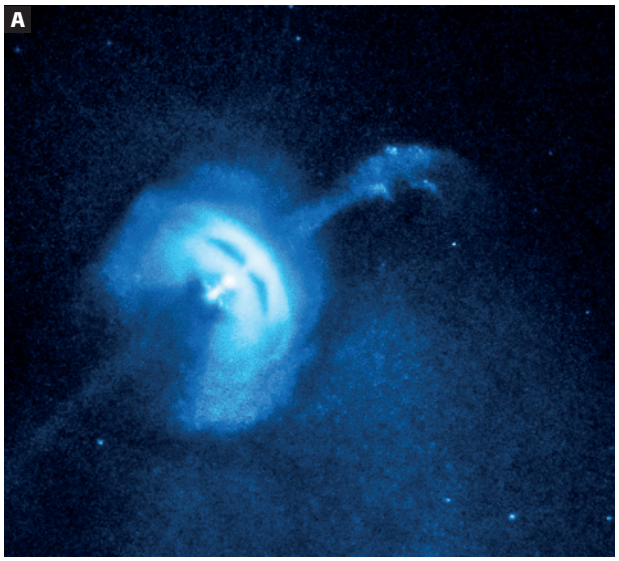


Parte do espectro eletromagnético que mostra a janela óptica e a janela das ondas de rádio. O fato de a janela das ondas de rádio ser bem maior possibilita a observação de uma quantidade muito maior de objetos no Universo.

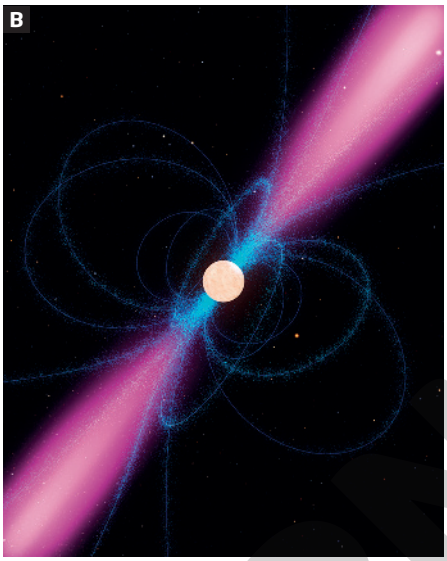
Isso significa que alguns objetos no Universo, mesmo com um telescópio óptico muito potente, são invisíveis. Nesses casos, eles só poderão ser observados por meio de instrumentos que captam os mesmos tipos de radiações que eles emitem e que chegam até nós. É o caso das ondas de rádio (entre $3{,}0 \cdot 10^{11}$ Hz e $3{,}0 \cdot 10^{3}$ Hz) e dos radiotelescópios. A área da Astronomia que se ocupa da observação de corpos que emitem esse tipo de radiação é o que definimos como radioastronomia.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Os pulsares, que são estrelas extremamente densas que giram com muita rapidez e que emitem ondas de rádio por seus polos, foram descobertos em 1968, por meio de radiotelescópios, antes que fossem descobertos por telescópios ópticos.



NASA/CXC/UNIVERSITY OF TORONTO/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA



NASA/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

A imagem de um pulsar (**A**) e a representação gráfica da emissão de ondas de rádio por seus polos (**B**).

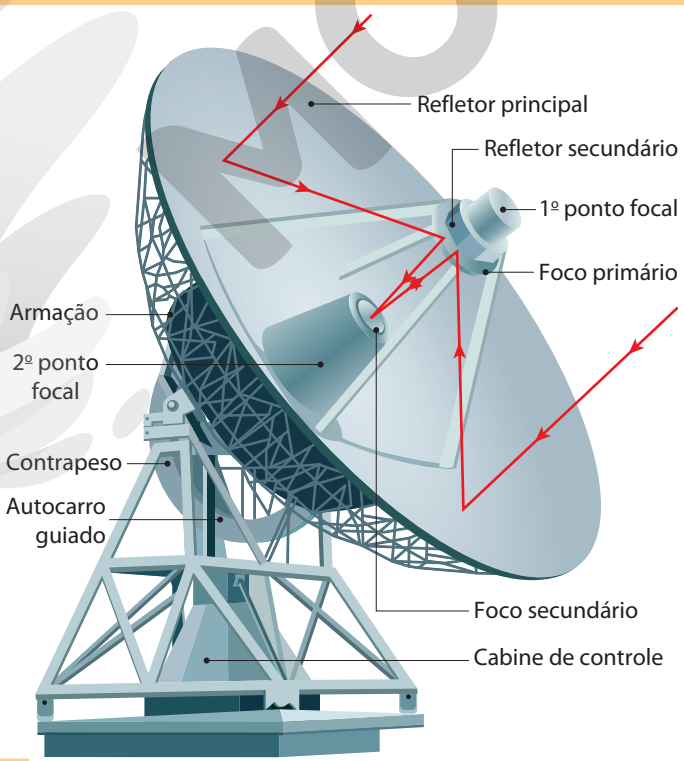
Por causa da regularidade de sua emissão pelos polos, a princípio pensou-se que o sinal do pulsar fosse um sinal de civilização extraterrestre, na tentativa de fazer contato com outra civilização.

Radiotelescópios

Um radiotelescópio é, basicamente, uma grande antena em formato parabólico para que funcione como um grande espelho côncavo a fim de captar as ondas de rádio. Veja o esquema de um radiotelescópio:

FUNCIONAMENTO DE UM RADIOTELESCÓPIO

ERICSON GUILHERME LUCIANO



Esquema de funcionamento de um radiotelescópio. O prato maior funciona como um espelho côncavo, chamado de refletor principal. O sinal é refletido para o foco e refletido novamente por um segundo refletor para o sistema de aquisição de dados do radiotelescópio.

Fonte: INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.inpe.br/ciaa2019/arquivos/pdfs/apostila_ciaa_2019_completa-compactado.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2020.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

VLADIMIR MULDER/SHUTTERSTOCK

Telescópio RATAN-600, um dos maiores radiotelescópios do mundo. (Rússia, 2018.)

O tamanho de cada antena depende da frequência das ondas de rádio que serão observadas. Esse tamanho pode variar bastante e chegar a 576 m de diâmetro, como no caso de um dos maiores radiotelescópios do mundo, o RATAN-600, localizado na Rússia.

Quando as ondas de rádio chegam ao radiotelescópio, são refletidas em direção a um receptor de ondas localizado em um ponto chamado de foco, como em um espelho esférico. A capacidade de um radiotelescópio de distinguir em detalhes os objetos astronômicos está ligada à sua **resolução angular**, que é a capacidade de distinguir dois objetos cujas imagens estejam muito próximas.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

RESOLUÇÃO ANGULAR

A resolução angular está relacionada à capacidade do sistema de detecção de separar dois pontos que estão muito próximos. A resolução angular da visão humana é de, aproximadamente, 0,017°. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Essa propriedade, para os radiotelescópios, depende da área da antena. Para que um radiotelescópio apresente uma resolução similar à de um telescópio óptico, sua área deve ser ainda maior.

Para resolver esse problema, são feitas associações com vários radiotelescópios menores, mas em grandes áreas, que trabalham como um único radiotelescópio gigante. Ao usar dois ou mais radiotelescópios, as ondas de rádio incidentes em cada um deles chegarão com uma pequena diferença de tempo. Essa diferença possibilita outras perspectivas de imagem do mesmo objeto astronômico. Como resultado, obtém-se um grande aumento da resolução angular, possibilitando a observação de objetos muito distantes ou pouco luminosos.

Uma vez captado no foco do radiotelescópio, o sinal é enviado para um receptor/amplificador do sinal e gravado em um computador para ser analisado posteriormente.

NAGEL PHOTOGRAPHY/SHUTTERSTOCK

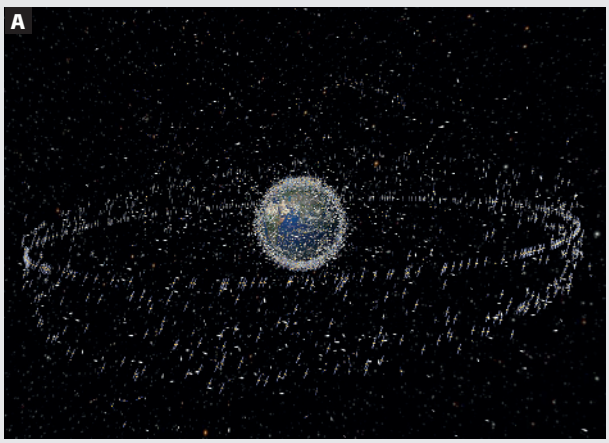
Observatório Very Large Array (VLA), nas planícies do deserto de San Agustin, no Novo México, é composto de 27 radiotelescópios. (Estados Unidos, 2019.)

MODERNA

Não escreva no livro.

O lixo espacial

A corrida espacial e os desenvolvimentos relacionados a essa área do conhecimento humano nos permitiram colocar inúmeros satélites na órbita da Terra com o objetivo de explorar o Universo, como é o caso do satélite COBE e de satélites de comunicação e mapeamento terrestre. São tantos, além de sondas, estágios de foguetes etc., que a imagem a seguir foi divulgada por grande parte da imprensa em abril de 2008.



EUROPEAN SPACE AGENCY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

NASA/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

(**A**) A imagem mostra a quantidade de instrumentos lançados ao espaço pelo ser humano e que permanecem em órbita ao redor da Terra, grande parte deles desativada. (**B**) O satélite da imagem (de 2018) remove o lixo espacial da órbita da Terra a fim de reduzir riscos representados por esses detritos espaciais.

Nela podemos observar essa grande quantidade de objetos que a humanidade colocou em órbita e que hoje, em sua maioria, está desativada e abandonada no espaço.

Observando a imagem, você deve estar se perguntando como todo esse lixo espacial não cai sobre nossas cabeças ou se, em algum momento, isso acontecerá. Pela quantidade de satélites e sondas que podemos ver na imagem, pode-se pensar que a probabilidade de isso ocorrer é bastante alta. E por que isso não acontece?

Para responder a essa pergunta, vamos refletir sobre as seguintes questões: o que mantém um automóvel em uma estrada durante uma curva? O que o impede de derrapar e sair da estrada? O atrito entre os pneus e a pista é o responsável por manter o carro na pista. Caso ele derrape, seguirá em linha reta tangente à curva.

No caso dos objetos em órbita, a situação é semelhante: eles têm velocidade e, consequentemente, apresentam a tendência de escapar da Terra (como um carro que derrapa na curva). Por outro lado, são atraídos pela força de gravidade (o atrito mantém o carro na curva). Dessa maneira, esses objetos nem caem na Terra, nem são lançados ao espaço, ou seja, permanecem em órbita.

Atualmente, os satélites são obrigados a guardar parte de sua energia para quando forem desativados. Nesse momento, usa-se a energia final para serem lançados ao espaço exterior, longe da Terra.

Mas e os satélites antigos? Existe a possibilidade de eles caírem na Terra? Sim, embora muitos deles continuem em órbita por um tempo muito grande, por vezes as trajetórias das órbitas são muito próximas à atmosfera. Assim, ao passar por determinado trecho dela, o objeto sofre atrito por causa da resistência do ar e perde velocidade. Com o passar do tempo, esse satélite cai em direção à Terra. No entanto, devido ao enorme atrito com a atmosfera, a maioria acaba sendo incinerada antes de atingir a superfície.

NASA

Pedaços de satélites, sondas ou pedaços de estágios de foguetes, ao perderem velocidade, queimam em sua reentrada por causa do atrito com a atmosfera, podendo ou não atingir a superfície. (Fotografia de 2014.)

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Fique por dentro

Internet

Como se chegou à ideia do *Big Bang*

<http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Big-Bang---Teoria-da-origem-do-universo.pdf>

Texto que traz um resumo sobre a teoria do *Big Bang* e o uso da radioastronomia.

Acesso em: 26 jun. 2020.

Livro

ENDLER, Anna Maria Freire. *Somos poeira de estrelas*. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

Esse livro de divulgação científica promove a busca por respostas a questões sobre a existência humana no Universo.

Documentário

Cosmos: Odisseia no Espaço. Direção: National Geographic. Estados Unidos, 2014. 13 episódios. (44 min.)

A série de documentários explora a descoberta das leis da natureza e a forma como é possível encontrar nossas coordenadas no tempo e no espaço.

Lugares para visitar

Observatório Abrahão de Moraes

São Paulo, SP

<http://www.observatorio.iag.usp.br/>

Local onde são desenvolvidas várias atividades de ensino e divulgação, além de observações remotas, via internet, com o telescópio Argus, realizadas pelo projeto Telescópios na Escola (TnE).

Acesso em: 27 ago. 2020.

ATIVIDADES FINAIS

Não escreva no livro.

1 (UEA-AM) Um observador ouve o apito de um trem se aproximando e depois se afastando. Sabendo que o apito do trem soa com frequência natural contínua, a frequência do apito ouvida pelo observador

a) aumenta na aproximação e permanece constante no afastamento do trem.

b) aumenta tanto na aproximação quanto no afastamento do trem.

c) é constante tanto na aproximação quanto no afastamento do trem.

d) aumenta na aproximação e diminui no afastamento do trem.

e) diminui na aproximação e aumenta no afastamento do trem.

2 (UFRN) Duas pessoas, que estão em um ponto de ônibus, observam uma ambulância que delas se aproxima com a sirene de advertência ligada. Percebem que, ao passar por elas, o som emitido pela sirene se torna diferente daquele percebido durante a aproximação. Por outro lado, comentando esse fato, elas concordam que o som mudou de uma tonalidade aguda para uma mais grave à medida que a ambulância se distanciava. Tal mudança é explicada pelo efeito Doppler, segundo o qual, para essa situação, a:

a) amplitude do som diminuiu.

b) frequência do som diminuiu.

c) frequência do som aumentou.

d) amplitude do som aumentou.

3 (Puccamp-SP) Um professor lê o seu jornal sentado no banco de uma praça e, atento às ondas sonoras, analisa três eventos:

I. O alarme de um carro dispara quando o proprietário abre a tampa do porta-malas.

II. Uma ambulância se aproxima da praça com a sirene ligada.

III. Um mau motorista, impaciente, após passar pela praça, afasta-se com a buzina permanentemente ligada.

O professor percebe o efeito Doppler apenas:

a) no evento I, com frequência sonora invariável.

b) nos eventos I e II, com diminuição da frequência.

c) nos eventos I e III, com aumento da frequência.

d) nos eventos II e III, com diminuição da frequência em II e aumento em III.

e) nos eventos II e III, com aumento da frequência em II e diminuição em III.

MODERNA

4 (FGV) A Teoria do *Big Bang* ou grande explosão, ocorrida há aproximadamente 15 bilhões de anos, é uma das teorias que explica a origem do Universo.

Nesse contexto, analise as afirmativas a seguir.

I. No momento da explosão todas as partículas da matéria se encontravam em um estado de dissociação completa e permanente, em função do calor extremo. Esse momento pode ser considerado como o "caos primordial".

II. Logo após a ocorrência do *Big Bang* o Universo se expandiu e, como consequência, a temperatura começou a baixar.

III. Cerca de 1 milhão de anos depois da grande explosão formaram-se os primeiros átomos.

Assinale:

a) se somente a afirmativa I estiver correta.
b) se somente as afirmativas I e II estiverem corretas.
c) se somente as afirmativas I e III estiverem corretas.
d) se somente as afirmativas II e III estiverem corretas.
e) se todas as afirmativas estiverem corretas.

5 (Enem)

.....

Mais *big* do que *bang*

A comunidade científica mundial recebeu, na semana passada, a confirmação oficial de uma descoberta sobre a qual se falava com enorme expectativa há alguns meses. Pesquisadores do Centro de Astrofísica Harvard-Smithsonian revelaram ter obtido a mais forte evidência até agora de que o Universo em que vivemos começou mesmo pelo *Big Bang*, mas este não foi explosão, e sim uma súbita expansão de matéria e energia infinitas concentradas em um ponto microscópico que, sem muitas opções semânticas, os cientistas chamam de "singularidade". Essa semente cósmica permanecia em estado latente e, sem que exista ainda uma explicação definitiva, começou a inchar rapidamente [...]. No intervalo de um piscar de olhos, por exemplo, seria possível, portanto, que ocorressem mais de 10 trilhões de *Big Bangs*.

ALLEGRETTI, F. *Veja*, 26 mar. 2014 (adaptado).

No título proposto para esse texto de divulgação científica, ao dissociar os elementos da expressão *Big Bang*, a autora revela a intenção de

a) evidenciar a descoberta recente que comprova a explosão de matéria e energia.
b) resumir os resultados de uma pesquisa que trouxe evidências para a teoria do *Big Bang*.
c) sintetizar a ideia de que a teoria da expansão de matéria e energia substitui a teoria da explosão.
d) destacar a experiência que confirma uma investigação anterior sobre a teoria de matéria e energia.
e) condensar a conclusão de que a explosão de matéria e energia ocorre em um ponto microscópico.

6 (UFF-RJ) Um Universo em expansão, como o nosso, é um Universo com uma história. E o que aprendemos ao estudar essa história é que, à medida que o Universo se expande, a matéria se resfria. Esse resfriamento gradual permitiu que partículas, inicialmente livres, eventualmente formassem estruturas cada vez mais complexas: núcleos atômicos, átomos de hidrogênio e hélio, estrelas e planetas. Mas, para que a vida seja possível, hidrogênio e hélio não bastam. Faltam os outros elementos: carbono, oxigênio, ferro, ouro... Eles são formados durante os momentos finais da vida de estrelas, em eventos conhecidos como explosões de supernova. Em relação aos elementos H, C, O e He e seus compostos, pode-se afirmar que são utilizados, respectivamente, em:

a) confecção de diamantes; eletrodos; ozonização; filtros para água e ar.
b) produção de diamantes; solda oxiacetilênica; produção de margarina; filtros para água e ar.
c) produção de margarina; filtros para água e ar; balões meteorológicos; ozonização.
d) combustível de foguete; eletrodos; ozonização de água; balões meteorológicos.
e) combustível de foguete; ozonização de água; produção de margarina; balões meteorológicos.

Próximos passos

O lixo espacial é apenas um exemplo da interferência humana no planeta. Esse será o tema do próximo capítulo, discutindo de que maneira as diferentes formas de exploração dos recursos naturais, a geração do lixo e a poluição estão afetando o meio ambiente. A nossa predominância como espécie está levando ao esgotamento desses recursos e à degradação do planeta.
O próximo capítulo é muito importante para que possamos avaliar o que acontecerá com a Terra no presente e em breve e o que deixaremos para as gerações futuras.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EDITORIA

CAPÍTULO

5

Interferência humana no ambiente

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

BNCC:
EM13CNT106
EM13CNT203
EM13CNT206
EM13CNT309
EM13CNT310

Para começo de conversa

Sem minérios, a vida como conhecemos hoje não seria possível. Eles são matéria-prima de boa parte dos objetos que usamos cotidianamente. Desde a extração dos minérios até a fabricação de produtos, esses materiais têm grande importância econômica, gerando emprego e renda. Contudo, o descarte desses objetos gera impactos no ambiente, com consequências que extrapolam até mesmo os limites da atmosfera, como no caso do lixo espacial. Além disso, a mineração é uma atividade de alto impacto ambiental e social.

Ficaram mundialmente famosas fotografias sobre a mineração do ouro em Serra Pelada, no estado do Pará na década de 1980. As imagens retratam o horror das condições a que os garimpeiros eram submetidos, bem como a enorme cratera produzida, impactando o ambiente. Atualmente, essa cratera abriga um enorme lago estéril e altamente poluído, em um local onde existia originalmente um rico ecossistema.

Desastres ainda mais extensos envolvendo a mineração aconteceram recentemente. Um deles foi no dia 5 de novembro de 2015, quando uma barragem de rejeitos de mineração se rompeu no município de Mariana (MG), provocando o deslizamento de uma enorme massa de lama contaminada por esses rejeitos, que inundou casas, matou pessoas e contaminou rios no caminho até o mar. Especialistas avaliam que essa pode ser a maior catástrofe ambiental do Brasil, embora muitos dos impactos só venham a ser percebidos alguns anos após o desastre. Em virtude da grande área atingida, é muito difícil quantificar o real tamanho dos danos, que se estenderam por ecossistemas terrestres e aquáticos muito importantes na região, chegando ao litoral. O que poderia ter sido um acidente isolado se tornou um desastre ambiental que afetou ecossistemas a mais de 500 km do local.

Qual é a importância de conhecer o funcionamento dos ecossistemas afetados pelo desastre? Que medidas poderiam ter sido tomadas para minimizar os estragos causados pela massa de rejeitos? O que pode ser feito para evitar que esse tipo de desastre ocorra novamente? Como as atividades humanas afetam o ambiente? Quais são as principais consequências da interferência humana no ambiente?

Neste capítulo, vamos nos aprofundar no estudo da interferência humana no ambiente, considerando não só as questões de exploração de minerais e outros recursos naturais, mas também a poluição do ar, da água e do solo, o destino dos resíduos, o desmatamento e a introdução de espécies exóticas.

Ao tratar os assuntos deste capítulo, evite uma abordagem catastrófica. Explique que o ambiente está em constante mudança e que as ações antrópicas (humanas) intensificam ou alteram os fenômenos naturais. Mostre como nossa espécie, com sua inteligência e sua capacidade tecnológica, tem o poder de adotar uma atitude sustentável em sua relação com a natureza.

Garimpo de ouro. (Serra Pelada, PA, 1986.)

JUCA MARTINS/OLHAR IMAGEM

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

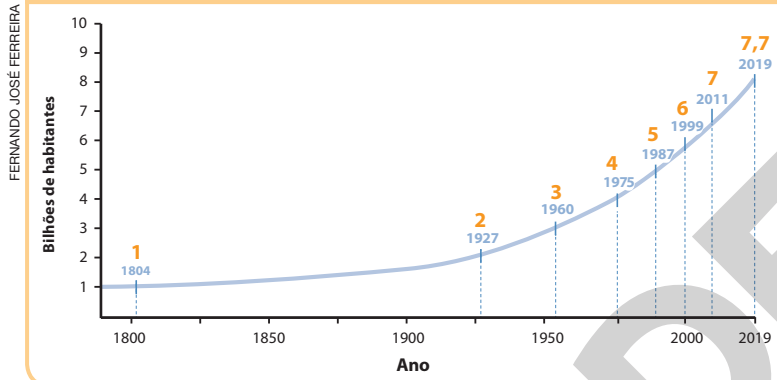
A humanidade e o ambiente

Os avanços da tecnologia e da Medicina no século XX reduziram drasticamente a mortalidade infantil e aumentaram a expectativa de vida. Por essa razão, o século passado foi caracterizado por um grande crescimento da população humana, que passou de 1,65 bilhão para 6 bilhões de pessoas. Em 2019, esse número ultrapassou a marca de 7 bilhões; a previsão é chegar a 11 bilhões de pessoas em 2100.

Esse crescimento populacional acelerado, aliado aos hábitos de consumo predominantes, exerce grande pressão sobre o ambiente, pois aumenta a demanda por recursos naturais. As consequências disso são o emprego intenso de recursos de forma não planejada e a frequente ocupação de áreas que deveriam ser preservadas. Com a expansão da urbanização, observa-se uma contínua modificação da paisagem dos diferentes ecossistemas do nosso planeta, o que vem preocupando os ambientalistas.

Vamos conhecer melhor alguns dos principais problemas decorrentes da interação humana com o ambiente.

CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO MUNDIAL



No início do século XXI, a população humana ultrapassou 7 bilhões de pessoas; a previsão é de que em 2100 esse número seja de 11 bilhões. Valores em laranja indicam a quantidade de pessoas em bilhões.

Fonte dos dados: Our World in Data (disponível em: <https://ourworldindata.org/world-population-growth>) e Nações Unidas Brasil (disponível em: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/>). Acessos em: 11 jul. 2020.

Poluição

Poluição é a introdução de matéria ou energia em um ecossistema de modo a afetar negativamente a comunidade biológica. Esses componentes prejudiciais, denominados **poluentes**, em geral são derivados de atividades realizadas pelos seres humanos. Os principais recursos afetados pela poluição são a atmosfera, a água e o solo.

A **poluição atmosférica** é causada principalmente pela queima de combustíveis fósseis como o carvão mineral e derivados do petróleo, o que aumenta a concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera. Outras ações humanas também contribuem para a contaminação do ar, como as queimadas e os gases tóxicos lançados na atmosfera pelas indústrias, entre outros exemplos.

GERSON GERLOFF/PULSAR IMAGENS

Usinas termelétricas, como a Usina Termelétrica Presidente Médici – do tipo térmica a vapor –, utilizam carvão mineral como fonte de energia e produzem poluição atmosférica. Apesar do monitoramento por parte de órgãos governamentais, a poluição gerada pode atingir áreas de outros países, como o Uruguai, que é fronteiriço. (Candiota, RS, 2020.)

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

ROGERIO REIS/PULSAR IMAGENS

GERSON SOBREIRA/TERRASTOCK

A **poluição da água** está relacionada principalmente ao lançamento de materiais poluentes como lixo, produtos químicos e esgoto sem tratamento. Apesar de a falta de saneamento básico ser uma das maiores ameaças aos ecossistemas aquáticos, o desenvolvimento agrícola também contribui para essa situação: pesticidas usados para livrar os cultivos de pragas podem se infiltrar no solo e chegar aos aquíferos.

Eventos catastróficos também podem resultar na poluição da água, como foi o caso dos rompimentos de barragem em Mariana (MG), em 2015, e em Brumadinho (MG), em 2018. Esses eventos resultam em verdadeiros desastres ambientais, uma vez que despejam quantidades enormes de poluentes nos rios, podendo ainda atingir o oceano e afetar ecossistemas marinhos.

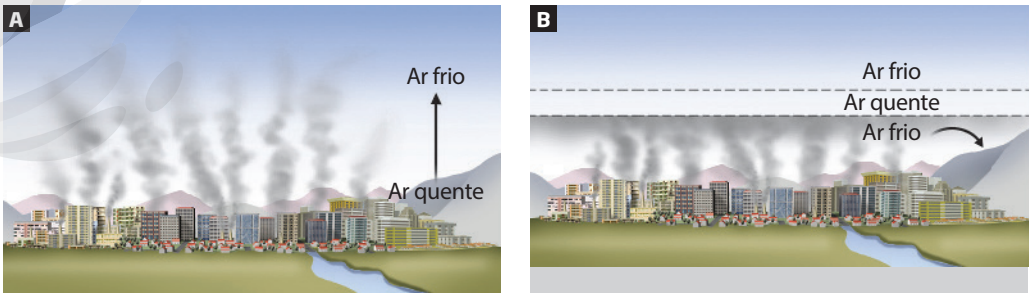
A **poluição do solo** é causada, em geral, por lixo e componentes químicos descartados em locais impróprios em áreas urbanas e industriais, bem como por pesticidas e fertilizantes empregados na agricultura.

(**A**) Lançamento de esgoto na praia, conhecido como língua-negra. (Praia Grande, Torres, RS, 2017.) (**B**) A grande quantidade de pesticidas e fertilizantes utilizados em áreas agrícolas pode causar a contaminação do solo e da água. (Lavoura de soja, Bom Jesus do Araguaia, MT, 2018.)

Caixa de ferramentas

Inversão térmica

O ar mais próximo à superfície da Terra, no qual se acumulam poluentes, geralmente é mais quente e, por isso, ganha altitude e acaba por dispersar essas substâncias. A inversão térmica ocorre quando o ar mais quente se sobrepõe a uma camada de ar mais frio e impede sua ascensão à atmosfera. Essa camada de ar frio, mais densa que a de ar quente, mantém os poluentes próximos à superfície.
Em ambientes urbanos, com grande número de indústrias e de veículos movidos a combustível fóssil, a inversão térmica pode elevar a concentração de poluentes na superfície terrestre, aumentando o índice de doenças respiratórias e outros problemas de saúde.



Esquema de inversão térmica. Em condições normais (**A**), o ar próximo à superfície é aquecido e ascende, carregando os poluentes. Em períodos frios, pode ocorrer a inversão térmica (**B**): o ar próximo à superfície é resfriado, ficando preso abaixo de uma camada de ar mais quente. Dessa maneira, a poluição fica retida próximo à superfície. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: PAULO MANZI

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

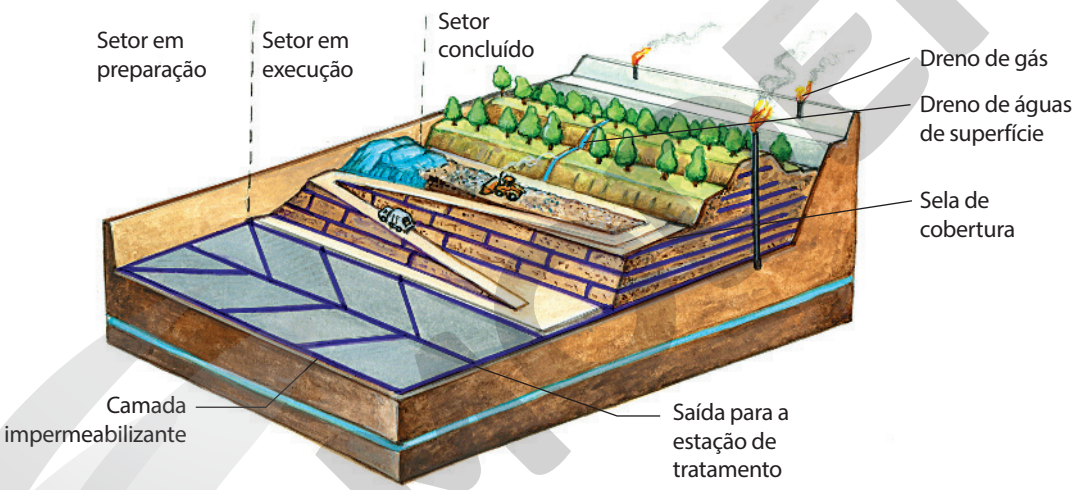
Destino do lixo

Um dos principais reflexos do aumento da população e do consumismo das sociedades atuais é o acúmulo de resíduos. Cada vez mais se produzem bens de consumo que são rapidamente descartados, aumentando a quantidade de resíduos sólidos. De 2003 a 2014, a produção de lixo no Brasil aumentou 29%, enquanto a população cresceu apenas 6%.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos foi instituída no país em 2010 para dar destino adequado ao lixo produzido, já que mais de 50% dos resíduos eram depositados em locais inadequados. Apesar dessa lei, das 78,4 milhões de toneladas de lixo produzidas em 2017, não se sabe o destino de 6,9 milhões de toneladas. Além disso, 40,9% do lixo recolhido pelo sistema de coleta regular acabou em lixões ou em aterros controlados. O descarte inadequado ocasiona problemas como mau cheiro, poluição visual, contaminação de solos, água e ar, assim como o surgimento de doenças, por contribuir para a proliferação dos organismos que as provocam ou transmitem.

Ao contrário dos aterros controlados, nos **aterros sanitários** o solo é preparado para receber o lixo sem prejudicar o meio ambiente. Essa forma de descarte é uma solução para minimizar os impactos ambientais e reduzir os riscos à saúde pública causados pelo excesso de lixo. Para isso, é preciso impermeabilizar a área do aterro, o que impede a contaminação do lençol freático, e instalar um sistema de drenagem e captação do **chorume**, líquido que resulta da decomposição da matéria orgânica. Os gases produzidos nesse processo também são captados e queimados, podendo servir para a geração de energia elétrica.

ESQUEMA DE UM ATERRO SANITÁRIO



CECÍLIA IWASHITA

Ao atingir sua capacidade máxima, cada setor do aterro é coberto com vegetação. Os resíduos passam, então, a ser depositados no setor seguinte. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: *Disposição de resíduos*. Geologia Unesp. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/residuos/res13.html>. Acesso em: 11 jul. 2020.

Exploração de recursos naturais

No período Neolítico, por volta de 8000 a.C., quando teve início a chamada **revolução agrícola**, a humanidade intensificou a exploração dos recursos naturais. À medida que a população mundial cresce e o ritmo de consumo se intensifica, os recursos escasseiam, pois sua reposição não ocorre em escala semelhante à de sua retirada. Além disso, deve-se considerar o fato de muitos recursos não serem renováveis.

A extração dos recursos naturais requer um planejamento eficiente para minimizar os impactos causados no ambiente. A gestão correta dos recursos deve incluir o conhecimento do local, a escolha da tecnologia mais adequada e o estabelecimento de ações que controlem os danos causados, bem como medidas que visem a revertê-los, quando possível.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Caixa de ferramentas

A marca que cada indivíduo ou nação deixa no planeta é conhecida como **pegada ecológica**. Refere-se à área da Terra necessária para obter bens e serviços que sustentem as populações humanas.

A pegada ecológica representa os efeitos do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais, considerando fatores como quantidade de emissões de gás carbônico, áreas de cultivo, pastagens, áreas florestais, áreas construídas e estoques pesqueiros. Assim, ela varia de acordo com o modo de vida.

A pegada ecológica mundial em 2016 foi de 2,8 hectares globais *per capita*, mesmo valor calculado para a pegada ecológica do Brasil. A biocapacidade da Terra, isto é, a habilidade de produzir os recursos necessários para nossa sobrevivência, é de 1,8 hectare global para cada ser humano. Isso significa que a humanidade necessita hoje de 1,5 planeta para manter seu padrão de consumo.

Recursos naturais renováveis

São **recursos naturais renováveis** aqueles que podem ser repostos depois de extraídos por atividades antrópicas. O tempo de reposição, fator importante a ser considerado no momento da exploração, varia conforme a fonte. Entre esses recursos podemos citar: o vento, a radiação solar, as ondas do mar, a energia geotérmica, a água, os organismos vivos e o ar.

A reposição dos recursos pode ser feita pelo ser humano ou naturalmente, pelo próprio ambiente, por meio de ciclos naturais.

KLEYTON KAMOGAWA/SHUTTERSTOCK

RUBIA CEZAR/SHUTTERSTOCK

As florestas (**A**) e os cardumes (**B**) são recursos renováveis, desde que seus ciclos naturais sejam respeitados. (**A**) Trecho de Mata Atlântica. (Cascavel, PR, 2019.) (**B**) Cardume pertencente à família Carangidae (Fernando de Noronha, PE, 2016.)

Recursos naturais não renováveis

São **recursos naturais não renováveis** aqueles que, uma vez utilizados, não podem mais ser repostos em um período curto de tempo.

Esses recursos resultam de processos extremamente lentos da litosfera e não são autorrenováveis. Podemos citar, por exemplo, o alumínio, o ferro, o petróleo e o ouro. Quanto mais se extraem esses minérios, mais as reservas diminuem, ou seja, é importante adotar medidas de consumo comedido, de modo que sejam poupados recursos para o futuro.

STEFANO EMBER/SHUTTERSTOCK

DYLAN GARCIA TRAVEL IMAGES/ALAMY/FOTOARENA

O petróleo e o minério de ferro são recursos naturais não renováveis, uma vez que seus ciclos naturais são extremamente lentos. (**A**) Vista de uma plataforma de petróleo em alto-mar. (Salvador, BA, 2019.) (**B**) Mina de ferro. (Mariana, MG, 2018.)

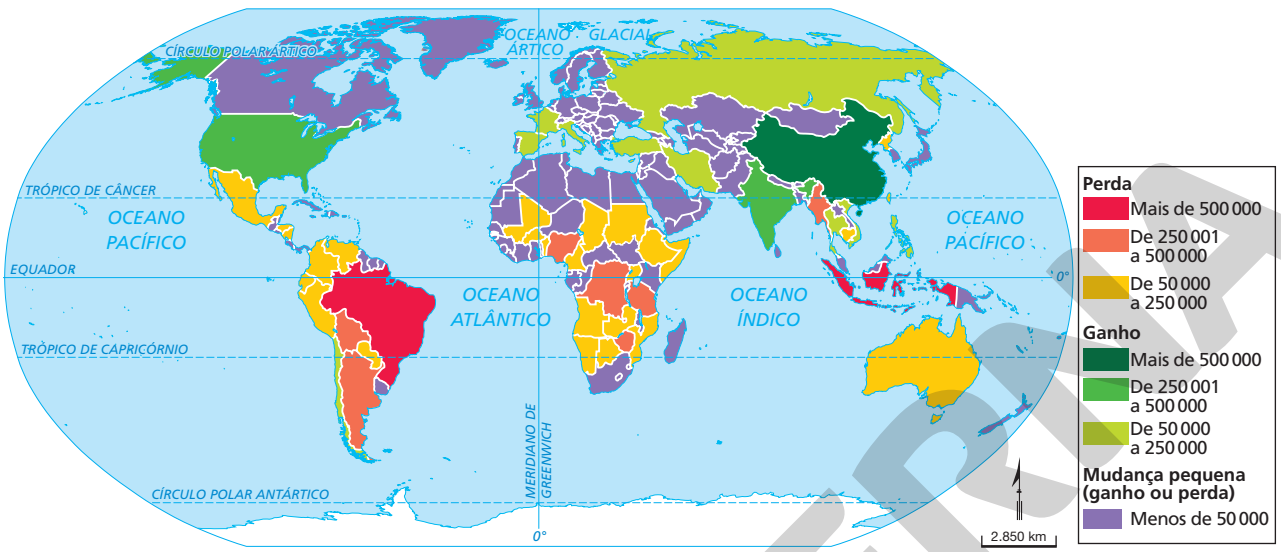
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Desmatamento

O desmatamento resulta, resumidamente, do crescimento das atividades produtivas e traz consigo impactos como perda da biodiversidade, degradação dos mananciais, aterramento de rios e lagos, redução da umidade relativa do ar, desertificação e aumento de dióxido de carbono na atmosfera.

MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL DO MUNDO ENTRE 1990 E 2015 (EM HECTARES/ANO)

SÔNIA VAZ



O Brasil apresentou uma perda anual de mais de 500.000 hectares de vegetação.

Fonte dos dados: FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2020.

Um hectare corresponde a 10.000 m². Esses dados eram os mais recentes em 2019. Pode ser solicitada uma pesquisa mais atualizada e posterior comparação entre os dados.

Introdução de espécies exóticas

Espécies exóticas são aquelas não nativas, isto é, que não ocorrem naturalmente em determinada região e foram ali introduzidas por acidente ou de modo proposital em razão de seu valor comercial.

As **espécies invasoras** são aquelas espécies exóticas que causam prejuízo financeiro ou ambiental ou que ameaçam a saúde dos seres humanos. Como elas não evoluíram no local onde foram introduzidas, os processos normais de regulação de populações podem não ocorrer. Por exemplo, pode não haver no ambiente predadores ou parasitas específicos que as ataquem, o que contribui para um aumento exagerado do número de indivíduos. Esse crescimento populacional descontrolado pode levar à extinção de espécies nativas em consequência da competição por recursos, prejudicando o equilíbrio do meio ambiente. Além disso, pode ocasionar problemas às atividades humanas.

ROBERTO MICHEL/ISTOCK PHOTO/GETTY IMAGES

Kudzu (*Pueraria lobata*) é uma planta de origem japonesa, introduzida nos Estados Unidos no século XIX com a finalidade de controlar erosões. A planta adaptou-se tão bem ao novo hábitat que cresce sobre todo tipo de superfície, eliminando espécies nativas. (Louisiana, Estados Unidos, 2019.)

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Atividades

Não escreva no livro.

1. Pesquise mais detalhes sobre a diferença entre lixões, aterros controlados e aterros sanitários. Compartilhe os resultados com os colegas.

2. Discuta com os colegas a importância de conhecer a sucessão ecológica para a realização de programas de reflorestamento. Vocês acham recomendável usar plantas de espécies exóticas nesses programas?

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

Qual porcentagem de lixo produzido em seu município é coletada para reciclagem? E qual é o destino dado ao lixo comum?

Elabore um panfleto com essas informações e insira argumentos que incentivem a população a descartar o lixo de modo correto e a adotar a reciclagem como uma maneira de preservar o ambiente.

FELIPE OLIVEIRA/AFP

Vista aérea de deslizamentos de solo das encostas causados pela chuva. Esses deslizamentos são provocados pelo desmatamento e pela ocupação inadequada do solo. (Salvador, BA, 2015.)

GRIGORIS SIAMIDIS/NURPHOTO/GETTY IMAGES

Fenômeno da maré vermelha. Algas microscópicas se reproduzem em grande quantidade e liberam toxinas que ameaçam os ambientes marinhos. (Grécia, 2019.)

Erosão

Processo de desagregação e arraste das partículas do solo pela água ou pelo vento. Trata-se de um processo natural, que vem alterando o relevo terrestre desde sua formação, mas a atividade humana o acelera de forma nociva, com o desmatamento e o uso e a ocupação inadequados do solo.

A erosão pode levar ao assoreamento, ou seja, ao acúmulo de materiais arrastados, normalmente pelas águas, em locais mais baixos, como rios, lagos, açudes e córregos. O assoreamento pode chegar a impedir o curso das águas e prejudicar a vida aquática.

Eutrofização

O acúmulo de nutrientes em ecossistemas aquáticos é chamado de eutrofização e pode acontecer naturalmente, embora em geral esteja associado a atividades humanas poluidoras, como o uso de fertilizantes agrícolas que acabam por atingir os lençóis freáticos, chegando até rios e mares. Esse acúmulo de nutrientes é uma condição ambiental favorável à proliferação excessiva de microrganismos aquáticos, podendo causar diversos problemas, como a turvação das águas, a diminuição do gás oxigênio dissolvido e a liberação de substâncias tóxicas.

Maré vermelha é o nome que se dá à reprodução desmedida de algas tóxicas e de coloração avermelhada, decorrente do aumento da quantidade de nutrientes disponíveis. As toxinas liberadas por essas algas representam uma ameaça ao ecossistema marinho por levar muitos seres vivos à morte. É um fenômeno natural, mas seu aumento, em termos de quantidade, intensidade e dispersão geográfica, está relacionado à poluição e ao processo de eutrofização das águas marinhas. O ser humano pode ser afetado, em especial pela ingestão de peixes ou frutos do mar contaminados, o que ocasiona problemas à saúde.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Crise climática

O clima do planeta Terra mudou várias vezes muito antes do aparecimento do ser humano. Houve épocas de temperaturas médias bem abaixo das atuais, em que grande parte do globo ficou coberta por neve e gelo, e outros períodos de temperaturas médias mais elevadas, com expansão de áreas de deserto.

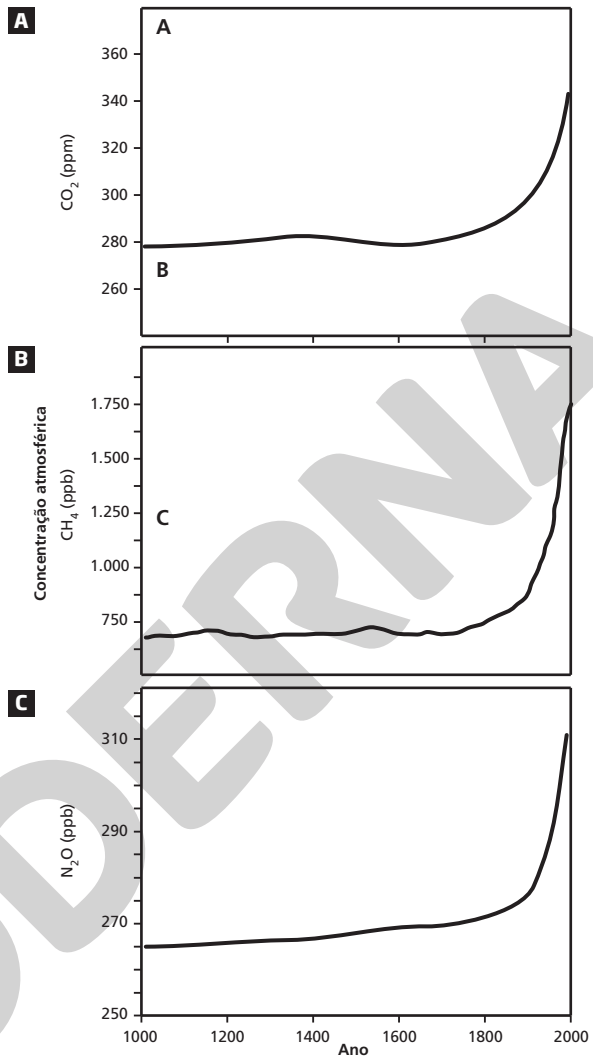
A partir da Revolução Industrial, algumas atividades humanas, principalmente a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, aumentaram significativamente as concentrações de dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4) na atmosfera. Esses gases são os principais responsáveis pelo aumento do **efeito estufa**.

O efeito estufa é um fenômeno natural causado por gases presentes na atmosfera, como CO_2 e H_2O, que retêm parte da radiação do Sol refletida pela superfície terrestre, impedindo que essa radiação seja dissipada para o espaço. Se não fosse pelo efeito estufa, a temperatura média do planeta seria até 30 °C mais baixa, em torno de –15 °C. Assim, podemos dizer que esse fenômeno é fundamental para a manutenção da vida como a conhecemos.

Por outro lado, o aumento da concentração dos gases estufa devido às ações humanas intensificou demais o efeito estufa e elevou rapidamente a temperatura média da superfície da Terra. Entre 1998 e 2018, foram registrados os dez anos mais quentes de que se tem notícia desde 1850.

A mudança na temperatura global tem desdobramentos complexos em outros aspectos do clima, como o padrão de chuvas, o movimento das massas de ar, o nível do mar e sua composição química, o degelo das calotas polares, entre outros. Muitos pesquisadores defendem o uso da expressão "crise climática" para se referir a esse fenômeno.

AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DOS GASES DE EFEITO ESTUFA



ILUSTRAÇÕES: ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL

Concentração atmosférica de (**A**) dióxido de carbono (CO_2), (**B**) metano (CH_4) e (**C**) óxido nitroso (N_2O) nos últimos mil anos. As siglas ppm e ppb significam, respectivamente, partes por milhão e partes por bilhão.

Fonte dos dados: CO_2 earth, disponível em: <https://www.co2.earth/21-co2-past>; Methane levels, disponível em: <https://www.methanelevels.org/>; N_2O levels, disponível em: <https://www.n2olevels.org>. Acessos em: 11 jul. 2020.

Diminuição da camada de ozônio

O ozônio (O_3) é um gás que forma uma fina camada na estratosfera e envolve a Terra. Essa camada representa apenas uma minúscula porcentagem dos gases presentes na atmosfera, mas exerce um papel importante na absorção de raios ultravioleta emitidos pelo Sol, que são prejudiciais aos tecidos biológicos.

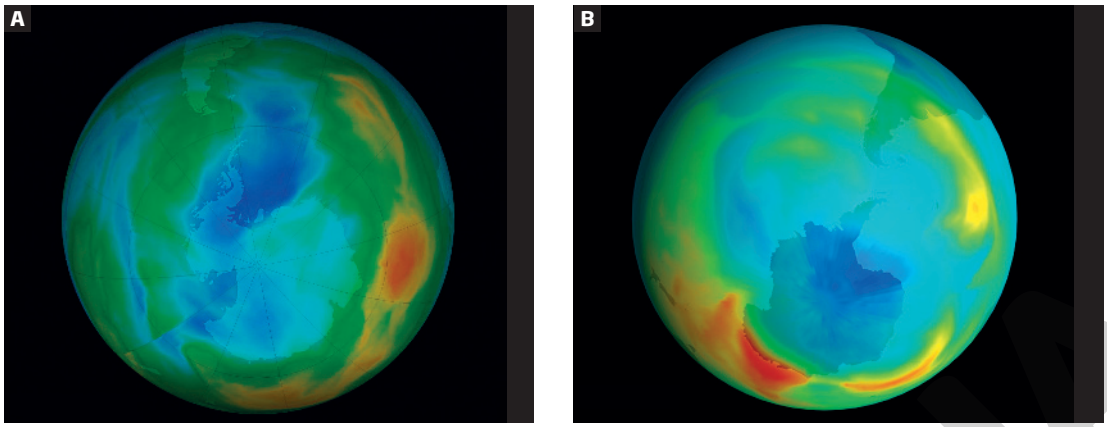
Desde a década de 1970, começou-se a observar uma diminuição considerável na espessura da camada de ozônio, principalmente sobre a Antártida. Isso se deve, em especial, à emissão de gases clorofluorcarbono, conhecidos como CFC. Na estratosfera, os raios ultravioleta decompõem esses gases, liberando gás cloro ($C\ell_2$), que, por sua vez, decompõe as moléculas de ozônio. Cada molécula de gás cloro é capaz de destruir 10 mil moléculas de ozônio.

Como medida de proteção à camada de ozônio, em 1987 foi aprovado o Tratado de Montreal, um acordo entre representantes de diversos países que se comprometeram a substituir progressivamente a produção e o consumo de elementos químicos relacionados à destruição da camada de ozônio. Em 2009, todos os países-membros da Organização das Nações Unidas (ONU) haviam ratificado o tratado. O Brasil aderiu a ele em 1990.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Essas medidas estão mostrando resultados. Estudos recentes indicam que, desde 2010, a camada de ozônio sobre a Antártida começou a se recuperar lentamente. Contudo, a recuperação total levará décadas.



GODDARD SPACE FLIGHT CENTER SCIENTIFIC VISUALIZATION STUDIO/NASA

Imagens de área com diminuição da camada de ozônio (em azul-escuro) na Antártida em 2019 (**A**) e em 1979 (**B**). Não existe de fato um "buraco" na camada de ozônio. Esse termo é usado como uma metáfora para os locais onde a concentração do gás é muito pequena.

ALEX WHITE/ALAMY/FOTOARENA

Efeito da chuva ácida sobre a vegetação. (Polônia, 2018.)

Chuva ácida

A acidez das chuvas aumentou nos últimos anos em decorrência do aumento das emissões de dióxidos de enxofre (SO_2) e de nitrogênio (NO_2) na atmosfera, originados da queima de combustíveis fósseis. Além de causarem problemas respiratórios aos seres humanos, esses gases se combinam com o vapor d'água na atmosfera e dão origem aos ácidos sulfúrico e nítrico, que se precipitam com a chuva. Nessas situações, o pH da chuva, em geral levemente ácido e em torno de 5,6, pode alcançar acidez de até 1,5, tornando-a mais ácida que suco de limão.

A chuva ácida causa a dissolução dos nutrientes do solo e a liberação de alumínio, que é tóxico para as plantas. Além disso, as folhas perdem a cor verde e podem cair, prejudicando o processo de fotossíntese. O impacto da chuva ácida também atinge a água de rios, lagos e lençóis freáticos, provocando alterações no metabolismo dos organismos aquáticos e daqueles que dependem dela. Também são afetados prédios e monumentos, especialmente os feitos de mármore.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Que tipos de impactos ambientais podem ser observados no local onde você vive? Quais deles são positivos e quais são negativos? Justifique.
2. O uso de adubos químicos solúveis na agricultura pode provocar um aumento no crescimento de algas em lagos, rios e mares. Explique por que isso acontece.

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

Em grupos, escolham um dos impactos ambientais descritos e elaborem um cartaz ou um vídeo com o intuito de divulgar para a população geral informações importantes sobre ele.

Procurem incluir recomendações sobre o modo como cada um de nós pode ajudar a combater esse problema.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Não escreva no livro.

Matriz energética

Do início do século XIX até o presente, o consumo de energia no mundo aumentou mais de 100 vezes. Captar, transformar e empregar a energia disponível na natureza têm impulsionado o desenvolvimento humano há milênios, mas os impactos socioambientais e os riscos de escassez de algumas das fontes de energia também aumentaram.

Matriz energética brasileira

O conjunto de todas as fontes de energia usadas no país compõe a matriz energética. O esquema ao lado mostra a origem de toda a energia ofertada no Brasil em 2018.

Combustíveis fósseis

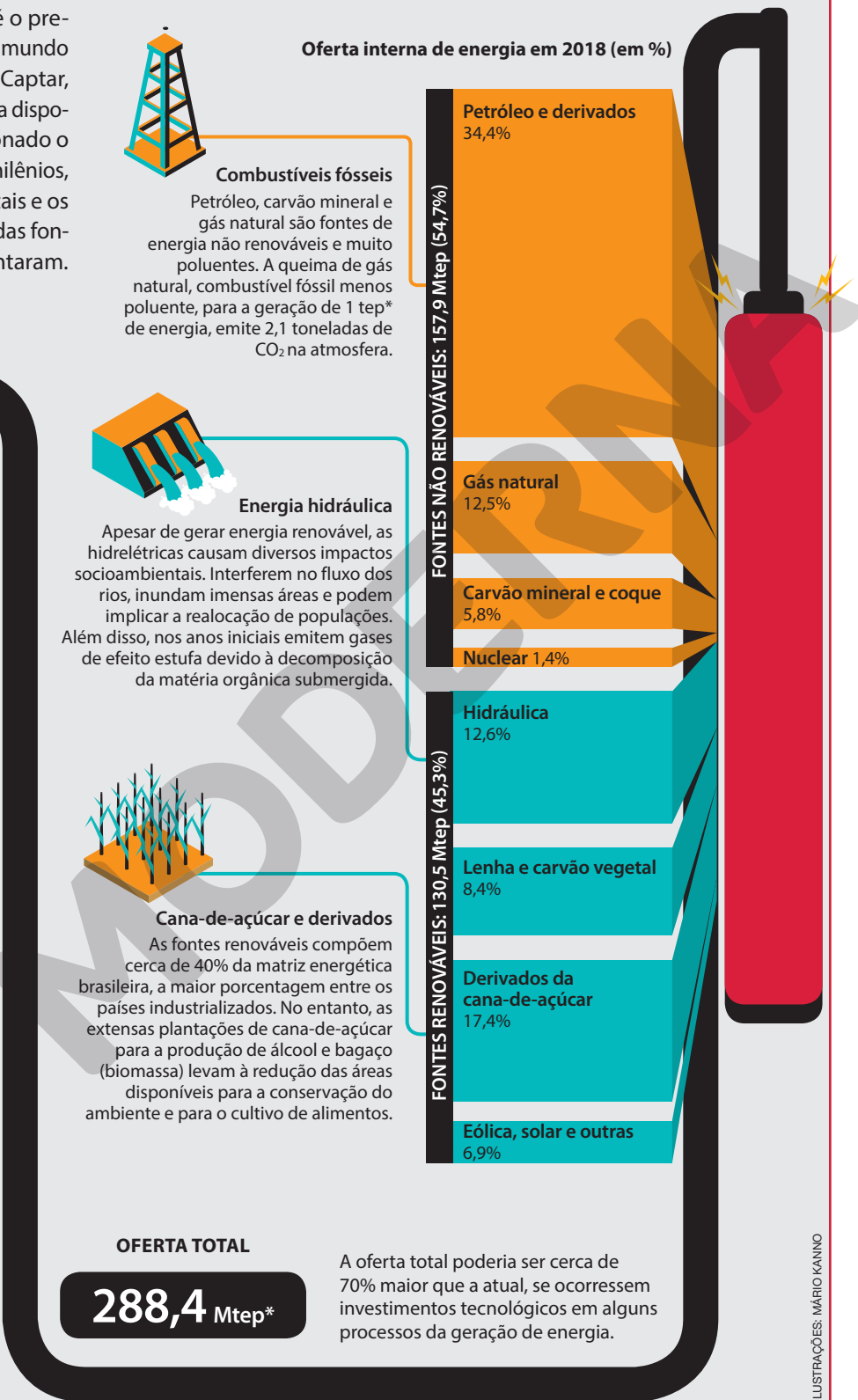
Petróleo, carvão mineral e gás natural são fontes de energia não renováveis e muito poluentes. A queima de gás natural, combustível fóssil menos poluente, para a geração de 1 tep* de energia, emite 2,1 toneladas de CO_2 na atmosfera.

Energia hidráulica

Apesar de gerar energia renovável, as hidrelétricas causam diversos impactos socioambientais. Interferem no fluxo dos rios, inundam imensas áreas e podem implicar a realocação de populações. Além disso, nos anos iniciais emitem gases de efeito estufa devido à decomposição da matéria orgânica submergida.

Cana-de-açúcar e derivados

As fontes renováveis compõem cerca de 40% da matriz energética brasileira, a maior porcentagem entre os países industrializados. No entanto, as extensas plantações de cana-de-açúcar para a produção de álcool e bagaço (biomassa) levam à redução das áreas disponíveis para a conservação do ambiente e para o cultivo de alimentos.



OFERTA TOTAL

288,4 Mtep*

A oferta total poderia ser cerca de 70% maior que a atual, se ocorressem investimentos tecnológicos em alguns processos da geração de energia.

1. A participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira está entre as maiores do mundo. Quais são as fontes renováveis que mais contribuem para essa colocação? A produção de energia por essas fontes é livre de efeitos no ambiente e/ou na sociedade? Justifique.

2. Diante do que foi visto, exponha sua opinião sobre investimentos no desenvolvimento de fontes renováveis para a geração de energia visando à substituição da parcela de fontes não renováveis.

* **tep** (tonelada equivalente de petróleo): unidade de medida de energia. Equivale a $42 \cdot 10^9$ J; 1 megatep (Mtep) = 1 milhão de tep.

Fonte: Ministério de Minas e Energia. *Resenha energética anual – Exercício de 2018*.

ILUSTRAÇÕES: MÁRIO KANNO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELO

Ecossistemas aquáticos

Explore a relação entre ecossistemas aquáticos e terrestres por meio de um levantamento dos recursos hídricos de sua região, analisando como são utilizados pela população e qual é o impacto dessas atividades no ambiente.

Aproximadamente 70% da superfície do nosso planeta é coberta por água; 97,5% dessa água é salgada, presente basicamente em mares e oceanos. Grande parte das interferências que o ser humano exerce sobre a natureza traz consequências para os ecossistemas aquáticos. Por interagirem com os ecossistemas terrestres, a importância dos ecossistemas aquáticos para a preservação ambiental é enorme.

Ecossistemas de água doce

Proveniente de lagos, rios ou águas subterrâneas pouco profundas, a água doce é utilizada pelos seres humanos nos contextos doméstico, industrial e agrícola. Os ecossistemas de água doce podem ser classificados de acordo com o grau de movimentação da água em lênticos ou lóticos.

Lagos, lagoas e represas são representantes de **ambientes lênticos**, nos quais a água é praticamente parada, com pouca ou quase nenhuma movimentação. Os organismos fotossintetizantes compreendem o fitoplâncton e as plantas aquáticas e semiaquáticas. Em geral, a temperatura da água é uniforme em virtude do vento, que mistura a água da superfície com a das camadas inferiores, promovendo também a circulação do gás oxigênio.

Ambientes lóticos são aqueles em que há muito movimento, ou seja, a água é corrente, como em riachos e rios. O movimento tem uma única direção, para a foz, e a turbulência é contínua, o que torna esses sistemas bastante dinâmicos. Em consequência da intensa movimentação, essas águas geralmente são pobres em plânctons e apresentam menor diversidade biológica que os ambientes lênticos. Os organismos fotossintetizantes são, em geral, algas fixas ao substrato. A movimentação da água aumenta a quantidade de gás oxigênio dissolvido e previne a acumulação de sedimentos e matéria orgânica.

A Lagoa Maior é uma lagoa urbana que abriga capivaras (Três Lagoas, MS, 2018) e é um exemplo de ecossistema lêntico. Esse termo provém do latim *lentus* e significa "lento" ou "imóvel".

CESAR DINIZ/PULSAR IMAGENS

LUCIANO QUEIROZ/PULSAR IMAGENS

Os ambientes lóticos são caracterizados pela água corrente. Na fotografia, corredeira do Rio das Cinzas. (Bandeirantes, PR, 2018.)

DAVID SHALE/NATURE PICTURE LIBRARY/FOTOARENA

Camarão do gênero *Rimicaris*, que vive próximo a fontes hidrotermais no mar do Caribe, a 4 km de profundidade.

Ecossistemas marinhos

Os oceanos constituem o maior ecossistema do planeta. Sua ampla variação de profundidade, podendo chegar a mais de 11 km em alguns locais, cria um gradiente de condições que se reflete na composição da fauna e da flora marinhas.

A luz só consegue penetrar até cerca de 200 m de profundidade, faixa chamada de **zona fótica**. Nela se concentram os organismos fotossintetizantes. Em locais próximos à costa, onde a disponibilidade de nutrientes é maior, a produtividade é máxima.

MODERNA

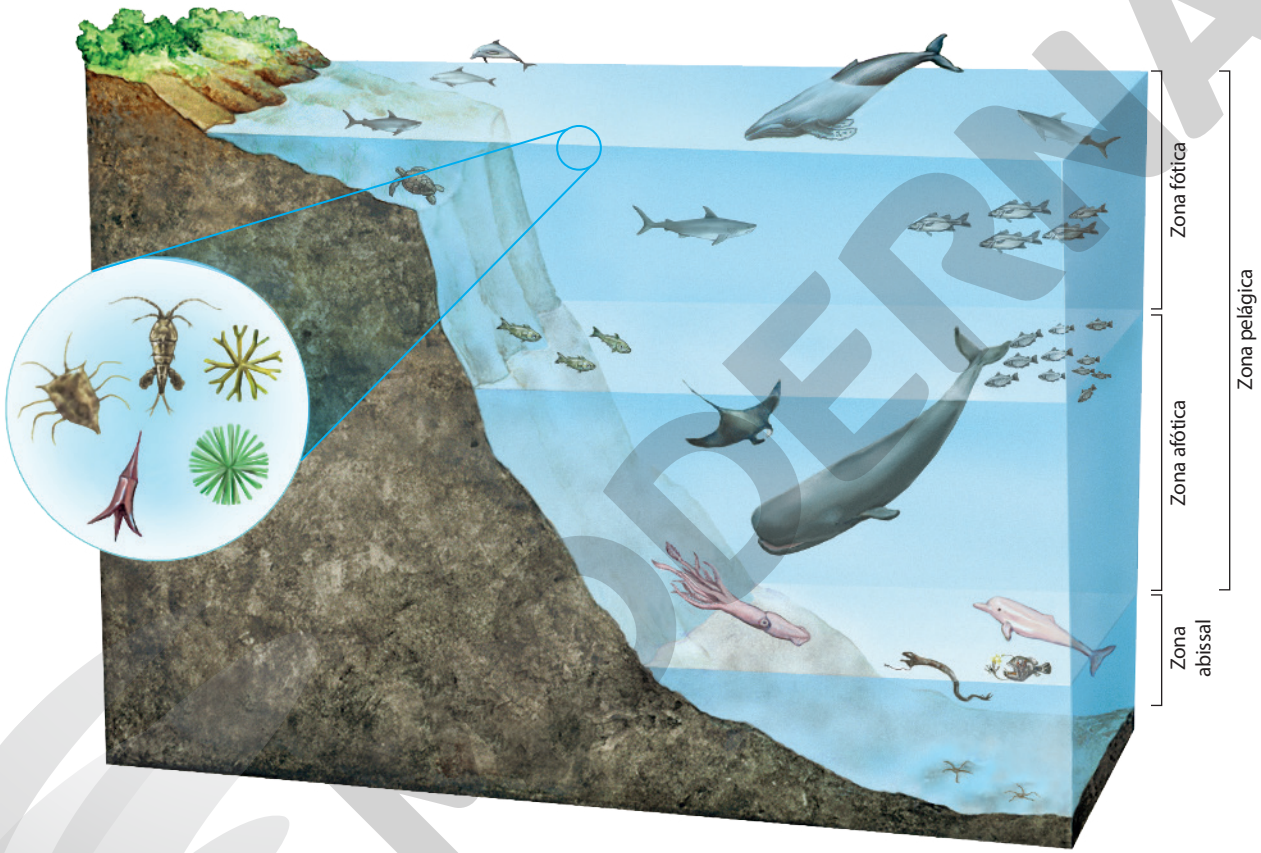
Na **zona afótica**, onde a luz não chega, prevalece a escuridão. Entre 2.000 m e 4.000 m de profundidade encontra-se um ecossistema especial: as fontes hidrotermais submarinas. Ao contrário das demais partes conhecidas da zona afótica – onde só existem heterótrofos que dependem de detritos vindos de regiões mais superficiais –, há organismos produtores: bactérias quimiossintetizantes que obtêm alimento a partir de compostos inorgânicos liberados por meio de fendas no assoalho marinho.

A **zona pelágica** corresponde à região onde vivem os organismos que não dependem do fundo marinho, isto é, da zona bentônica.

A **zona abissal** corresponde à porção mais profunda dos oceanos, a partir de 2 km de profundidade.

PRINCIPAIS ZONAS OCEÂNICAS

CECÍLIA IWASHITA



(Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: BIGGS, A. *et al*. *Biology*. Columbus: Glencoe/McGraw-Hill, 2008.

Atividades

Não escreva no livro.

1. Para a construção de ruas e avenidas, é comum que alguns rios sejam canalizados ou cobertos, o que impede a chegada de luz até eles. Como isso afeta esses ecossistemas?

2. Em grupos, pesquisem os principais métodos de pesca comercial (arrasto e espinhel) e elaborem um relatório que avalie o impacto de cada um deles no ecossistema marinho. Apresentem o relatório aos outros grupos e comparem o que descobriram.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Fique por dentro

Internet

Consumo sustentável

<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>

Manual do Ministério do Meio Ambiente sobre consumo sustentável.

PNUD

<http://www.br.undp.org/>

Site do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, com notícias sobre projetos brasileiros que visam ao desenvolvimento humano e sustentável.

Acessos em: 10 abr. 2021.

Filmes

Oceanos de plástico. Direção: Craig Leeson, Hong Kong, 2016. (102 min.)

Documentário filmado em diversas localidades, aborda as consequências da poluição plástica para os ecossistemas e para a saúde humana.

Uma verdade inconveniente. Direção: Davis Guggenheim, Estados Unidos: Paramount, 2006. (96 min.)

O filme mostra uma análise sobre o aquecimento global, apontando equívocos e possíveis soluções para os problemas relacionados ao tema.

Livros

CALDAS, S. T. *Terra sob pressão*: a vida na era do aquecimento global. São Paulo: Moderna, 2008.

Aborda os problemas causados pelo uso indiscriminado dos recursos naturais e as consequências das interferências das ações humanas no ambiente.

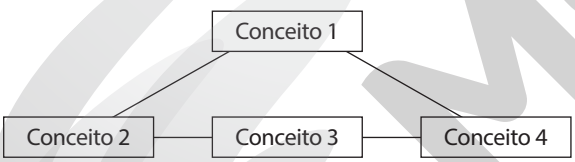
VISSER, W. *Os 50+ importantes livros em sustentabilidade*. São Paulo: Instituto Jatobá e Peirópolis, 2012.

Apresenta uma sinopse dos 50 livros mais importantes sobre sustentabilidade, com uma reflexão sobre as soluções tecnológicas e questões econômicas e políticas.

ATIVIDADES FINAIS

Não escreva no livro.

1 Organize em um diagrama, de acordo com a ordem de importância, os conceitos indicados a seguir. Use o exemplo de esquema abaixo para conectá-los, aplicando um conceito central no topo.



Poluição atmosférica. Desmatamento. Mudanças climáticas. Efeito estufa. Chuva ácida. Protocolo de Kyoto.

Leia o texto a seguir para responder às questões 2 a 4.

Uma empresa B gastava R$ 56.000,00 em média por mês para destinar seus resíduos industriais a um aterro industrial privado, que cobrava R$ 500,00 a tonelada para sua disposição. Como eram resíduos não inertes e perigosos, não havia outra alternativa senão a disposição em aterro industrial ou a incineração, que nesse caso seria mais onerosa para a empresa, haja vista o custo médio da incineração de R$ 1.700,00 a tonelada. Com a implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), a empresa passou a estar focada em meio ambiente e descobriu que, em vez de dispor esse resíduo em aterro, se ela o reciclasse seria muito mais financeiramente vantajoso e o meio ambiente também lucraria, tendo em vista que não seria mais necessário dispô-lo em aterro (no solo e perpetuamente). O resultado foi o seguinte: em vez de mandar o resíduo para um aterro industrial, houve a possibilidade técnica de um coprocessamento em forno cimenteiro, de maneira que o resíduo fosse destruído e incorporado ao cimento. Esse processo custou para a empresa R$ 200,00 a tonelada contra os R$ 500,00 iniciais do aterro. Além do extraordinário benefício econômico, o resíduo anteriormente sem utilidade encontrou seu "túmulo" sendo agregado a um produto útil, portanto passou a ser valorado.

Fonte: GRIPPI, S. *Lixo*: reciclagem e sua história. Guia para as prefeituras brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

2 Pesquise sobre o processo de incineração e responda: quais são as vantagens e desvantagens quando comparado aos aterros sanitários?

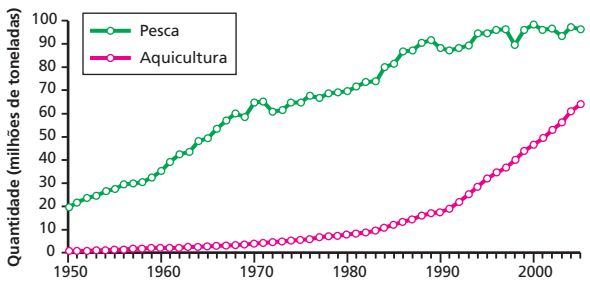
3 Qual é a vantagem dos fornos de coprocessamento de cimento em relação aos tradicionalmente usados?

MODERNA

4 Em grupos, pesquisem o que é um Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Se sua escola possui um SGA, façam uma análise dele e elaborem um texto avaliando pontos positivos e negativos. Caso a escola não possua um SGA, elaborem um texto sobre as vantagens que ela obteria ao adotar um.

Analise o gráfico abaixo e responda às questões 5 e 6.

EVOLUÇÃO DA PESCA E DA AQUICULTURA NO MUNDO



FERNANDO JOSÉ FERREIRA

Fonte dos dados: Revista *Panorama da Aquicultura*, v. 17, n. 100, 2007.

5 Que tendência é possível observar quanto à pesca nas últimas décadas apresentadas no gráfico? E quanto à aquicultura?

6 Como é possível explicar as tendências observadas no gráfico?

7 (Enem) O concreto utilizado na construção civil é um material formado por cimento misturado a areia, a brita e a água. A areia é normalmente extraída de leitos de rios e a brita, oriunda da fragmentação de rochas. Impactos ambientais gerados no uso do concreto estão associados à extração de recursos minerais e ao descarte indiscriminado desse material. Na tentativa de reverter esse quadro, foi proposta a utilização de concreto reciclado moído em substituição ao particulado rochoso graúdo na fabricação de novo concreto, obtendo um material com as mesmas propriedades que o anterior.
O benefício ambiental gerado nessa proposta é a redução do(a)

a) extração da brita.
b) extração de areia.
c) consumo de água.
d) consumo de concreto.
e) fabricação de cimento.

8 (Enem)

Algumas toneladas de medicamentos para uso humano e veterinário são produzidas por ano. Os fármacos são desenvolvidos para serem estáveis, mantendo suas propriedades químicas de forma a atender a um propósito terapêutico. Após o consumo de fármacos, parte de sua dosagem é excretada de forma inalterada, persistindo no meio ambiente. Em todo o mundo, antibióticos, hormônios, anestésicos, anti-inflamatórios, entre outros, são detectados em concentrações preocupantes no esgoto doméstico, em águas superficiais e de subsolo. Dessa forma, a ocorrência de fármacos residuais no meio ambiente pode apresentar efeitos adversos em organismos aquáticos e terrestres.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, v. 26, n. 4, ago. 2003 (adaptado).

Qual ação minimiza a permanência desses contaminantes nos recursos hídricos?

a) Utilização de esterco como fertilizante na agricultura.
b) Ampliação das redes de coleta de esgoto na zona urbana.
c) Descarte dos medicamentos fora do prazo de validade em lixões.
d) Desenvolvimento de novos processos nas estações de tratamento de efluentes.
e) Reúso dos lodos provenientes das estações de tratamento de esgoto na agricultura.

Próximos passos

Vimos neste capítulo que o planeta tem sofrido muitas alterações decorrentes da intervenção humana. Algumas das ações podem causar desequilíbrios ecológicos de consequências globais, como a intensificação do efeito estufa e a consequente crise climática.
O aumento da temperatura global tem como uma de suas consequências alterar a velocidade de reações químicas que ocorrem em alguns ambientes e organismos. Tais alterações são suficientes para afetar, por exemplo, desde o equilíbrio dos recifes de coral até a determinação do sexo de alguns répteis. Fatores que influenciam a velocidade das reações químicas, bem como os efeitos deles decorrentes, são assunto do próximo capítulo.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODELO

CAPÍTULO

6

A velocidade das transformações químicas

Professor, neste capítulo recorre-se ao uso de várias analogias. Todas elas merecem um diálogo com os estudantes, muitas vezes recorrendo a outras analogias, para que fiquem claras as semelhanças e as diferenças entre as propriedades de sistemas distintos - um do mundo macroscópico, outro do submicroscópico.

BNCC:
EM13CNT101
EM13CNT104
EM13CNT205
EM13CNT301
EM13CNT302
EM13CNT306
EM13CNT309

Para começo de conversa

Vários textos têm sido publicados sobre a importância das analogias no Ensino de Química e os riscos de compreensão.

Neste volume, você teve várias oportunidades de estudar aspectos relacionados a transformações da matéria que podem ocorrer de forma mais rápida ou mais lenta. De alguma forma eles apareceram no tratamento de temas como a maior durabilidade dos diversos tipos de plástico e a importância do descarte adequado ou da destinação que damos aos mais variados tipos de resíduos produzidos, seja em nossas casas, seja em indústrias.

Algumas vezes é desejável que a transformação da matéria ocorra de forma rápida e segura. É o caso da demolição de construções, como a da imagem a seguir, que pode ocorrer por implosão, com o uso de explosivos. Nesse processo, reações químicas que liberam grande quantidade de energia em frações de segundo podem destruir a estrutura da construção em instantes, o que, por um processo mecânico, demoraria vários dias para ser executado. No entanto, em outras situações, é interessante retardar as transformações químicas, como no caso da degradação de alimentos.

DOMINGOS PEIXOTO/AGÊNCIA O GLOBO

Implosão do antigo prédio do IBGE na Mangueira (RJ) para construção de casas populares, 2018.

Veja respostas e comentários para as atividades do capítulo no **Suplemento do Professor**.

Sempre que julgar necessário, retome conceitos como concentração em mol/L e conceitos básicos de Termoquímica (variação de entalpia).

Neste capítulo, vamos estudar como é possível controlar a velocidade de uma transformação química, fazendo com que ela ocorra mais rapidamente, como a detonação de explosivos, ou mais lentamente, por exemplo, para evitar a degradação de alimentos.

Antes de iniciar, reflita sobre os fatores que podem influenciar a velocidade desses processos e outras questões que abordaremos a seguir.

A implosão da construção destacada na imagem acima foi causada por reações químicas controladas. Qual é a importância de se controlar as transformações químicas?

Quando compramos uma carne fresca, mantida sua temperatura, de que forma ela se conserva por mais tempo íntegra: em um pedaço grande ou quando está moída? Como podemos justificar essa diferença do ponto de vista da Química?

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

APOSTILA

O conceito de velocidade de uma reação química

Professor, o termo **velocidade da reação** é comumente substituído por **taxa de reação** ou **rapidez de reação**. Muitos justificam esses usos tendo em vista que o conceito físico de velocidade implica uma grandeza vetorial, com sentido e direção. Porém, nas transformações químicas, o termo designa uma grandeza escalar, sem direção nem sentido, de modo análogo ao uso da expressão velocidade de crescimento populacional e tantas outras.

Para entender o conceito de velocidade ou taxa de uma reação, vamos partir de outra situação e fazer uma analogia.

Imagine que uma colher de açúcar seja colocada próximo de um formigueiro. Quantas formigas serão atraídas na direção da colher de açúcar? Veja abaixo como podemos registrar o número de formigas que chegam ao açúcar em certo intervalo de tempo.

Número de formigas por intervalo de tempo	
Intervalo de tempo (minutos)	**Número de formigas**
0	0
1	10
2	18
3	24
...	...

Com base nesses dados, podemos determinar a velocidade vetorial com que as formigas são atraídas para o açúcar, fazendo o cálculo do número de insetos que chegam ao açúcar num dado intervalo de tempo.

- intervalo de 0 a 1 minuto:
  $\Delta t = 1$ min
  número de formigas: 10
  $v_1 = \frac{10 \text{ formigas}}{1 \text{ min}}$
- intervalo de 1 a 2 minutos:
  $\Delta t = 1$ min
  número de formigas: 8
  $v_2 = \frac{8 \text{ formigas}}{1 \text{ min}}$
- intervalo de 2 a 3 minutos:
  $\Delta t = 1$ min
  número de formigas: 6
  $v_3 = \frac{6 \text{ formigas}}{1 \text{ min}}$

A velocidade em qualquer intervalo de tempo, genericamente representada por v_i (v_1, v_2, v_3...), corresponde à "velocidade de atração", e Δt corresponde ao intervalo de tempo referente a essa variação.

Para calcular a **velocidade média** (v_m) no intervalo de 0 a 3 minutos, temos:

$$v_m = \frac{24 \text{ formigas}}{3 \text{ min}} = \frac{8 \text{ formigas}}{1 \text{ min}}$$

Repare que, no exemplo das formigas, a velocidade com que elas são atraídas ao açúcar não é constante, tendo diminuído com o tempo: a cada minuto transcorrido, o número de formigas atraídas diminui. Isso também acontece com as partículas (moléculas, íons etc.) de um reagente, como vamos analisar adiante. Em todo caso, a comparação para por aí; por exemplo, no caso do sistema que analisaremos, os reagentes e produtos são gasosos e, como você sabe, as moléculas de uma substância no estado gasoso movimentam-se com grande velocidade e têm energia cinética muito alta, o que as distancia do exemplo das formigas. Além disso, lembre-se de que as formigas continuam sendo formigas e o açúcar continua sendo açúcar, enquanto em uma reação química isso não ocorre.

Vamos agora analisar dados experimentais obtidos para a reação química representada a seguir:

$$\underset{\substack{\text{monóxido}\\\text{de carbono}}}{CO(g)} + \underset{\substack{\text{dióxido de}\\\text{nitrogênio}\\\textbf{(castanho)}}}{NO_2(g)} \longrightarrow \underset{\substack{\text{dióxido de}\\\text{carbono}}}{CO_2(g)} + \underset{\substack{\text{óxido}\\\text{nítrico}\\\textbf{(incolor)}}}{NO(g)}$$

À medida que essa reação acontece, ocorre o descoramento gradual da mistura gasosa inicial. Isso porque, com exceção do NO_2, que é castanho, os demais gases são incolores.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Na tabela abaixo, você encontra os valores da concentração de CO(g), em mol/L – indicada por [CO] —, medidos a 400 °C; a concentração inicial de CO é igual à de NO_2 e vale 0,10 mol/L.

Concentração de CO no decorrer da reação com NO_2					
|[CO]|	0,10	0,067	0,050	0,040	0,033...
Intervalo de tempo (s)	0	10	20	30	40

Fonte: MASTERTON, W. L.; HURLEY, C. N. *Chemistry*: principles and reactions. Philadelphia: Saunders College, 1989.

Observação: Como a quantidade de cada um dos reagentes decresce com o tempo, devido à formação de produtos, a velocidade de reação em relação aos reagentes tem sinal negativo, pois a variação da quantidade de um reagente corresponde à diferença entre a sua quantidade final e a inicial. No entanto, comumente consideramos o módulo dessa variação para realizar cálculos químicos, fazendo com que a velocidade, em relação a qualquer participante da reação química, seja positiva.

Vamos calcular a variação da concentração de CO(g) (em módulo) e a velocidade dessa reação para a maioria dos intervalos de tempo:

- intervalo de 0 a 10 segundos: $\Delta t = 10$ s
  variação da concentração de CO: $|\Delta[CO]| = |0{,}067 - 0{,}10| = 0{,}033$ mol/L
  $v_{(0\text{ a }10)} = \dfrac{0{,}033 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{10 \text{ s}} = 0{,}0033 \dfrac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}} = 3{,}3 \cdot 10^{-3} \dfrac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$
- intervalo de 10 a 20 segundos: $\Delta t = 10$ s
  variação da concentração de CO: $|\Delta[CO]| = |0{,}050 - 0{,}067| = 0{,}017$ mol/L
  $v_{(10\text{ a }20)} = \dfrac{0{,}017 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{10 \text{ s}} = 0{,}0017 \dfrac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}} = 1{,}7 \cdot 10^{-3} \dfrac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$
- intervalo de 20 a 30 segundos: $\Delta t = 10$ s
  variação da concentração de CO: $|\Delta[CO]| = |0{,}040 - 0{,}050| = 0{,}010$ mol/L
  $v_{(20\text{ a }30)} = \dfrac{0{,}010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{10 \text{ s}} = 0{,}0010 \dfrac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}} = 1{,}0 \cdot 10^{-3} \dfrac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$

Como nessa reação química os coeficientes de acerto de reagentes e produtos são idênticos, a velocidade da reação, expressa em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, independe da substância, já que, para cada 1 mol de um reagente consumido, há 1 mol de outro reagente sendo consumido ou 1 mol de cada produto formado.

Podemos, então, definir velocidade média (v_m) de uma reação química por:

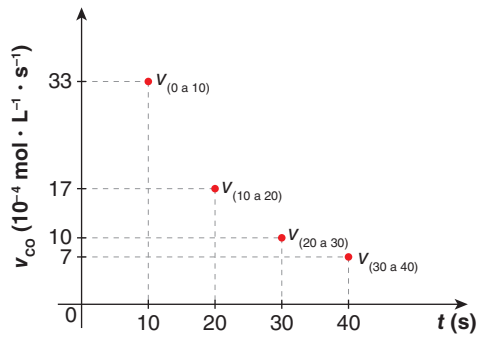
$$v_m = \frac{|\text{variação da quantidade de substância}|}{\text{intervalo de tempo}}$$

Vale destacar que, nas transformações químicas, o termo velocidade de reação designa uma grandeza escalar, sem direção nem sentido, e também é denominado rapidez da reação (taxa de rapidez), ou taxa de desenvolvimento da reação.

A velocidade média diminui com o tempo, como podemos observar no gráfico abaixo, para os valores calculados para o CO.

No exemplo analisado, todos os coeficientes de acerto são iguais. Cabe observar, porém, que, quando isso não ocorre, para fazer referência à velocidade da reação, ou se especifica a substância, ou se utiliza a que tem coeficiente de acerto 1.

VELOCIDADE DE CONSUMO DE CO EM FUNÇÃO DO TEMPO



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte: MASTERTON, W. L.; HURLEY, C. N. *Chemistry*: principles and reactions. Philadelphia: Saunders College, 1989.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atividades

Não escreva no livro.

1 A amônia (NH_3), substância importante na fabricação de adubos nitrogenados, pode ser obtida a partir de nitrogênio (N_2) e hidrogênio (H_2) gasosos. A equação química que representa esse processo é:

$$N_2(g) + 3\ H_2(g) \longrightarrow 2\ NH_3(g)$$

Com base nessa equação e em seus conhecimentos, responda: à medida que o tempo passa, o que ocorre com as quantidades dos reagentes nitrogênio (N_2) e hidrogênio (H_2)? E com a quantidade do produto?

2 Suponha que, inicialmente, haja em um balão 3 mol de N_2 e 6 mol de H_2 e, após 1 minuto, 2 mol de NH_3.

a) Quais são as quantidades iniciais ($t = 0$) de nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2) e amônia (NH_3), em mol?

b) Após 1 min, que quantidade de matéria de N_2 reagiu? E de H_2?

c) Após 1 min, que quantidade de matéria de NH_3 se formou?

d) Após 1 min, que quantidade de matéria de N_2, H_2 e NH_3 há no balão?

3 Baseando-se nos dados das atividades anteriores e na informação de que, após 2 minutos, resta no balão 1,2 mol de N_2, responda:

a) No intervalo de 1 a 2 min, que quantidade de matéria, em mol, de N_2 reagiu? E de H_2?

b) Que quantidade de matéria, em mol, de NH_3 se formou no intervalo de 1 a 2 min?

c) Após 2 min, que quantidade de matéria, de N_2, H_2 e NH_3, há no balão?

• Para responder às atividades de **4** a **7** e calcular a velocidade média de reação, em cada intervalo de tempo, considere:

$$v_m = \frac{|\text{quantidade de matéria final} - \text{quantidade de matéria inicial}|}{\text{intervalo de tempo}}$$

4 No intervalo de 0 a 1 min, qual foi a velocidade média de reação em relação a N_2, a H_2 e a NH_3, respectivamente?

5 No intervalo de 1 a 2 min, qual foi a velocidade de reação em relação a N_2, a H_2 e a NH_3, respectivamente?

6 Em qualquer intervalo, as velocidades de reação, em relação a N_2, H_2 e NH_3, são numericamente diferentes. Explique por quê.

7 O que aconteceu com a velocidade média da reação, em valor absoluto, com o decorrer do tempo?

• Para resolver as atividades a seguir, baseie-se nas seguintes informações: Inicialmente, a concentração de N_2O_5 (que está dissolvido em tetracloreto de carbono) é 1,40 mol/L; às 2 h: 0,80 mol/L; às 9 h: 0,10 mol/L.

$$N_2O_5(g) \longrightarrow 2\ NO_2(g) + \frac{1}{2}\ O_2(g)$$

pentóxido de dinitrogênio — dióxido de nitrogênio — oxigênio

8 Reproduza em seu caderno o quadro ao lado e insira as informações que faltam. Tome por base o preenchimento inicial.

9 Calcule a velocidade média da reação nos intervalos de 0 h a 1 h, de 1 h a 2 h e de 0 h a 9 h em relação a N_2O_5, NO_2 e O_2.

10 Compare as velocidades médias nos intervalos que você calculou na questão anterior. O que se pode dizer?

	$N_2O_5(g)$	$\longrightarrow$	$2\ NO_2(g)$	$+\ \frac{1}{2}\ O_2(g)$
$t = 0$	1,40 mol · L^{-1}	—	0	0
reagiu	0,32 mol · L^{-1}	formando	0,64 mol · L^{-1}	0,16 mol · L^{-1}
$t = 1$ h	1,08 mol · L^{-1}	—	0,64 mol · L^{-1}	0,16 mol · L^{-1}
reagiu		formando		
$t = 2$ h		—		

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

A teoria das colisões e as mudanças na velocidade das reações químicas

É bem provável que, em seu cotidiano, você tenha presenciado recursos utilizados para alterar a velocidade de uma reação química.

Vamos agora nos aprofundar a esse respeito.

ATIVIDADE PRÁTICA

Não escreva no livro.

Atenção

Nunca coloque os materiais de laboratório na boca ou em contato com outra parte do corpo; não os aspire. Use óculos de segurança e avental de mangas compridas. Descarte: os resíduos líquidos do experimento podem ser descartados no ralo da pia.

Alguns fatores que influenciam na velocidade de uma reação química

Objetivo

- Analisar alguns fatores que podem influenciar a velocidade com que as reações químicas ocorrem.

Materiais

- 4 recipientes (copos ou frascos) de vidro idênticos
- 1 pedaço de papel
- 4 comprimidos efervescentes idênticos
- água quente
- água gelada
- água à temperatura ambiente

Procedimento – parte 1

- Coloque água à temperatura ambiente em dois recipientes, enchendo-os até a metade.
- Triture um dos comprimidos efervescentes ainda dentro da embalagem.
- Simultaneamente, adicione o comprimido triturado em um dos recipientes com água e um outro comprimido efervescente (inteiro) no outro recipiente.
- Observe o que acontece.

Analise suas observações

1. Qual comprimido "desaparece" mais rapidamente com a água?
2. Que variável diferencia os dois procedimentos?
3. Formule uma hipótese que justifique o fenômeno observado.

Procedimento – parte 2

- Coloque água gelada em um recipiente enchendo-o até a metade, e, em outro, a mesma quantidade de água aquecida.
- Coloque um comprimido (inteiro) em cada recipiente, ao mesmo tempo.
- Observe o que acontece.

Analise suas observações

4. O que você observou?
5. A que fator você atribui a diferença entre o que se observa em um recipiente e no outro?

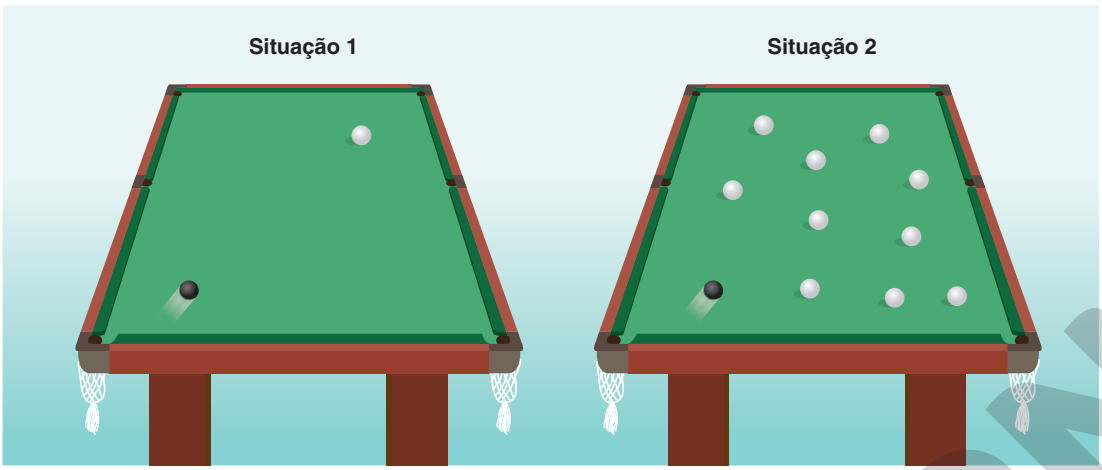
MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A teoria das colisões

Para explicar as constatações experimentais que acabamos de discutir, os estudos da Cinética Química levaram à proposição da teoria das colisões.

Vamos considerar o **fator concentração** e usar uma analogia para analisá-lo. Observe:



LUIZ RUBIO

Situação 1: mesa de bilhar com duas bolas, uma preta e uma branca. **Situação 2**: mesa de bilhar com uma bola preta e dez brancas. Em qual das duas situações será mais fácil provocar o choque de uma bola preta com uma branca? Evidentemente, na segunda situação, em que o número de bolas brancas é maior. Quanto maior o número de bolas, maior a probabilidade de choques. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Segundo a **teoria das colisões**, o que determina a velocidade de uma reação química é **a natureza e a quantidade de choques entre as partículas que estão interagindo**, o que explica a analogia feita com as bolas de bilhar.

Alguns esclarecimentos: cabe observar que, como ocorre com qualquer analogia científica, a analogia entre a colisão das bolas de bilhar e o choque de moléculas apresenta muitas limitações. Basta lembrar que o choque entre as bolas implica alteração substancial da quantidade de energia mecânica, o que não acontece no nível molecular: os choques entre moléculas não implicam perda de energia cinética e, por isso, diz-se que são perfeitamente elásticos. No caso das bolas de bilhar, o choque não fará com que elas se deformem ou se rompam, o que é bem diferente no caso de colisões moleculares, como veremos adiante.

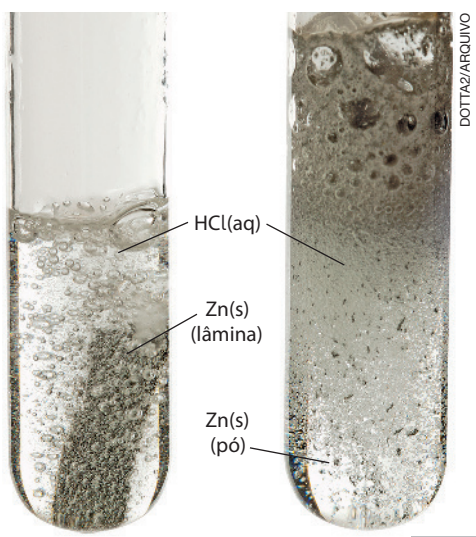
Assim, **para haver transformação química, é essencial que haja colisão entre moléculas**. Quanto maior for o número de colisões entre as partículas dos reagentes, maior será a velocidade de reação.

Quando se aumenta a concentração de um reagente, há maior frequência de choques entre as partículas (íons e/ou moléculas).

De modo geral, a velocidade de uma reação será tanto maior quanto maior for a concentração das soluções reagentes ou a superfície de contato entre as espécies que reagem. Veja a fotografia ao lado.

No caso ilustrado, a diferença no estado de divisão da amostra do sólido, o zinco (em lâmina e em pó), relaciona-se com a quantidade de bolhas de gás hidrogênio liberadas na reação de amostras equivalentes do metal com ácido clorídrico (HCl). Em qual dos tubos de ensaio podemos prever que haja maior número de colisões?

No tubo de ensaio que contém zinco em pó, o número de átomos disponíveis para se chocar com íons $H^+(aq)$ da solução de ácido clorídrico é maior quando comparado ao caso do zinco em lâmina.



DOTTA2/ARQUIVO

Zinco em lâmina, à esquerda, e em pó, à direita, reagindo com ácido clorídrico.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

No entanto, nem todos os choques entre as partículas têm como consequência a formação de novas substâncias. Por quê?

Para que uma transformação química ocorra, é necessário haver o rompimento de ligações químicas entre os átomos e a formação de novas ligações, o que requer **colisões eficazes** (ou efetivas), nas quais são indispensáveis duas condições:

- orientação favorável das moléculas em choque;
- colisão suficientemente energética.

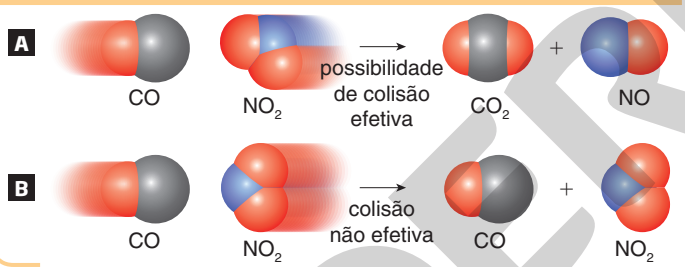
Para exemplificar, vamos considerar a reação química representada por:

$$CO(g) + NO_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + NO(g)$$

Para que a reação entre os gases monóxido de carbono (CO) e dióxido de nitrogênio (NO_2) ocorra, formando CO_2 e NO, é preciso que as moléculas do CO colidam com as de NO_2 e que os átomos estejam orientados espacialmente de modo favorável.

A seguir, a representação de duas situações de colisão entre uma molécula de CO e uma de NO_2: em **(A)**, a orientação da colisão favorece a ocorrência de um choque eficaz; em **(B)**, ao contrário, ela não favorece a formação dos produtos (CO_2 e NO).

COLISÕES ENTRE MOLÉCULAS



Representação em nível submicroscópico de duas possibilidades de colisão entre moléculas reagentes (CO e NO_2). (Fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: CHANG, R.; GOLDSBY, K. A. *Chemistry*. 12th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

Os termos **colisão** e **choque** são equivalentes; de modo análogo, os adjetivos **eficaz**, **efetivo** ou **útil**. Assim, tanto pode-se falar colisão útil ou choque eficaz, pois ambas as expressões têm o mesmo sentido.

O esquema mostra que, se o átomo de C do CO se chocar com o átomo de N da molécula de NO_2, não haverá a transformação em dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de nitrogênio (NO). Porém, a colisão do átomo de C, do CO, com o de O, do NO_2, poderá formar produtos, desde que ela seja **suficientemente energética** para romper a ligação N = O.

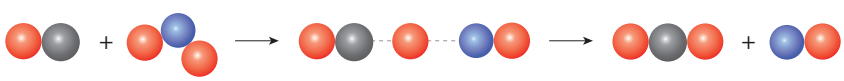
Ou seja, além da **orientação** das moléculas que se chocam, é essencial que a **energia cinética** delas seja suficiente para enfraquecer e romper as ligações que mantêm unidos os átomos na molécula do reagente. Há, portanto, um valor mínimo de energia para tal. Assim, podemos definir:

Energia de ativação (E_a) é a energia mínima necessária para que os reagentes possam se transformar em produtos.

Ao atingir a energia de ativação, os reagentes são transformados em um intermediário, altamente instável, chamado de **complexo ativado**.

Vamos retomar o exemplo considerado. A equação que representa o processo é:

$$\underset{\text{monóxido de carbono}}{CO(g)} + \underset{\text{dióxido de nitrogênio}}{NO_2(g)} \longrightarrow \underset{\text{dióxido de carbono}}{CO_2(g)} + \underset{\text{monóxido de nitrogênio}}{NO(g)}$$



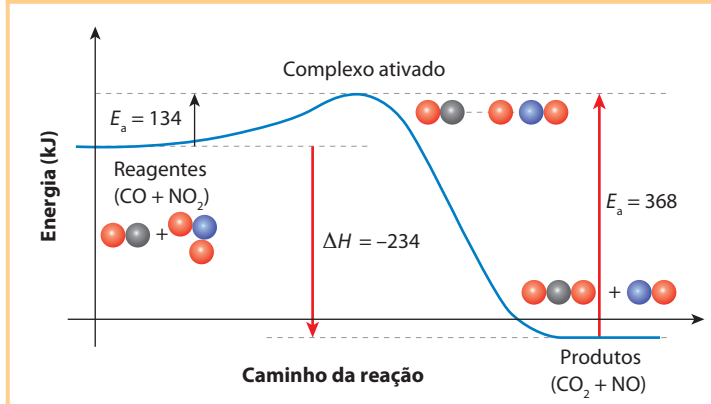
Podemos supor que uma estrutura intermediária é formada, o conjunto OC = O = NO, em que uma das ligações N = O, do NO_2, esteja enfraquecida (linha tracejada), com o O na iminência de ter sua ligação rompida na molécula NO_2 para se ligar ao C do CO.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Observe o gráfico a seguir da energia em função do **caminho da reação** – que também pode ser chamado de desenvolvimento da reação – para essa transformação.

ENTALPIA DA REAÇÃO ENTRE CO E NO_2



ERICSON GUILHERME LUCIANO

O gráfico evidencia que devem ser fornecidos ao sistema 134 kJ (energia de ativação) para que a reação se inicie.

Nota: As unidades foram convertidas do original, em kcal, para kJ.

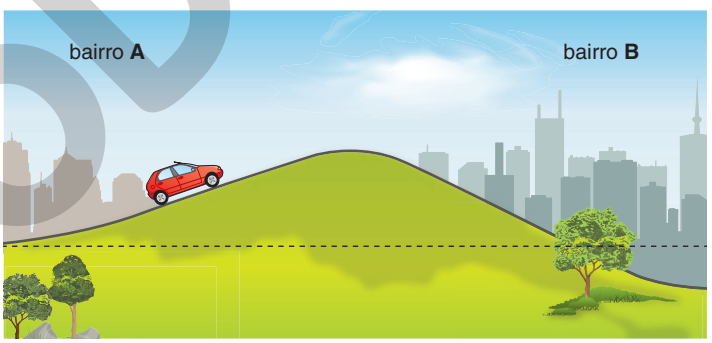
Fonte: MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J. *Química geral superior*. 4. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

O complexo ativado tem entalpia maior do que a de reagentes e produtos. A energia de ativação vale 134 kJ/mol. Apesar disso, a reação é exotérmica: libera 234 kJ para cada mol de CO(g) e NO_2(g) que reage.

Quanto maior for a energia de ativação de uma reação espontânea, menor será a velocidade da reação, já que haverá menos moléculas se chocando com energia acima desse valor mínimo. O inverso também é verdadeiro. É por isso que o aumento da temperatura eleva a energia cinética média das moléculas e, com isso, haverá maior número de moléculas se chocando com energia igual ou superior à de ativação, o que faz com que ocorram mais colisões eficazes.

Façamos uma analogia para tornar mais claros esses conceitos. Observe a figura ao lado.

Imagine que uma pessoa esteja em um bairro **A** de certa cidade e queira se dirigir ao bairro **B**, que dista poucos quilômetros do bairro **A** e está a uma altitude pouco menor que a dele. Nessa analogia, a região superior do morro (veja a ilustração) corresponderia ao complexo ativado, isto é, se não houvesse a necessidade de atingir o topo do morro (região com maior energia potencial que a dos bairros **A** e **B**), para ir de **A** até **B** bastaria descer, ou seja deslocar-se de uma região de maior energia potencial para outra de menor energia.



LUIZ RUBIO

Apesar de o local de partida (bairro **A**) corresponder a uma energia potencial maior que a do local de destino (bairro **B**), se entre esses lugares houver uma região mais alta que **A**, portanto, com energia potencial maior que a relativa a ela, isso dificultará o percurso entre os bairros **A** e **B**. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Algo semelhante ocorre com a reação analisada: nesse caso, a entalpia dos reagentes é maior que a dos produtos; ainda assim, como a entalpia do complexo ativado é superior à dos reagentes, é preciso que os reagentes ganhem energia para atingir o nível de entalpia do complexo ativado. Ou seja, mesmo nesse caso, em que a reação libera calor para o ambiente, é necessário fornecer calor aos reagentes para que a reação ocorra.

Vale lembrar que a analogia se valeu de objetos do mundo macroscópico, que são, em todos os sentidos, bem diferentes da perspectiva submicroscópica das moléculas. Além disso, aqui consideramos apenas um objeto, o automóvel, e, no caso das moléculas, ao menos duas delas terão de se chocar para que se atinja a energia do complexo ativado. Com o exemplo, pretende-se apenas que você reflita sobre o que há em comum entre o percurso do automóvel e a energia de reagentes ao se transformarem em produtos.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

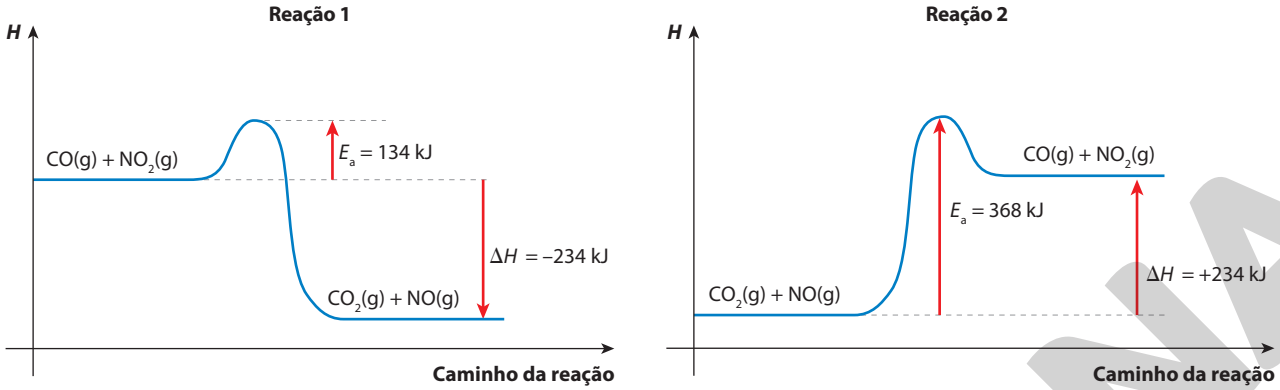
Considere uma reação química **1**, exotérmica, e sua inversa, reação química **2**, endotérmica.

O que se pode deduzir quanto à velocidade e quanto ao valor da energia de ativação da reação **2**, se comparados aos da reação **1**?

Compare os dois gráficos a seguir:

DIAGRAMAS DE ENTALPIA DA REAÇÃO ENTRE CO(g) E NO_2(g)

ERICSON GUILHERME LUCIANO



(1) $CO(g) + NO_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + NO(g)$ $\Delta H = -234$ kJ
$E_a = 134$ kJ **Exotérmica**

(2) $CO_2(g) + NO(g) \longrightarrow CO(g) + NO_2(g)$ $\Delta H = +234$ kJ
$E_a = 368$ kJ **Endotérmica**

Fonte: MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J. *Química geral superior*. 4. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

Observando os diagramas, podemos concluir então que, nesse caso, a reação endotérmica é mais lenta do que sua inversa, a exotérmica, dado que sua energia de ativação é maior quando comparada a essa última.

Atividades

Não escreva no livro.

1 Com base no que estudamos sobre velocidade de reação, explique a razão de:

a) uma carne no *freezer* poder ser conservada por um tempo maior do que no congelador de uma geladeira e por muito mais tempo do que se estivesse a 20 °C;

b) se utilizar panela de pressão, em vez de panela comum, para ganhar tempo no preparo de alimentos.

2 Por que a velocidade média da reação de decomposição do N_2O_5 (analisada nas atividades da página 131) diminui com o passar do tempo?

3 Considere a equação química:

$N_2(g) + 3\ H_2(g) \longrightarrow 2\ NH_3(g)$ $\Delta H = -92$ kJ

Ela representa a reação de síntese da amônia, cuja energia de ativação é 668 kJ/mol.

a) Represente essa reação em um diagrama de entalpia, com *H* em função do caminho da reação, indicando o complexo ativado e a energia de ativação necessária para que essa reação ocorra.

b) Faça o mesmo que no item **a** para a reação inversa, de decomposição da amônia.

c) Qual dessas duas reações tem maior energia de ativação?

d) Qual das reações deve ocorrer com maior velocidade?

4 Duas moléculas de dois reagentes gasosos chocam-se com energia superior à energia de ativação. Podemos, com certeza, afirmar que elas se transformarão em produto? Por quê?

5 O gás metano (CH_4), produzido na degradação do lixo orgânico, é uma substância combustível. Esse gás, assim como outros combustíveis, requer que uma chama ou faísca inicie sua queima. No entanto, em minas de carvão, infelizmente é comum ocorrerem explosões e desmoronamentos causados por essa combustão. Elabore uma possível explicação para esse fenômeno.

MODERNA

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Não escreva no livro.

Quente ou frio?

Assim como os demais mamíferos, nós, seres humanos, somos animais cuja temperatura se mantém praticamente constante independentemente da temperatura do local onde nos encontramos.

Todas as reações do complexo bioquímico representado por nosso organismo, como as envolvidas na respiração e na digestão, ocorrem nessa temperatura, que é de cerca de 36,7 °C.

O responsável por manter nossos órgãos internos a essa temperatura é o hipotálamo, parte do cérebro que funciona como um termostato. A temperatura é mantida por meio do equilíbrio entre o calor obtido do processo metabólico dos tecidos internos e o calor perdido pelos órgãos periféricos (pele, glândulas sudoríferas etc.).

Embora a temperatura ideal do organismo humano varie entre 36 °C e 36,7 °C, especialistas afirmam que, em condições saudáveis, é possível nossa temperatura atingir até 1 grau acima desse intervalo; temperaturas acima desse limite já caracterizam a febre.

Mas o que é a febre? Apesar de causar mal-estar e de, em certos casos, representar riscos, ela não é uma doença; trata-se de um sintoma, uma forma de resposta do organismo a algo que não funciona bem nele, que pode ser um problema causado por agente externo, como um vírus, ou um processo inflamatório em um órgão interno, por exemplo.

Quando estamos com febre, todas as reações químicas que ocorrem em nosso organismo passam a ter um aumento de velocidade. Uma elevação em 1 °C ou 2 °C na temperatura faz com que elas se acelerem consideravelmente. Com o aumento da temperatura corporal, o metabolismo se acelera, produzindo mais calor. Nesse processo, o ritmo respiratório aumenta, pois a demanda por oxigênio passa a ser maior. Com isso, perdemos mais água, comprometendo o sistema circulatório, o que torna mais difícil a eliminação de calor pela pele. Acima de 41,5 °C, as funções celulares ficam muito prejudicadas, e o indivíduo perde a consciência; por isso, febres altas podem ser fatais.

De modo análogo, a queda de temperatura também é prejudicial, já que reduz a atividade metabólica do organismo. Se, em caso de febre, nosso organismo consome mais oxigênio, quando a temperatura fica abaixo do normal, ocorre o inverso: a demanda por O_2 é reduzida.

Em certas cirurgias cardíacas, nas quais é necessário reduzir a chegada de O_2 ao cérebro do paciente por certo tempo, é comum os médicos utilizarem procedimentos para baixar a temperatura do corpo. Com isso, o cérebro recebe quantidade menor de oxigênio sem ser afetado – ao contrário, na temperatura normal, a falta de O_2 no cérebro por mais de 5 minutos causa danos irreversíveis ao organismo.

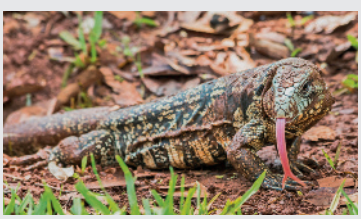
Para responder às perguntas, baseie-se no seguinte:

Considere dois grupos de animais:

- grupo **A**: peixe, rã, lagartixa, lagarto;
- grupo **B**: cachorro, gato, ser humano, chimpanzé.

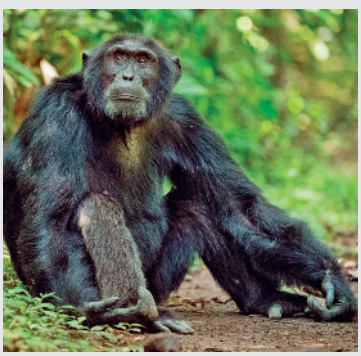
Se, em um dia frio, encostarmos a mão em qualquer animal do grupo **A** e, em seguida, em qualquer animal do grupo **B**, teremos sensações térmicas opostas. Um grupo de animais corresponde aos **ectotérmicos** e o outro, aos **endotérmicos**.

GRAHAM PRENTICE/ALAMY/FOTOARENA



Lagarto (*Salvator merianae*), apresenta cerca de 40 cm de corpo. Cataratas do Iguaçu, Argentina, 2014.

ARIADNE VAN ZANDBERGEN/ALAMY/FOTOARENA



Chimpanzé (*Pan troglodytes*), pode atingir 1,7 m de altura. Parque Nacional da Floresta Kibale, Uganda, 2018.

1. Enquanto os animais do grupo ao qual pertencemos mantêm a temperatura constante, independentemente do meio onde se encontram, os do outro grupo não o fazem. Deduza então qual é o significado do termo **ectotérmico**.
2. Quando encostamos a mão em um animal do grupo **A**, temos a sensação de frio. Por quê?
3. Em visita ao zoológico em um dia frio, podemos ver que jacarés e crocodilos tendem a ficar muito tempo parados, dormindo ou se movimentando muito vagarosamente. Redija uma explicação que relacione essa observação ao que você estudou. Em seguida, sob orientação do professor, socialize-a para seus colegas de sala.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Fatores que influenciam na velocidade de uma reação

Agora vamos analisar os fatores que podem ser alterados visando tornar uma reação química mais rápida ou mais lenta.

Temperatura

A relação entre o aumento da temperatura e o aumento da velocidade das reações químicas faz parte do conhecimento **empírico** – aquele é baseado na experiência e na observação – da humanidade há séculos.

Mesmo antes de ter o conhecimento formal do conceito de reação química ou de velocidade de reação, a humanidade já se valia do fogo produzido em reações de combustão para cozinhar seus alimentos e construir objetos de importância para o cotidiano da época; há cerca de 4 mil anos, os chineses conseguiram obter o ferro com base em seu minério, recorrendo ao calor produzido na queima da madeira.

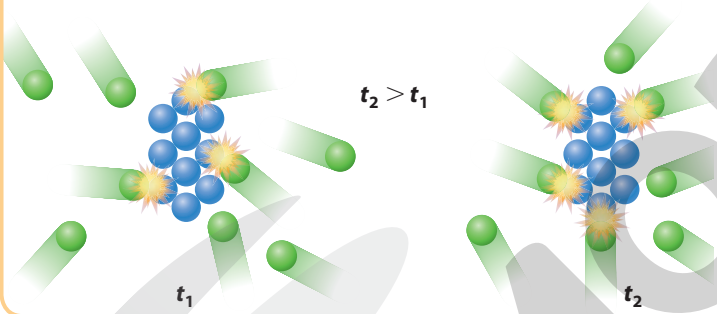
No século XIX, o importante químico holandês Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911), tentando estabelecer uma relação matemática entre temperatura e velocidade de reação com base nos experimentos que fez, sugeriu que um aumento de 10 °C na temperatura de um sistema provoca a duplicação da velocidade da reação.

Essa regra empírica é muito aproximada e tem muitas exceções. Porém, van't Hoff deixou claro que variações de temperatura têm influência significativa na velocidade das reações químicas.

Como estudamos, segundo a teoria das colisões, para que duas moléculas interajam e sofram uma transformação química, é preciso que haja colisão orientada e suficientemente energética (igual ou superior à energia de ativação).

COLISÕES ENTRE PARTÍCULAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS

ADILSON SECCO



À temperatura $t_2 > t_1$, é maior a probabilidade de ocorrência de colisões eficazes entre as partículas. (Ilustração produzida para este conteúdo.) (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

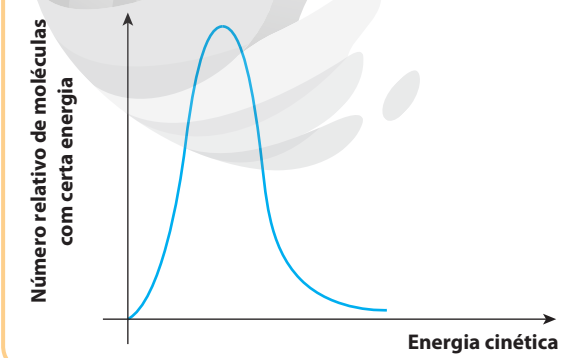
O aumento da temperatura faz com que a velocidade das moléculas aumente. Consequentemente, a energia cinética média também aumentará e, com isso, haverá maior probabilidade de as moléculas se chocarem com energia suficiente para provocar uma transformação química, o que é representado ao lado.

Por meio de experimentos simples, como os sugeridos na seção **Atividade prática**, é possível perceber que há relação entre a temperatura e a velocidade de uma reação química tanto nos sistemas homogêneos quanto nos heterogêneos. Pode-se afirmar que **aumentar a temperatura de um sistema implica aumentar a velocidade de reação**:

maior temperatura ⟶ maior velocidade de reação

DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA CINÉTICA DE UM GRUPO DE MOLÉCULAS

ERICSON GUILHERME LUCIANO



Fonte: ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

Em qualquer amostra de uma substância reagente, há um grande número de partículas (ou moléculas), as quais podem ter energias cinéticas diferentes.

Vamos analisar a curva de distribuição de energia representada no gráfico ao lado.

Para que você possa compreender o significado deste gráfico, nas atividades da página seguinte vamos fazer uma analogia com uma situação que você conhece bem: as notas obtidas pelos alunos de uma escola.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Atividades

Não escreva no livro.

Considere o rendimento escolar de um mesmo grupo de alunos em dois anos consecutivos, 2020 e 2021.

O rendimento corresponde aos primeiros bimestres do 1º ano (2020) e do 2º ano (2021). Observe o quadro ao lado.

Número de alunos		
Nota	1º ano (2020)	2º ano (2021)
0,0 – 1,0	2	1
1,1 – 2,0	10	4
2,1 – 3,0	34	14
3,1 – 4,0	68	25
4,1 – 5,0	100	45
5,1 – 6,0	68	62
6,1 – 7,0	34	64
7,1 – 8,0	10	60
8,1 – 9,0	0	40
9,1 – 10,0	0	11
	Total: 326	Total: 326

Você pode interpretar esse quadro da seguinte forma:

- dois alunos tiraram nota entre 0,0 e 1,0 em 2020; já em 2021, somente um aluno obteve nota no mesmo intervalo;
- dez alunos obtiveram nota entre 1,1 e 2,0, em 2020, e somente quatro, em 2021;
- e assim por diante.

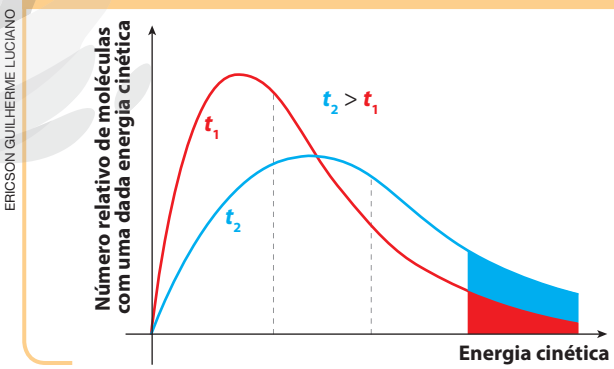
1. Em um papel milimetrado ou quadriculado, represente, por meio de gráfico de barras, o número de alunos × nota para os dois anos (use cores diferentes de lápis). Pelos pontos médios das barras, faça curvas correspondentes às duas situações.
2. Em termos gerais, do 1º ano para o 2º, o que ocorreu com o rendimento do grupo?
3. Por que a curva do 2º ano ficou mais achatada? Para que lado ela se deslocou?
4. Contando os quadrinhos da área quadriculada de ambas as curvas, explique por que o rendimento médio da turma melhora e a curva traçada necessariamente se achata.
5. Suponha que a nota considerada satisfatória (a média mínima) seja 6,0. Indique-a no gráfico e explique como ele nos fornece a informação de que no 2º ano há mais alunos acima da média.

Se considerada a energia cinética média de suas moléculas, o aumento da temperatura de um sistema em reação tem efeito semelhante ao "achatamento" e deslocamento da curva de número de alunos com certa nota em razão da melhoria do rendimento da classe de um ano para outro.

Agora voltemos às curvas de distribuição de energia cinética das moléculas, comparando duas temperaturas diferentes.

Quando a temperatura aumenta, há mais moléculas com energia cinética maior. Com isso, a curva de distribuição se desloca para a direita. Assim, quanto maior a temperatura, maior o número de moléculas com energia cinética superior à energia de ativação.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA CINÉTICA DE UM GRUPO DE MOLÉCULAS EM DUAS TEMPERATURAS DISTINTAS



ERICSON GUILHERME LUCIANO

À temperatura t_2, há mais moléculas com energia superior à de ativação do que na temperatura t_1.
t_1: temperatura mais baixa
t_2: temperatura mais alta

Fonte: ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Quanto maior for a energia de ativação de uma reação química, mais sua velocidade será afetada pelo aumento de temperatura. Por exemplo, as reações envolvidas no cozimento dos alimentos têm uma alta energia de ativação. Por isso, panelas de pressão, que permitem que sejam atingidas temperaturas mais altas, são capazes de tornar o cozimento mais rápido.

Dessa forma, podemos dizer que:

maior número de moléculas em temperatura elevada → energia cinética média igual ou superior à energia de ativação → maior número de colisões efetivas → maior velocidade de reação

Concentração

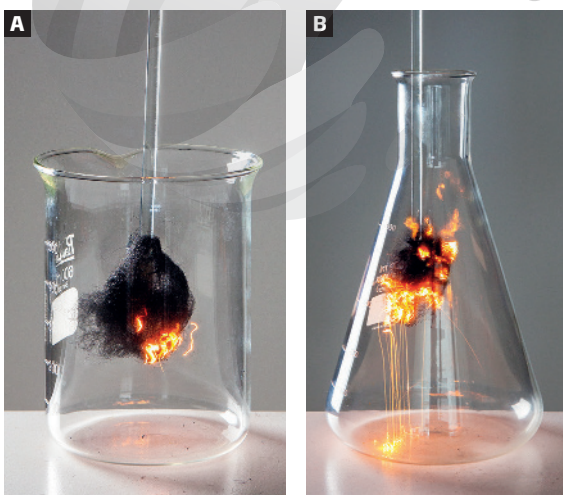
Nas atividades a seguir, vamos novamente pensar em um conceito químico com base em fatos que você conhece.

Atividades

Não escreva no livro.

- Baseie-se no texto a seguir para responder às questões.
  Em nosso dia a dia, podemos observar que combustíveis como o etanol, a gasolina e o éter podem ficar expostos ao oxigênio do ar sem que haja combustão. No entanto, em hospitais, o risco de incêndio representado por essas substâncias é grande, por isso algumas medidas preventivas são adotadas. Por exemplo, em centros cirúrgicos, o assoalho é coberto por materiais que isolam a eletricidade, e há um cuidado especial em reparar fios defeituosos que possam produzir faíscas; além disso, em certas dependências de um hospital é proibido lidar com fogo. Por que na atmosfera hospitalar o risco de incêndio é maior do que em outros ambientes também repletos de combustível, como postos de gasolina, por exemplo? A resposta está na outra substância que participa das combustões.

1. Qual é o gás, presente no ar, que propicia a queima dos combustíveis?
2. Por que a reação entre um combustível e o O_2, apesar de espontânea, pode não ocorrer?
3. Uma faísca elétrica ou uma brasa podem fazer uma reação acontecer rapidamente. Explique que papel elas têm.
4. Considere um local em que uma pessoa com dificuldades respiratórias recebe gás oxigênio de um balão. Por que nesse local há maior risco de ocorrerem reações de combustão mais violentas do que em outro local? Em relação ao comburente, que diferença explica a maior velocidade de combustão no hospital?



FOTOS: DOTTA2/ARQUIVO

Observe ao lado as imagens da reação de combustão de um pedaço de palha de aço em atmosferas com diferentes concentrações de oxigênio, $O_2(g)$.

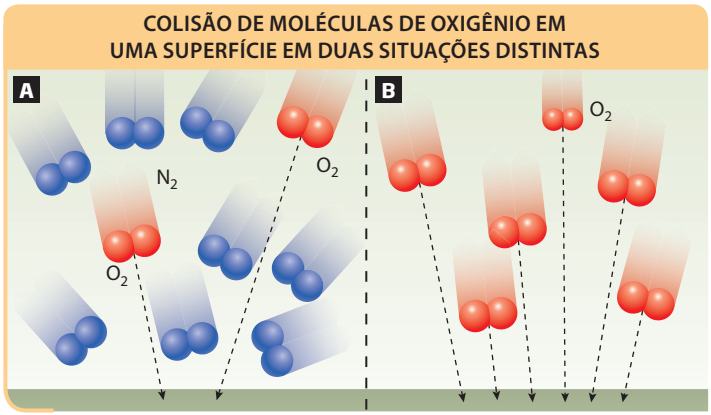
A partir dessas imagens, podemos chegar à conclusão de que, no ar atmosférico, a velocidade da combustão da palha de aço é menor do que no recipiente em que há atmosfera rica em O_2, pois a concentração do O_2 na atmosfera normal é menor. De modo geral, nos recipientes que contêm oxigênio, $O_2(g)$, em concentração maior do que no ar, tem-se também maior probabilidade de choques entre as moléculas de O_2 e os átomos do ferro da palha de aço.

Combustão de um pedaço de palha de aço em atmosferas com concentrações diferentes de O_2. Em (**A**), a queima ocorre em atmosfera com menor concentração de oxigênio e em (**B**), em atmosfera rica em oxigênio.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

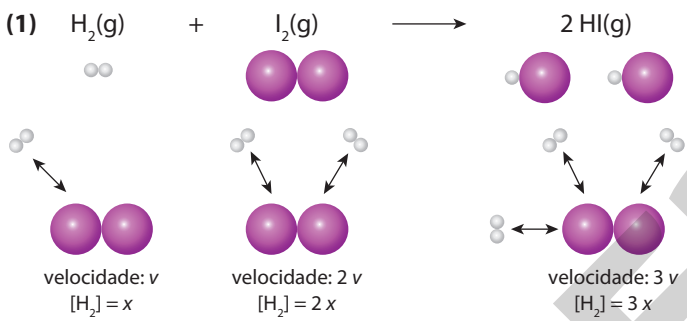
MODERNA

Vamos analisar o fator concentração à luz da teoria das colisões. Observe a representação a seguir.



Em (**A**) estão representadas as colisões de moléculas de oxigênio em mistura aos demais componentes do ar (considerados apenas os principais – nitrogênio e oxigênio) com uma superfície com a qual reage. Em (**B**), estão representadas as colisões de moléculas de apenas um reagente, o oxigênio, com um combustível sólido. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Agora, vamos analisar o efeito da concentração dos reagentes em um sistema homogêneo. Por exemplo:

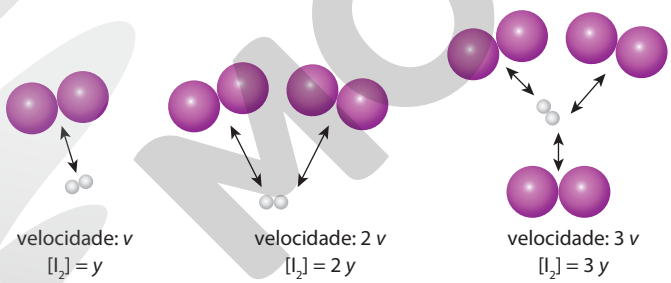


Representação esquemática da influência da concentração de hidrogênio na velocidade da reação entre hidrogênio e iodo, ambos gasosos. (Fora de proporção; cores fantasia.)

A frequência de choques efetivos é proporcional à concentração de H_2 gasoso. A velocidade dessa reação é diretamente proporcional à concentração em mol/L de $H_2(g)$, mantidas as demais condições constantes (temperatura e concentração de I_2 gasoso).

$$v_1 \alpha [H_2]$$

(α significa "diretamente proporcional")



Representação esquemática da influência da concentração de iodo na velocidade da reação, da mesma forma que a concentração de hidrogênio. (Fora de proporção; cores fantasia.)

A frequência de choques efetivos é proporcional à concentração de I_2.

Analogamente, a velocidade dessa reação é diretamente proporcional à concentração em mol/L do $I_2(g)$, mantidas as demais condições constantes (temperatura e concentração de H_2 gasoso).

$$v_1 \alpha [I_2]$$

A velocidade dessa reação será também proporcional ao produto das concentrações em mol/L de $[H_2]$ e $[I_2]$:

$$v_1 \alpha [H_2] \cdot [I_2]$$

$$v_1 = k_1 \cdot [H_2] \cdot [I_2]$$

k_1 é a constante de velocidade. Essa constante depende da reação e da temperatura do sistema.

(**2**) $2\,HI(g) \longrightarrow H_2(g) + I_2(g)$

iodeto de hidrogênio — hidrogênio — iodo

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Verifica-se que a velocidade da reação inversa à síntese do HI é diretamente proporcional ao quadrado da concentração em mol/L de HI:

$$v_2 = k_2 \cdot [HI]^2$$

No caso, k_2 é a constante de velocidade da decomposição do HI em dada temperatura.

Para uma reação química que acontece em um sistema heterogêneo, **a quantidade de sólido não influencia na velocidade da reação**, embora a superfície de contato influencie. Por isso, é a concentração dos participantes da fase líquida ou da gasosa que aparece na expressão da velocidade da reação.

Relação entre a velocidade de uma reação e a concentração dos reagentes

Com base no exemplo analisado, talvez você acredite ser possível estabelecer uma equação genérica que expresse a velocidade de uma reação química em função da concentração de seus reagentes. Vários cientistas ao longo do tempo tentaram estabelecer esse tipo de relação; no entanto, a lei que relaciona velocidade instantânea com concentração só pode ser determinada experimentalmente.

Os dados de velocidade da reação abaixo equacionada foram obtidos em diversos experimentos, nos quais, a cada vez, variou-se a concentração de apenas um dos reagentes, mantendo-se as demais variáveis – temperatura e concentração dos demais reagentes – constantes.

$$\underset{\text{íons persulfato}}{S_2O_8^{2-}(aq)} + \underset{\text{íons iodeto}}{2\,I^-(aq)} \longrightarrow \underset{\text{íons sulfato}}{2\,SO_4^{2-}(aq)} + \underset{\text{iodo}}{I_2(aq)}$$

Experimento	$[S_2O_8^{2-}]$ $(mol \cdot L^{-1})$	$[I^-]$ $(mol \cdot L^{-1})$	Velocidade inicial $(mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1})$
1	0,080	0,034	$2{,}2 \cdot 10^{-4}$
2	0,080	0,017	$1{,}1 \cdot 10^{-4}$
3	0,160	0,017	$2{,}2 \cdot 10^{-4}$

Fonte: CHANG, R.; GOLDSBY, K. *Chemistry*. 12th. ed. New York: McGraw-Hill, 2016.

Repare que o que variou entre os experimentos **1** e **2** foi a concentração de íons iodeto. Ela foi reduzida à metade – passou de 0,034 $mol \cdot L^{-1}$ para 0,017 $mol \cdot L^{-1}$. E o que ocorreu com a velocidade dessa reação? Também foi reduzida à metade, passando de $2{,}2 \cdot 10^{-4}$ $mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$ para $1{,}1 \cdot 10^{-4}$ $mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$. Ou seja, a velocidade da reação é diretamente proporcional à concentração de iodeto, elevada à primeira potência.

Fato semelhante ocorreu com o $S_2O_8^{2-}$, o que se percebe comparando os experimentos **2** e **3**: dobrando-se a concentração de $S_2O_8^{2-}$, a velocidade da reação também dobrou. Portanto, a velocidade da reação também é proporcional à concentração de $S_2O_8^{2-}$, elevada à primeira potência.

Com isso, pode-se deduzir que a lei da velocidade dessa reação é:

$$v = k \cdot [S_2O_8^{2-}] \cdot [I^-]$$

em que k é uma constante que depende da **natureza da reação** e **da temperatura** na qual ela é realizada.

Há reações em que a concentração de alguns reagentes aparece elevada ao quadrado, ao cubo ou até mesmo a zero, no caso de um reagente cuja concentração não interfira na velocidade da reação (você sabe que qualquer número elevado a zero é igual a 1).

Baseados nesses dados experimentais, os cientistas deduzem por qual percurso os reagentes se transformam em produtos, ou seja, por qual mecanismo a reação acontece.

Foge ao nosso objetivo aprofundarmo-nos nas deduções sobre os diversos mecanismos de reação. De qualquer forma, podemos dizer que há etapas de um processo químico que são lentas e outras, rápidas. Vamos estudar, a seguir, o mecanismo das reações químicas.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Mecanismo de uma reação química

Analise atentamente as reações químicas representadas a seguir:

(1) $CO(g) + NO_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + NO(g)$

monóxido de carbono; dióxido de nitrogênio; dióxido de carbono; monóxido de nitrogênio

(2) $5\,Fe^{2+}(aq) + MnO_4^-(aq) + 8\,H^+ \longrightarrow 5\,Fe^{3+}(aq) + Mn^{2+}(aq) + 4\,H_2O(l)$

íons ferro(II); íon permanganato; íons hidrogênio; íons ferro(III); íon manganês; água

Os coeficientes de acerto da equação (**1**) podem nos "sugerir" que uma molécula de CO(g) deve colidir com uma molécula de $NO_2(g)$ para que origine uma molécula de cada um dos produtos. Por raciocínio semelhante, a equação (**2**) nos leva a supor que deveria ocorrer o choque simultâneo de 5 íons Fe^{2+}, 1 íon MnO_4^- e 8 íons H^+, o que, convenhamos, é altamente improvável que aconteça.

Na realidade, qualquer reação química complexa que ocorra a uma velocidade razoável é a soma de uma série de processos mais simples chamados **etapas de reação**.

Chamamos de **mecanismo de reação** o conjunto de etapas segundo as quais os reagentes interagem para originar os produtos.

Considere o exemplo:

$NO_2(g) + CO(g) \longrightarrow NO(g) + CO_2(g)$

dióxido de nitrogênio; monóxido de carbono; monóxido de nitrogênio; dióxido de carbono

Examinando a equação, poderíamos supor que fosse válida a expressão:

$$v = k \cdot [NO_2] \cdot [CO]$$

No entanto, experimentalmente, verifica-se que, se a concentração de $NO_2(g)$ dobrar, mantidas a concentração de CO e a temperatura, a velocidade quadruplicará. Além disso, a velocidade independe da concentração de CO, o que pode ser mais bem entendido com as tabelas que expressam resultados experimentais:

$[NO_2]$	[CO]	Velocidade de reação (*T* constante)
x	y	v
$2x$	y	$4v$

$[NO_2]$	[CO]	Velocidade de reação (*T* constante)
x	y	v
x	$2y$	v

A que modelo recorreram os cientistas para explicar esses dados experimentais? Eles propuseram um mecanismo de reação em duas etapas:

(1) Etapa lenta: $2\,NO_2(g) \longrightarrow NO_3(g) + NO(g)$

dióxido de nitrogênio; trióxido de nitrogênio; monóxido de nitrogênio

(2) Etapa rápida: $NO_3(g) + CO(g) \longrightarrow NO_2(g) + CO_2(g)$

trióxido de nitrogênio; monóxido de carbono; dióxido de nitrogênio; dióxido de carbono

Equação "soma": $NO_2(g) + CO(g) \longrightarrow NO(g) + CO_2(g)$

dióxido de nitrogênio; monóxido de carbono; monóxido de nitrogênio; dióxido de carbono

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Mas o que significa dizer que a etapa (**1**) é mais lenta do que a (**2**)?

Suponha a seguinte situação: um esportista tem o desafio de realizar um conjunto de duas atividades em um tempo inferior ao obtido por outro esportista, que as realizou um mês antes. Em primeiro lugar, ele deve escalar uma montanha; depois, deve saltar do topo dessa montanha, voltando ao ponto de partida (veja as fotografias).

FOTOS: ASHLEY COOPER PICS/ALAMY/FOTOARENA

Escalar a montanha (**A**). Saltar (**B**). O equipamento usado para o salto chama-se *wingsuit* ("traje para voar"). Chamonix-Mont-Blanc, França, 2014.

Agora reflita: certamente, a primeira parte da tarefa é muito mais demorada do que a segunda; assim, o tempo total para realizar o desafio é praticamente o tempo gasto para escalar a montanha. Transponha esse raciocínio para a análise da reação química.

A etapa (**1**), $2\,NO_2(g) \longrightarrow NO_3(g) + NO(g)$, por ser lenta, determina a velocidade do processo. Por isso, apesar de a equação global ser:

$$NO_2(g) + CO(g) \longrightarrow NO(g) + CO_2(g) \qquad v = k \cdot [NO_2]^2$$

temos uma **reação de segunda ordem** (de ordem 2 em relação a NO_2 e de ordem zero em relação a CO). O número 2, que indica "segunda ordem", é o expoente da concentração em mol/L do NO_2 na etapa lenta.

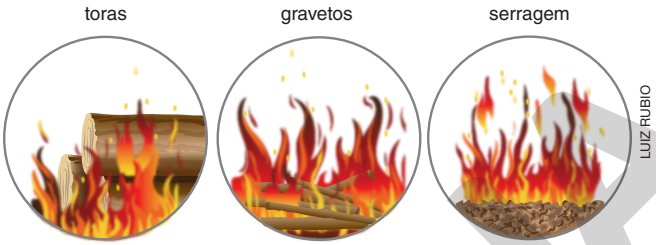
Concluímos que **a velocidade de uma reação é determinada por sua etapa mais lenta**.

Lembre-se: em **sistemas heterogêneos**, **a quantidade de sólido não influencia na velocidade da reação**, portanto é impróprio falar em concentração dessa substância.

Superfície de contato

O experimento proposto na **Atividade prática** deste capítulo mostra que, ao colocarmos um comprimido efervescente inteiro em água, a reação é mais lenta do que ao colocarmos um comprimido triturado. Além disso, podemos notar que as bolhas de gás que se formam saem da superfície sólida do comprimido. Quebrando ou triturando o sólido, aumentamos a área da superfície que está em contato com o líquido. Em uma reação química que ocorre em um sistema heterogêneo, a superfície de contato entre os reagentes é um dos fatores determinantes da velocidade de reação.

Por exemplo, quanto maior a superfície de contato entre o sólido e o gás, maior será a frequência de colisões entre as partículas (íons ou moléculas) dos reagentes e, portanto, maior será a velocidade de reação.



LUIZ RUBIO

Como a superfície de contato entre a madeira e o oxigênio (O_2) do ar é maior no caso da serragem (e menor no caso das toras), a velocidade de combustão também será maior. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Nas fotografias abaixo, observe que o prazo de validade da carne em peça é maior que o da carne moída quando ambas são resfriadas. Essa diferença é explicada pelo fato de a carne moída apresentar maior superfície de contato com o ar, favorecendo a ocorrência de reações químicas que degradam o alimento em menor tempo.

FOTOS: DOTTA2

Carne comercializada em peça (**A**) e na forma moída (**B**).

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Atividades

Não escreva no livro.

1 Considere a reação química abaixo equacionada, que ocorre em sistema homogêneo, em uma só etapa, e escreva a expressão de velocidade dessa reação.

$$2\ NO(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2\ NOCl(g)$$

2 Considere a equação química a seguir:

$$C_2H_5I(g) + H_2O(l) \longrightarrow C_2H_5OH(g) + H^+(aq) + I^-(aq)$$

Para determinar a velocidade dessa reação química, pode-se recorrer a medidas periódicas da condutividade elétrica do sistema. Explique por quê.

Catalisadores em ação

Leia com atenção as manchetes a seguir e procure compreender em que sentido é utilizada a palavra **catalisador**:

> As lições de três eventos catalisadores do novo coronavírus na Europa
>
> BONIS, G. *BBC News Brasil*, 5 abr. 2020.

> Educação *on-line*: como o coronavírus será catalisador para a conectividade no mundo
>
> *G1*, 13 maio 2020.

Em ambos os casos, o termo foi usado no sentido de acelerador de processos que já estavam presentes em nossa sociedade. Da primeira manchete, deduz-se que houve eventos (festas e outras situações) que propiciaram a aglomeração de pessoas e, com isso, a transmissão da covid-19 de umas para outras.

No caso da segunda, a ideia é chamar atenção para a relação entre a necessidade de educar a distância – devido à impossibilidade de aglomerar estudantes nas salas de aula – com a velocidade das redes de conexão e com a importância de que a internet atinja locais do país que ainda carecem de acesso.

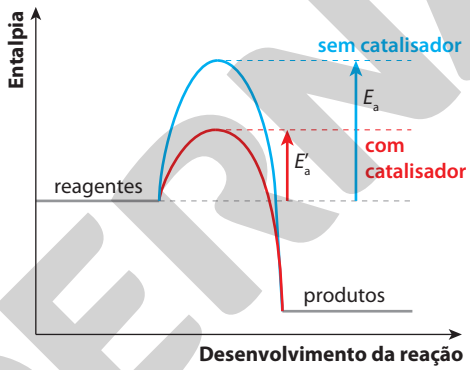
Na linguagem cotidiana, não científica, qualquer fator que acelere uma decisão, que intensifique ou estimule um processo pode ser chamado de catalisador, mas fique atento para não se confundir: na linguagem da Química, **catalisador** não se refere a qualquer fator que acelera uma reação química, mas especificamente a uma **substância** capaz de aumentar a velocidade de uma reação e que é recuperada ao final do processo.

Sem o uso de catalisadores, a produção industrial estaria seriamente comprometida, tendo em vista que a maioria absoluta dos produtos é resultado de alguma reação que envolve catalisadores. O emprego de catalisadores nos sistemas de exaustão dos automóveis é importante porque contribui para a redução da poluição ambiental.

Os catalisadores são específicos de cada processo, isto é, uma substância que funciona como catalisador para uma reação pode não funcionar como tal para outra. Pode ocorrer até mesmo o contrário: uma substância que catalisa uma transformação pode reduzir a velocidade de outra – nesse caso, dizemos que ela funciona como um **inibidor**, substância que diminui a velocidade de uma reação.

Como o emprego de catalisadores reduz custos industriais, algumas empresas mantêm segredo sobre as substâncias que empregam para acelerar seus processos produtivos.

ENTALPIA DE UMA REAÇÃO CATALISADA × NÃO CATALISADA



ERICSON GUILHERME LUCIANO

E_a: energia de ativação sem catalisador

E'_a: energia de ativação com catalisador

Fonte: ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

Esboço de gráfico mostrando o abaixamento da energia de ativação de uma reação quando se usa catalisador.

Imagine um túnel que liga um lado da montanha ao outro. Esse trajeto permite ao motorista atravessar a montanha mais rapidamente do que se tivesse que chegar ao seu topo. É um caminho alternativo que pode ser percorrido com menos gasto de energia. De forma análoga a esse exemplo, o uso de um catalisador em uma reação química possibilita que a reação ocorra mais rapidamente, pois a energia necessária para formar o complexo ativado é menor.

RICARDO RIBAS/FOTOARENA

Túnel em Florianópolis (SC), 2017.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

MODERNA

Como age um catalisador

Os mecanismos de catálise não são totalmente conhecidos. De qualquer modo, o acréscimo de um catalisador a um sistema propicia que a reação química aconteça com energia de ativação mais baixa do que se ocorresse sem o catalisador.

Do ponto de vista da energia, vamos comparar a decomposição do óxido nitroso sem catalisador com a que ocorre usando-se um catalisador (ouro (Au), por exemplo).

$$N_2O(g) \longrightarrow N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \qquad E_a = 251{,}0\ kJ$$

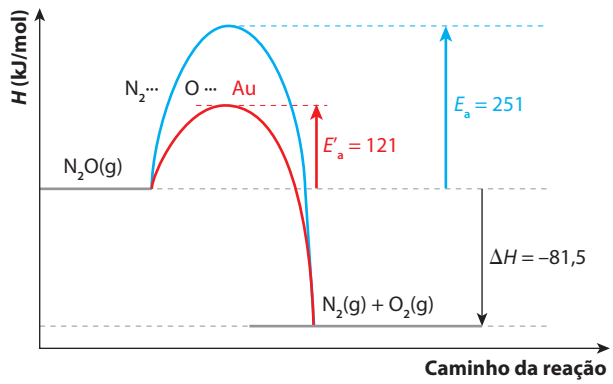
monóxido de dinitrogênio — nitrogênio — oxigênio — $\Delta H = -81{,}5$ kJ/mol (sem catalisador)

$$N_2O(g) \xrightarrow{Au} N_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \qquad E'_a = 121\ kJ$$

monóxido de dinitrogênio — nitrogênio — oxigênio — $\Delta H = -81{,}5$ kJ/mol (com catalisador)

INFLUÊNCIA DO CATALISADOR NO CAMINHO DA REAÇÃO DE DECOMPOSIÇÃO DO N_2O

ERICSON GUILHERME LUCIANO



Fonte: MASTERTON, W. L.; HURLEY, C. N. *Chemistry*: principles and reactions. Philadelphia: Saunders College, 1989.

O gráfico ao lado, no qual estão indicadas essas duas reações, com e sem a presença de catalisador, explica as diferentes energias de ativação.

Como você pode concluir analisando o gráfico, os complexos ativados das duas situações são diferentes; por essa razão, as energias de ativação também o são. O ouro associa-se ao N_2O, enfraquecendo suas ligações, de modo que a reação se torna mais rápida.

Vamos destacar dois tipos de catálise: a homogênea e a heterogênea.

A adição do catalisador ouro altera o caminho da reação, diminuindo a energia de ativação necessária para que ocorra a decomposição do óxido nitroso.

Catálise homogênea

Ocorre quando o catalisador e os reagentes formam uma só fase. O catalisador reage com alguns participantes do processo em uma etapa e se regenera em outra. Dessa forma, a reação torna-se mais rápida, e o catalisador pode ser recuperado ao final do processo. Vamos, a seguir, analisar alguns exemplos.

Obtenção do trióxido de enxofre

Consideremos a obtenção do SO_3, catalisada por óxidos de nitrogênio. Tal reação foi, durante muitos anos, uma etapa importante da obtenção do ácido sulfúrico (H_2SO_4) no processo chamado de câmaras de chumbo.

Processo de obtenção do H_2SO_4 a partir do S:

(1) $S(s) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g)$

enxofre — oxigênio — dióxido de enxofre

(2) $SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \xrightarrow{\text{catalisador}} SO_3(g)$

dióxido de enxofre — oxigênio — trióxido de enxofre

(3) $H_2O(l) + SO_3(g) \longrightarrow H_2SO_4(aq)$

água — trióxido de enxofre — ácido sulfúrico

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A transformação **2**, de SO_2 em SO_3, é uma reação em fase gasosa. Analisemos o papel do $NO_2(g)$ dessa reação representado nas equações químicas a seguir.

$$\underset{\text{dióxido de enxofre}}{SO_2(g)} + \underset{\text{dióxido de nitrogênio}}{\cancel{NO_2(g)}} \longrightarrow \underset{\text{trióxido de enxofre}}{SO_3(g)} + \underset{\text{monóxido de nitrogênio}}{\cancel{NO(g)}}$$

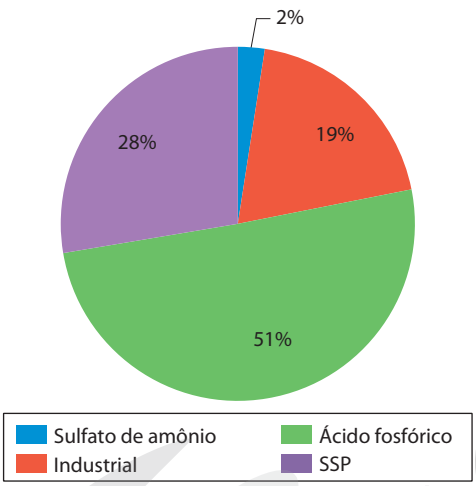
$$\underset{\text{monóxido de nitrogênio}}{\cancel{NO(g)}} + \underset{\text{oxigênio}}{\frac{1}{2}O_2(g)} \longrightarrow \underset{\text{dióxido de nitrogênio}}{\cancel{NO_2(g)}}$$

Equação "soma":
$$\underset{\text{dióxido de enxofre}}{SO_2(g)} + \underset{\text{oxigênio}}{\frac{1}{2}O_2(g)} \xrightarrow{NO_2(g)} \underset{\text{trióxido de enxofre}}{SO_3(g)}$$

Note que o $NO_2(g)$, que é reagente em uma etapa, se regenera em outra, como se não tivesse participado dessa reação química.

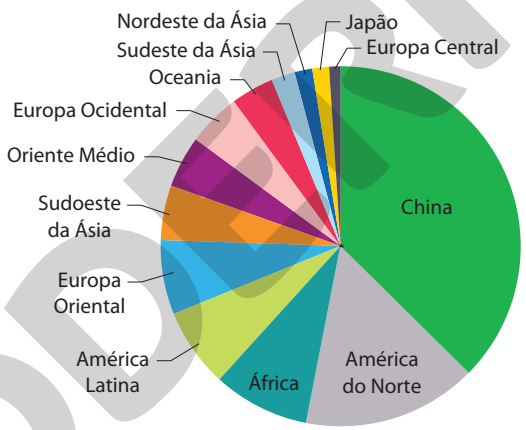
Os gráficos a seguir mostram o consumo mundial (%) de ácido sulfúrico por região e sua importância econômica como matéria-prima para a obtenção de vários produtos, especialmente fertilizantes, na indústria brasileira.

PERCENTUAL DO ÁCIDO SULFÚRICO UTILIZADO PELOS VÁRIOS SEGMENTOS DA INDÚSTRIA BRASILEIRA (2016)



Fonte: Disponível em: <http://h2so4.com.br/downloads/COBRAS-2017/COBRAS%202017%20-%20Vale%20Fertilizantes%20-%20Perspectivas%20do%20mercado%20de%20%c3%a1cido%20sulf%c3%barico..pdf>. Acesso em: 7 jul. 2020.

CONSUMO MUNDIAL DE ÁCIDO SULFÚRICO (2017)



Fonte: *Chemical Economics Handbook*, out. 2017.

Nota: a sigla SSP representa Superfosfato Simples, fertilizante fosfatado obtido da reação de H_2SO_4 com fosfatos minerais, as apatitas.

Mais de 80% do ácido sulfúrico consumido no Brasil é usado para a produção de fertilizantes; a maior parte dessa demanda é destinada à produção de ácido fosfórico.

Obtenção do ácido acético

Entre os ácidos orgânicos, o ácido acético ocupa papel de destaque por seu emprego na fabricação de plásticos, fibras sintéticas e outros produtos de usos diversos. Entre os ácidos inorgânicos, o H_2SO_4 é economicamente o mais importante.

A preparação do ácido acético pode ser realizada a partir de metanol e monóxido de carbono, usando iodeto de cobalto(II) como catalisador.

$$\underset{\text{metanol}}{CH_3OH(l)} + \underset{\text{monóxido de carbono}}{CO(g)} \xrightarrow{\text{iodeto de cobalto(II)}} \underset{\text{ácido acético}}{H_3C-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH(l)}$$

Nas últimas décadas, os cientistas têm desenvolvido uma classe de catalisadores que são compostos metálicos, muitos deles contendo ródio (Rh), solúveis no meio em que a reação se processa.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Esses novos catalisadores têm resultado em processos mais econômicos. Entre outras vantagens, eles: custam menos do que os metais nobres, até então empregados em outros tipos de catálises; podem ser separados dos produtos da reação em condições ambientes; atuam de forma seletiva, isto é, podem tornar mais rápida a reação que nos interessa, sem acelerar outras que poderiam causar dificuldades caso ocorressem.

Catálise heterogênea

Ocorre quando o catalisador e os reagentes constituem fases distintas, havendo uma superfície de contato entre eles.

No caso de reações químicas em que os reagentes são gasosos, é comum o uso de metais. Analise os exemplos a seguir.

- **Hidrogenação de compostos orgânicos insaturados**

Compostos insaturados são os que possuem duplas ou triplas ligações entre átomos de carbono, dos quais representamos um fragmento:

Essa reação, catalisada por metais como níquel (Ni), platina (Pt), paládio (Pd) etc., é usada, por exemplo, na obtenção de margarina a partir de óleos vegetais (mistura em que predominam compostos que possuem ligações duplas entre átomos de carbono). O metal catalisa a hidrogenação de um óleo vegetal na produção da margarina.

- **Catálise automotiva**

Os catalisadores automotivos têm a função de fazer com que a combustão dos hidrocarbonetos do combustível seja completa, acelerando a transformação do CO em CO_2, ou seja, facilitam o processo de oxidação do C. Assim:

$$CO(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \xrightarrow{\text{catalisador}} CO_2(g)$$

monóxido de carbono — oxigênio — dióxido de carbono

$$C_8H_{18}(l) + \frac{25}{2} O_2(g) \xrightarrow{\text{catalisador}} 8\,CO_2(g) + 9\,H_2O(g)$$

isoctano (componente da gasolina) — oxigênio — dióxido de carbono — água

Como catalisadores automotivos, podem ser empregados platina (Pt), paládio (Pd), irídio (Ir), ródio (Rh) ou seus respectivos óxidos.

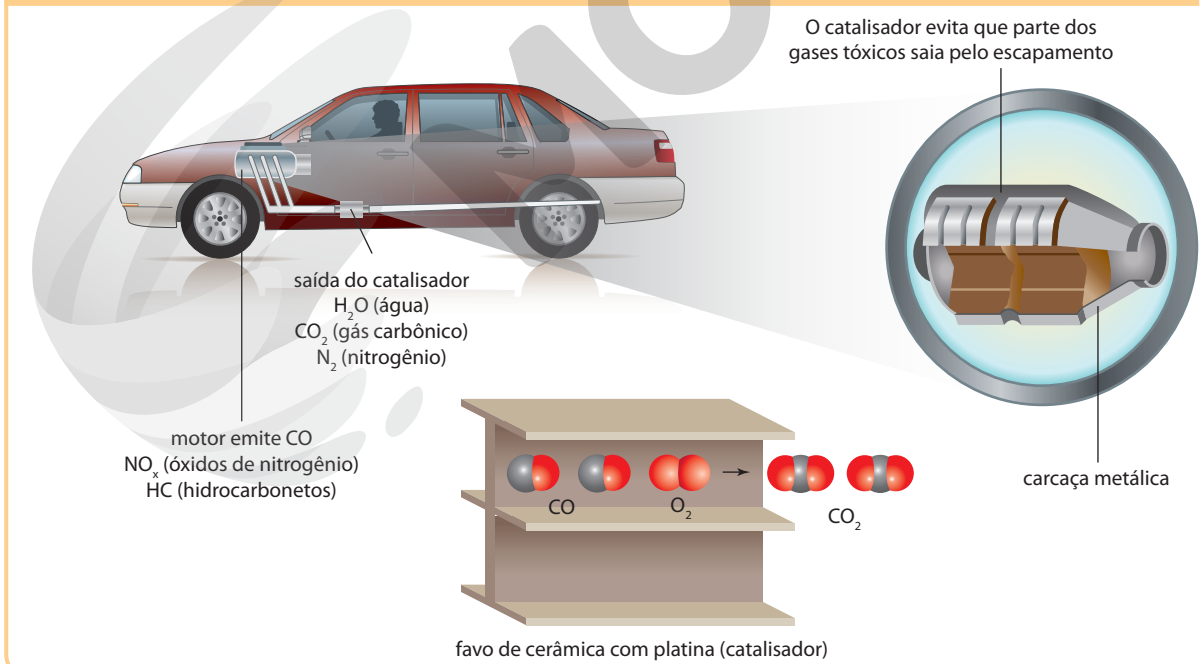
Além disso, esses catalisadores são também utilizados para converter os óxidos de nitrogênio prejudiciais à saúde em substâncias menos nocivas:

$$2\,NO(g) \xrightarrow{\text{catalisador}} N_2(g) + O_2(g)$$

monóxido de nitrogênio — nitrogênio — oxigênio

FUNCIONAMENTO DE CATALISADORES AUTOMOTIVOS

LUIZ RUBIO



Fonte: UNIVERSITY OF CALIFORNIA. College of Chemistry. *Three way catalytic converter.* Berkeley, 2009.

A extensa superfície de contato do catalisador, platina (Pt), acelera a transformação do CO (tóxico) em CO_2 (não tóxico). (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

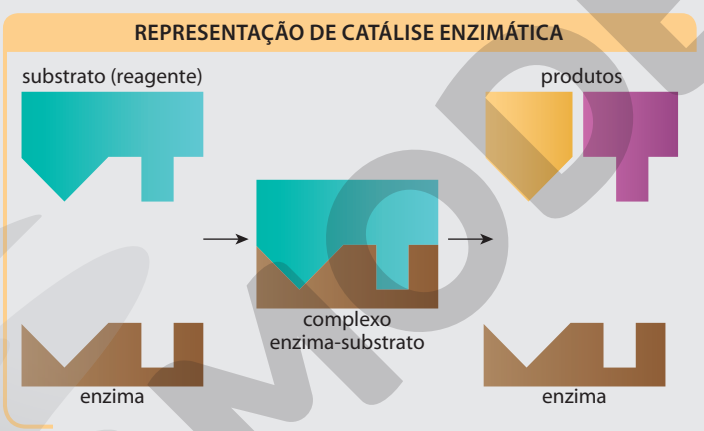
Não escreva no livro.

Enzimas

Você já teve a oportunidade de estudar a respeito das enzimas. Em nosso sistema digestório, as grandes moléculas (macromoléculas) que constituem os macronutrientes (carboidratos, lipídios e proteínas) percorrem vários órgãos e neles passam por reações químicas que as transformam em moléculas menores. Esse processo se inicia na boca, onde uma enzima chamada **amilase** ou **ptialina**, presente na saliva, tem papel importante na hidrólise das moléculas de amido (um carboidrato presente na batata, por exemplo). Parte das moléculas de amido presentes no alimento transforma-se em maltose $(C_{12}H_{22}O_{11})_n$, um carboidrato bem mais simples do que o amido. Vale esclarecer que o amido $(C_6H_{10}O_5)_n$ é uma macromolécula, isto é, constituída por moléculas cuja massa molecular pode atingir valores de centenas de milhares, nas quais há unidades que se repetem; *n* representa um número variável e muito alto dessas unidades.

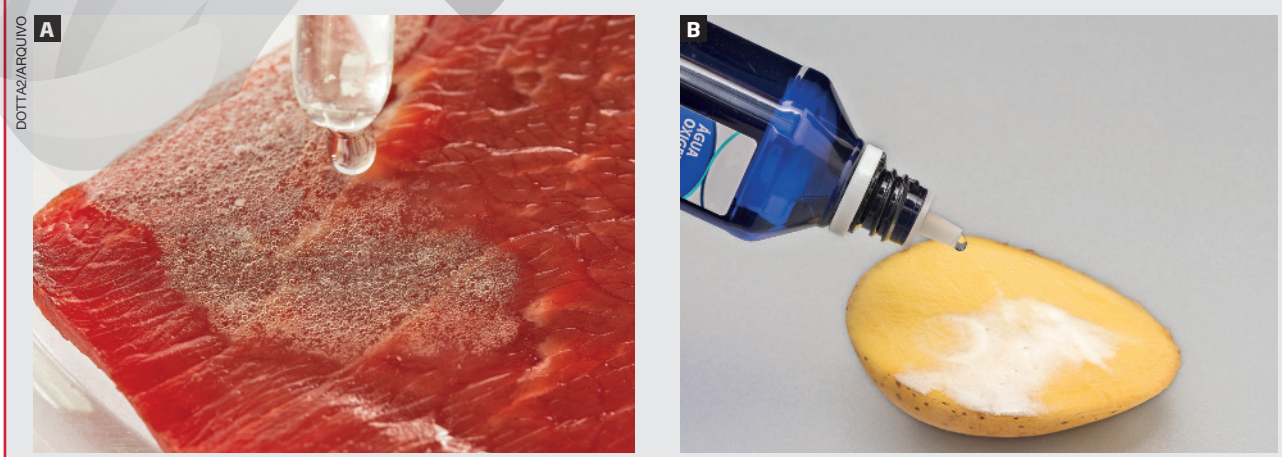
Com base nessa breve explicação, é possível entender a importância de mastigar bem os alimentos; quando não mastigamos bem, não garantimos uma eficiente mistura do alimento com a saliva e, com isso, a quantidade de moléculas de amido que sofre a hidrólise (reação de decomposição por ação da água) é menor do que se a mastigação fosse bem-feita.

Genericamente, podemos dizer que enzimas são substâncias complexas, essenciais à vida, que catalisam os processos bioquímicos. Elas têm um papel fundamental nos processos biológicos que catalisam. São capazes de aumentar mais de um milhão de vezes a velocidade de uma reação, atuando de forma específica em certas substâncias, enquanto o resto do sistema permanece inalterado. Vamos esquematizar de modo simplificado esse processo:



Modelo representativo de catálise em que o reagente se une à enzima, formando com ela uma estrutura complexa que resulta na regeneração da enzima e na formação dos produtos. O mecanismo costuma ser designado por **chave-fechadura**, embora essa denominação e a figura possam dar uma ideia pouco fiel desse processo, que na verdade é bem mais complexo. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Fonte: CHANG, R.; GOLDSBY, K. *Chemistry*. 12th. ed. New York: McGraw-Hill, 2016.



Água oxigenada sendo gotejada sobre um pedaço de carne (**A**) e sobre um pedaço de batata-inglesa (**B**).

Continua

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

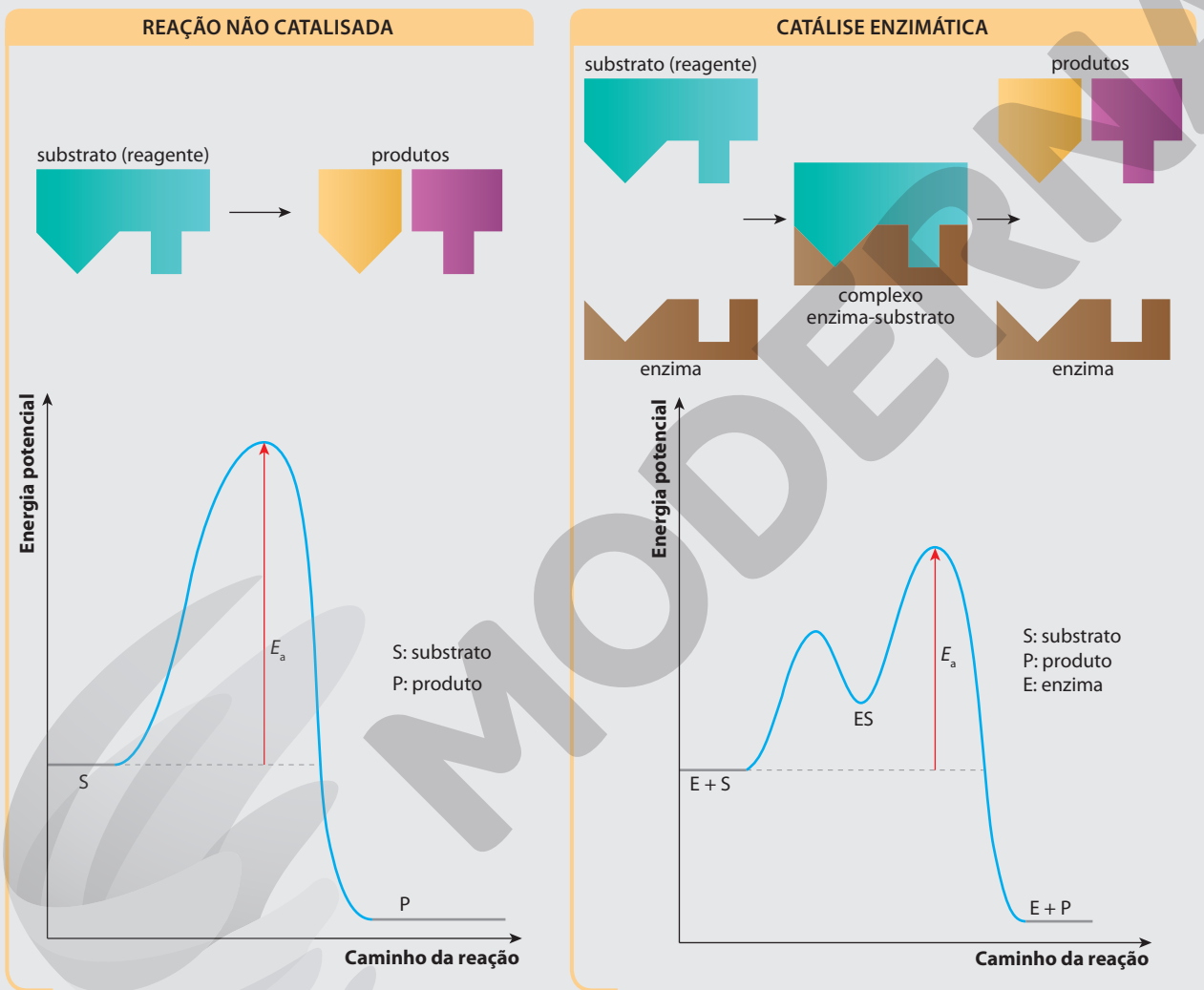
MODERNA

A catalase, enzima presente no sangue e também na batata, acelera a decomposição da água oxigenada, $H_2O_2(aq)$, viabilizando a formação de grande quantidade de O_2 em curto espaço de tempo, o que pode ser observado pela formação de bolhas sobre o pedaço de carne e na batata, nos quais se goteja água oxigenada:

$$2\ H_2O_2(aq) \xrightarrow{\text{catalase}} 2\ H_2O(l) + O_2(g)$$

Isso explica o grande uso que essas soluções tiveram na limpeza de ferimentos. O oxigênio (O_2) mata as bactérias anaeróbias, que não vivem em meio oxigenado. Atualmente, considera-se preferível lavar bem o ferimento com muita água e sabão a usar água oxigenada.

Assim como qualquer catalisador, **a enzima altera o percurso da reação**, baixando a energia de ativação. Veja isso representado nos gráficos a seguir.



Fonte: CHANG, R.; GOLDSBY, K. *Chemistry*. 12th ed. New York: McGraw-Hill, 2016.

A comparação dos gráficos evidencia a diminuição da energia de ativação e a alteração do caminho da reação quando em presença de uma enzima. (Representação fora de proporção; cores fantasia.)

Estima-se que uma célula contenha, em média, 3.000 enzimas, cada uma delas atuando como catalisador homogêneo de uma reação específica.

1. Em grupos de 4 estudantes, façam uma pesquisa sobre catalisadores biológicos e selecionem uma para descrever sua importância no organismo. Compartilhem as informações pesquisadas com seus colegas.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Influência da luz e da eletricidade

Ondas eletromagnéticas, como as da luz visível, podem acelerar a velocidade com que as reações químicas ocorrem.

É o caso da sensibilização de filmes fotográficos, que contêm sais de prata, e da aceleração da decomposição de água oxigenada, cuja velocidade aumenta quando essa substância entra em contato com a luz.

As faíscas elétricas, como as produzidas quando damos a "partida" nos motores de automóvel, são outra forma de fornecer energia de ativação às substâncias reagentes para que a reação de combustão se inicie. Por isso, nos locais em que há concentrações elevadas de combustíveis ou de oxigênio (como ocorre nos hospitais), são comuns os avisos para evitar brasas e faíscas elétricas.

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Símbolo usado comercialmente para alertar sobre o perigo da presença de faísca elétrica em ambientes com combustíveis.

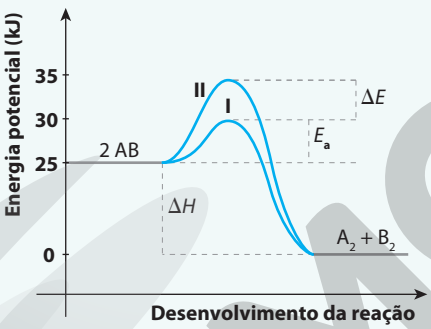
Atividades

Não escreva no livro.

1 Luz e calor são exemplos de catalisadores? Por quê?

• Baseie-se no diagrama de energia de uma reação abaixo, comparando o desenvolvimento da reação com catalisador a seu desenvolvimento sem catalisador, para responder às atividades **2** a **4**.

ERICSON GUILHERME LUCIANO



2 Com base no diagrama apresentado, responda ao que se pede:

a) A reação química é endotérmica ou exotérmica?

b) Qual é o valor da variação de entalpia, ΔH? (Dado: $\Delta H = \sum H_{produtos} - \sum H_{reagentes}$)

c) Qual é a energia de ativação na ausência de catalisador?

d) Qual é a energia de ativação da reação na presença de catalisador?

e) Qual é a diferença entre a energia de ativação com e sem catalisador?

3 Considere a reação $A_2 + B_2 \longrightarrow 2\ AB$ e responda:

a) Qual é a correspondente variação de entalpia?

b) A reação corresponde a processo exotérmico ou endotérmico?

c) Qual é o valor da energia de ativação na ausência de catalisador?

d) Qual é o valor da energia de ativação na presença de catalisador?

e) Qual é a diferença entre a energia de ativação com catalisador e sem catalisador?

4 Observe sua resposta ao item **e** das atividades **2** e **3**. Há diferenças? Por quê?

5 Um antibiótico pode ser administrado em comprimidos ou em suspensão (para facilitar sua administração a crianças pequenas). Na bula que acompanha o medicamento, há uma série de informações ao paciente sobre os cuidados com o armazenamento do produto, tais como conservá-lo em temperatura entre 15 °C e 30 °C e ao abrigo da umidade. A suspensão oral, após reconstituição, ficará estável por 14 dias em temperatura ambiente; portanto, ao encerrar o tratamento com esse antibiótico, não se deve guardá-lo para futura reutilização. Explique as diferenças de conduta quanto à conservação entre os comprimidos e a suspensão.

6 As carnes contêm grande quantidade de um dos macronutrientes, as proteínas – compostos formados por longas moléculas contendo um número muito grande de átomos de carbono interligados. As proteínas presentes nas fibras da carne podem deixá-la dura. Carnes duras, se forem recobertas por amaciantes industrializados ou naturais, como o suco de abacaxi, tornam-se mais macias. A que você atribui esse resultado?

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

Comunicando ideias

Não escreva no livro.

1. Faça uma pesquisa sobre conservação de alimentos, procurando analisar:

- os principais recursos que há centenas de anos os seres humanos adotaram para conservar alimentos (como carnes, por exemplo);
- quais as principais razões de até hoje acumularmos perdas de grandes quantidades de alimentos;
- estimativas das perdas de alimentos no Brasil;
- papel dos conservantes que constam dos rótulos de alimentos industrializados.

Indique as fontes de pesquisa, certificando-se de que elas são confiáveis. Exponha para a classe as informações que encontrou e, em grupo, elaborem painéis, pôsteres, publicações em redes sociais com o objetivo de conscientizar a comunidade sobre a importância de reduzir o desperdício de alimentos no Brasil.

Fique por dentro

Internet

Simulação de reações e taxas de rapidez
<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/reactions-and-rates>

Nesse *site* é possível interagir com o programa, simulando o que ocorre em sistemas em reação com vários tipos de moléculas, incluindo variações de temperatura e representações gráficas.

Acesso em: 20 jun. 2020.

ATIVIDADES FINAIS

Não escreva no livro.

1 Leia o texto a seguir e responda ao que se pede.

O carbono contido no carvão mineral ou no carvão vegetal (obtido pela queima da madeira) é importante no processo industrial de obtenção de ferro e aço (o C reduz o ferro do óxido de ferro presente no minério de ferro). Infelizmente, porém, em nosso país, muito carvão vegetal ainda tem sido obtido de modo irregular, com o uso de madeira nativa retirada ilegalmente de áreas de preservação ou de terras indígenas. Além disso, em alguns locais, as pessoas que trabalham nas carvoarias são submetidas a condições de trabalho inadequadas, quando não exploradas em regime de escravidão. Expostas a um ambiente agressivo sem o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), adquirem doenças provocadas pelos gases tóxicos. O trabalho infantil nas carvoarias é outra preocupação, apesar da fiscalização.

Para posicionar-se a esse respeito, sugerimos:

a) Leia o poema e assista aos documentários indicados a seguir e depois realize uma pesquisa sobre as condições atuais da produção de carvão. Produza um pequeno texto comparando as condições denunciadas com as atuais.

- **Meninos carvoeiros**, de Manuel Bandeira, Petrópolis, 1921.
- **Os carvoeiros**, de Nigel Noble. Brasil, 1999 (62 minutos): famílias que ganham a vida produzindo carvão vegetal no interior de Minas Gerais, de Mato Grosso do Sul e do Pará; denúncia do desmatamento e exploração do trabalho infantil e semiescravo.
- **Vivendo os tombos/Carvoeiros**, de Dileny Campos. Brasil, 1977 (9 minutos): premiado documentário sobre o trabalho de extração e fabricação do carvão vegetal em Pompeu (MG). Disponível em: <https://vimeo.com/39163150>. Acesso em: 7 de jun. 2020.

b) Pesquise os principais problemas decorrentes da inalação de substâncias produzidas no processo de obtenção do carvão. Seu professor organizará atividades coletivas a respeito; participe de uma discussão sobre o assunto.

2 (UFRGS-RS) Uma reação genérica em fase aquosa apresenta a cinética descrita abaixo.

$$3\,A + B \longrightarrow 2\,C,\ v = k[A]^2 \cdot [B]$$

A velocidade dessa reação foi determinada em dependência das concentrações dos reagentes, conforme os dados relacionados a seguir.

[A] (mol · L^{-1})	[B] (mol · L^{-1})	v (mol · L^{-1} · min^{-1})
0,01	0,01	$3{,}0 \times 10^{-5}$
0,02	0,01	x
0,01	0,02	$6{,}0 \times 10^{-5}$
0,02	0,02	y

Assinale, respectivamente, os valores de *x* e *y* que completam a tabela de modo adequado.

a) $6{,}0 \times 10^{-5}$ e $9{,}0 \times 10^{-5}$

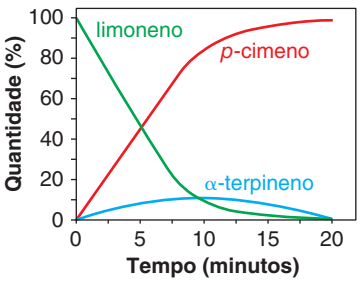
b) $6{,}0 \times 10^{-5}$ e $12{,}0 \times 10^{-5}$

c) $12{,}0 \times 10^{-5}$ e $12{,}0 \times 10^{-5}$

d) $12{,}0 \times 10^{-5}$ e $24{,}0 \times 10^{-5}$

e) $18{,}0 \times 10^{-5}$ e $24{,}0 \times 10^{-5}$

3 (Fuvest-SP) Numa determinada condição experimental e com o catalisador adequado, ocorre uma reação, conforme representada no gráfico, que relaciona porcentagem do composto pelo tempo de reação.



Uma representação adequada para esse processo é:

a) limoneno $\rightleftharpoons$ *p*-cimeno $\longrightarrow$ α-terpineno

b) limoneno $\xrightarrow[\text{(catalisador)}]{\text{p-cimeno}}$ α-terpineno

c) limoneno + *p*-cimeno $\rightleftharpoons$ α-terpineno

d) limoneno $\xrightarrow[\text{(catalisador)}]{\text{α-terpineno}}$ *p*-cimeno

e) limoneno $\longrightarrow$ α-terpineno $\longrightarrow$ *p*-cimeno

4 (PUC-SP) O fluoreto de nitrila (NO_2F) é um composto explosivo que pode ser obtido a partir da reação do dióxido de nitrogênio (NO_2) com gás flúor (F_2), descrita pela equação.

$$2\ NO_2(g) + F_2(g) \longrightarrow 2\ NO_2F(g)$$

A tabela a seguir sintetiza os dados experimentais obtidos de um estudo cinético da reação.

Experimento	$[NO^2]$ em $mol \cdot L^{-1}$	$[F_2]$ em $mol \cdot L^{-1}$	*v* inicial em $mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$
1	0,005	0,001	2×10^{-4}
2	0,010	0,002	8×10^{-4}
3	0,020	0,005	4×10^{-3}

A expressão da equação da velocidade nas condições dos experimentos é:

a) $v = k[NO_2]$

b) $v = k[NO_2][F_2]$

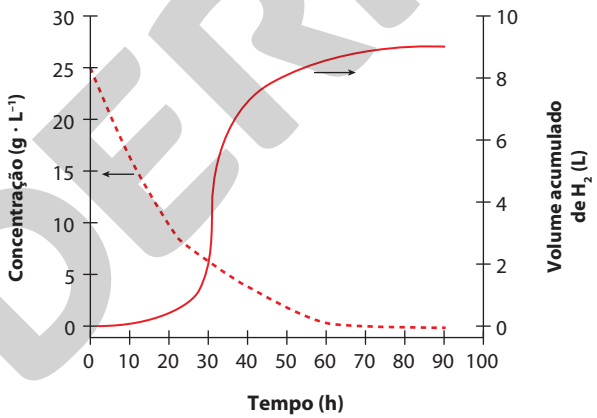
c) $v = k[NO_2]^2[F_2]$

d) $v = k[F_2]$

5 (Unicamp-SP) Graças a sua alta conversão energética e à baixa geração de resíduos, o gás hidrogênio é considerado um excelente combustível. Sua obtenção a partir da fermentação anaeróbia de biomassas, como bagaço de cana, glicerol, madeira e resíduos do processamento da mandioca, abundantes e de baixo custo, parece ser uma boa alternativa tecnológica para o Brasil. A velocidade da fermentação, bem como os diferentes produtos formados e suas respectivas quantidades, dependem principalmente do tipo de substrato e do tipo de microrganismo que promove a fermentação. As equações e a figura abaixo ilustram aspectos de uma fermentação de 1 litro de solução de glicose efetuada pela bactéria *Clostridium butyricum*.

Equação 1: $C_6H_{12}O_6(aq) + 2\ H_2O(l) \longrightarrow 2\ CH_3COOH(aq) + 4\ H_2(g) + 2\ CO_2(g)$

Equação 2: $C_6H_{12}O_6\ (aq) + 2\ H_2O(l) \longrightarrow CH_3CH_2CH_2COOH(aq) + 2\ H_2(g) + 2\ CO_2(g)$



a) Levando em conta as informações presentes no texto e na figura, e considerando que a fermentação tenha ocorrido, concomitantemente, pelas duas reações indicadas, qual ácido estava presente em maior concentração ($mol \cdot L^{-1}$) ao final da fermentação, o butanoico ou o etanoico? Justifique sua resposta.

b) A velocidade instantânea da fermentação, em qualquer ponto do processo, é dada pela relação entre a variação da quantidade de hidrogênio formado e a variação do tempo. De acordo com o gráfico, quanto tempo após o início da fermentação a velocidade atingiu seu valor máximo? Justifique sua resposta.

Dados: massa molar da glicose: $180\ g \cdot mol^{-1}$; volume molar do hidrogênio: $25\ L \cdot mol^{-1}$.

Notas dos autores: As fórmulas dos ácidos etanoico (acético) e butanoico são, respectivamente, CH_3COOH e $CH_3CH_2CH_2COOH$.

O volume molar indica o volume ocupado por 1 mol de qualquer gás em determinadas condições de temperatura e pressão. No caso, o valor fornecido refere-se às condições do experimento.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

O ritmo intenso de transformações ocorridas na sociedade estimulou a criação e a produção em larga escala de novos equipamentos, que surgem continuamente para substituir outros. Na indústria química, uma revolução aconteceu com a adoção maciça dos plásticos na confecção de diversos produtos, de canudinhos a peças de automóveis.

O ritmo acelerado com que se consomem tais produtos gerou um novo problema: O que fazer com os equipamentos antigos? O que fazer com todo o resíduo plástico que é produzido em nosso cotidiano?

Observe as imagens e reflita sobre o que significam.

FOTOS: REPRODUÇÃO/FOTO DOUGTHOMSEN.TV/ENGENHARIA ANTON GEORGIEV

A evolução tecnológica propiciou reunir inúmeras ferramentas em um único equipamento.

O objetivo aqui é refletir como alterações nos padrões de consumo se relacionam com eventuais impactos ambientais.

1. Em dupla, entrevistem pessoas, pesquisem e registrem as descobertas.

a) Quais eram as principais formas de comunicação a distância utilizadas nas décadas de 1960 e 1970? Pergunte a familiares e pessoas próximas se elas ainda utilizam tais tecnologias. Em caso negativo, por que foram substituídas?

b) Como eram armazenados dados e informações naquele período? Como isso é feito hoje em dia?

c) Vocês consideram algum equipamento eletrônico indispensável? Como seria o cotidiano sem ele?

d) O que é feito com os equipamentos eletrônicos que são substituídos nas indústrias e nas residências? Você já substituiu algum? O que foi feito com o equipamento antigo?

e) Entre os produtos que você consome, quais são acondicionados em embalagens plásticas? O que você faz com elas após o consumo desses produtos?

2. Organizem-se em grupos para fazer as atividades a seguir. Se for possível, assistam ao vídeo "A evolução da mesa de escritório", disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DJDBzxBE3Fg> (acesso em: 10 set. 2020). Observem as mudanças apresentadas e os efeitos benéficos que elas propiciam. Anote suas observações no caderno.

a) Façam um levantamento sobre itens comuns em mesas de escritório da década de 1980 e construam uma tabela com a correspondência entre cada item e um aplicativo de computador ou celular que cumpra a mesma função atualmente.

b) Quais materiais e equipamentos da década de 1980 obtidos no levantamento podem ser reaproveitados ou reciclados? Quais não podem?

c) As mídias de armazenamento de dados, com capacidade cada vez maior, tiveram um papel fundamental na evolução da informática. Façam uma pesquisa e construam uma linha do tempo representando a evolução das mídias de armazenamento e de sua capacidade, dos anos 1980 até os dias atuais.

d) Quais impactos ambientais podem ser causados pelo descarte indevido de equipamentos eletrônicos e de seus componentes, como baterias?

e) Descrevam ao menos uma proposta atual para a destinação sustentável de equipamentos eletrônicos descartados.

3. Agora, elaborem um texto dissertativo sobre a utilização do plástico e os efeitos positivos e negativos de seu uso. Nesse texto, façam constar informações a respeito de coleta seletiva e de reciclagem de componentes plásticos. Como complemento, sugerimos que assistam ao vídeo *A história do plástico*, disponível em: <http://www.plasticotransforma.com.br/invencoes-do-plastico-na-historia> (acesso em 10 set. 2020).

4. Cada grupo deverá reunir todo o material obtido para produzir uma apresentação, se possível em formato digital, de modo que seja compartilhada com a comunidade escolar. Vocês podem elaborar desenhos, gráficos, tabelas, charges ou tirinhas com base nos relatos das conversas com os familiares e nas pesquisas, utilizar imagens da internet (citando as fontes) e propor maneiras de enfrentar os problemas gerados pelo consumo excessivo e pelo descarte inadequado de plásticos e equipamentos eletrônicos.

MODERNA

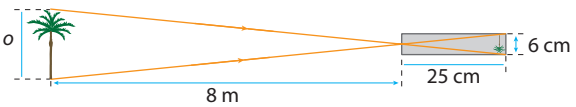
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

RESPOSTAS DAS ATIVIDADES E ATIVIDADES FINAIS

Capítulo 1 Óptica geométrica

Atividades
Página 18

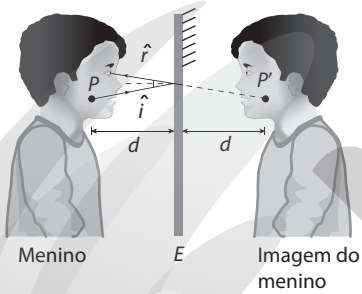
1. O livro é uma fonte de luz secundária, pois não produz a luz que emite; portanto, a luz que o torna visível é proveniente de alguma fonte primária, como o Sol, uma lâmpada ou uma vela, por exemplo. O livro reflete os raios de luz que o atingem, e esses raios refletidos chegam aos olhos do observador.
2. A situação descrita é possível devido à propagação retilínea dos raios de luz. O princípio da independência dos raios luminosos explica por que os dois feixes, verde e vermelho, não alteram suas trajetórias originais ao se cruzarem. O princípio da reversibilidade dos raios luminosos explica o fato de o raio verde retornar pelo mesmo caminho (mesma direção) que tinha antes de ser refletido.
3. 50 m
4. $\frac{i}{o} = \frac{p'}{p}$
5. **a)**



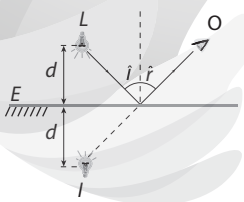
   b) 1,92 cm
6. **a)** 20 mil anos-luz.
   b) $1{,}9 \cdot 10^{17}$ km
7. **a)** Não, pois o planeta está distante 5 anos-luz da Terra, o que significa que a luz leva 5 anos para percorrer a distância que separa os planetas. Como a nave viaja à velocidade da luz, a viagem não seria possível em um final de semana.
   b) 10 anos.
   c) $4{,}8 \cdot 10^{16}$ m

Atividades
Página 22

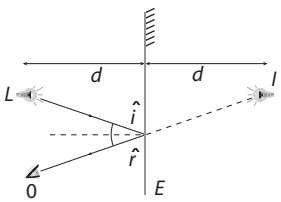
1.



2. **a)**



   b)



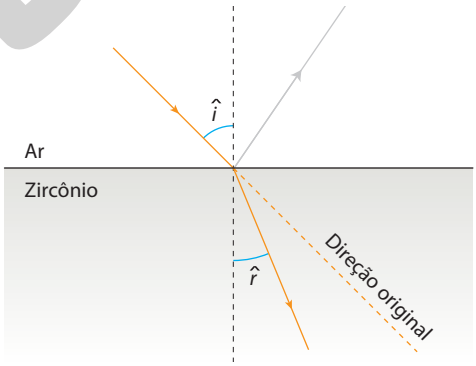
3. 150 cm
4. Objetos B, C e D.
5. **a)** $i = 15°$ e $r = 15°$ **b)** $i = 60°$ e $r = 60°$ **c)** $i = 0°$ e $r = 0°$
6. 2,0 m

Atividades
Página 26

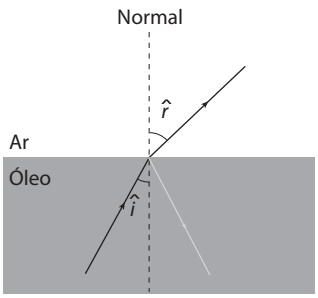
1. **a)** Imagem real, invertida e reduzida.
   b) Imagem real, invertida e de mesmo tamanho que o objeto.
   c) Imagem real, invertida e ampliada.
   d) Os raios refletidos são paralelos. A imagem é imprópria.
   e) Imagem virtual, direita e ampliada.
2. A imagem de um objeto real colocado na frente de um espelho convexo é sempre virtual, direita e reduzida.
3. O rosto da pessoa deve estar a uma distância menor que 25 cm do espelho.
4. Imagens projetadas em anteparos são reais. Somente espelhos côncavos fornecem imagens reais de objetos.
5. O espelho no qual Renata observou sua cabeça é convexo, porque a imagem formada é direita e reduzida. O espelho no qual Renata observou seu tronco é côncavo, e ela estava posicionada entre o foco e o vértice desse espelho, porque a imagem formada é direita e ampliada.
6. Trata-se de um espelho convexo, pois fornece uma imagem direita e menor; portanto, virtual. A diminuição do tamanho da imagem amplia o campo visual do espelho, mas pode acabar confundindo nossa percepção de "perto" e "longe".

Atividades
Página 29

1. **a)** O meio mais refringente é aquele com maior índice de refração. Entre os meios apresentados na tabela, o mais refringente é o diamante.
   b) A luz será mais desviada no meio em que ela se mover com menor velocidade. Entre os meios apresentados na tabela, o diamante é o de maior índice de refração e, portanto, onde a luz se move com menor velocidade.
   c) Como os índices de refração desse objeto de vidro e da glicerina são os mesmos, a luz não sofre mudança de velocidade ao passar da glicerina para o vidro. Isso significa que não será possível identificar o objeto de vidro no interior da glicerina. Ele parecerá invisível.
2. **a)**



   b) $v = 1{,}5 \cdot 10^8$ m/s
   c) $r \simeq 20°$
3. **a)**



   b) 1,5
4. **a)** Verdadeira.
   b) Verdadeira.
5. $d = 0{,}2$ m e $n_{vidro} = 1{,}5$

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: LUIZ RUBIO

Atividades

Página 33

1. Não haverá reflexão total, e o observador verá o trampolim.
2. **a)** Para que haja reflexão total, a luz deve passar de um meio mais refringente para um menos refringente. Portanto, a reflexão total pode ocorrer quando a luz incide do quartzo para o vidro comum e não pode ocorrer quando incide da glicerina para o álcool.
   b) O meio em que a luz proveniente do ar será mais desviada ao incidir é aquele onde a luz se move com a menor velocidade; portanto, o que tem maior índice de refração.
   c) 49°
3. **a)** No trecho *AB*, o índice de refração diminui seu valor à medida que se aproxima do solo, de modo que o valor na camada superior de ar (n_1) é maior que o índice de refração da camada inferior (n_2). Isso ocorre porque o ar próximo ao solo é mais quente (menos denso) e, nessas condições, a velocidade da luz aumenta no meio n_2.
   b) Em B ocorre reflexão total. O feixe de luz incide de um meio mais refringente para um menos refringente, já que, à medida que as camadas se tornam mais próximas ao solo, o ar é mais quente e *n* diminui. Nesse caso, o feixe incide com ângulo maior que o limite, sendo totalmente refletido na direção de C.
   c) Um observador em C verá a imagem da nuvem no prolongamento do raio que chega aos seus olhos, ou seja, abaixo do local onde ela realmente está.
4. **I.** Correta. **II.** Correta.
5. A é o de número 2, e o B, o de número 1.

Atividades

Página 40

1. Sim, os raios solares atingem a lente com um feixe de luz paralelo. Depois de atravessarem a lente, os raios convergem para o foco imagem *F'*. Assim, a folha de papel deve estar posicionada a 25 cm do centro óptico da lente, sobre o seu eixo principal.
2. Quando estão trabalhando, as costureiras necessitam do tecido e da agulha próximos dos olhos. Desse modo, a lente do olho é contraída e se encurva pela ação dos músculos ciliares, mantendo a imagem focalizada na retina. Isso pode "cansar" os olhos porque os músculos estarão sob tensão. Ao mirarem o infinito, a imagem se formará na retina, com pouca ou nenhuma tensão do músculo ciliar. A curvatura da lente do olho nessa situação é menos acentuada, ou seja, apresenta uma forma mais plana, propiciando maior relaxamento.
3. **a)** A natureza da imagem é virtual, direita e ampliada.
   b) A natureza da imagem é imprópria. Ou seja, a imagem não se forma, pois os raios não se encontram.
   c) A natureza da imagem é real, invertida e ampliada.
4. Na receita, lê-se a vergência ou grau da lente. Como $V = \frac{1}{f}$, a distância focal da lente receitada é (> 0), portanto, trata-se de uma lente convergente. Lentes convergentes são utilizadas na correção da presbiopia, defeito de visão no qual a imagem se forma depois da retina, devido ao enrijecimento do cristalino. O defeito não poderia ser miopia, pois para corrigi-la são utilizadas lentes divergentes.
5. **I.** Falsa. **III.** Verdadeira.
   II. Verdadeira. **IV.** Falsa.

Atividades

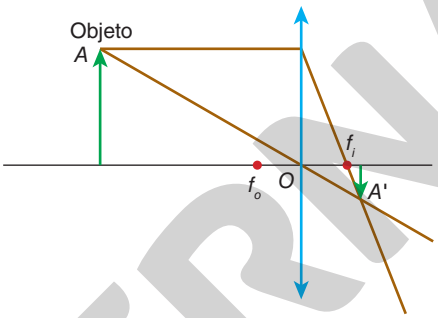
Página 45

1. As lentes de vidro começaram a ser substituídas por lentes de acrílico pois as lentes de vidro costumam ser pouco resistentes à queda, e seu uso é desaconselhado para crianças ou até mesmo para a prática de esportes. As lentes acrílicas são mais leves e confortáveis, além de serem ideais para solucionar todos os problemas de visão, de miopia à hipermetropia, astigmatismo e vista cansada.
2. Como essas lentes são mais finas e leves, proporcionam maior conforto para quem utiliza óculos que possui esse tipo de lente.
3. Essas lentes permitem que a refração da luz seja maior, logo, essas lentes serão mais finas, proporcionando mais conforto e menor custo.

Atividades finais

Página 46

1. Alternativa **c**.
2. Alternativa **c**.
3. Alternativa **c**.
4. Alternativa **a**.
5. Alternativa **d**.
6. Alternativa **b**.
7. Não, a lei da refração se aplica também à espelhos planos, côncavos e convexos. A propriedade dentro da óptica que afirma que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão é a primeira lei da refração, que estabelece que o raio incidente, o raio refratado e a normal pertencem a um mesmo plano.
8. Alternativa **a**.
9. Alternativa **a**.
10. Alternativa **b**.
11. Alternativa **a**.
12. Como a imagem é invertida podemos dizer que a lente é convergente no ponto onde o raio de luz que sai do objeto *A* atinge *A'*, interceptando o eixo principal da lente.



NELSON MATSUDA

Capítulo 2 Polímeros: obtenção, usos e implicações

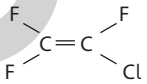
Atividades

Página 49

1. Resposta pessoal.
2. **a)** Resposta pessoal. **b)** Resposta pessoal.

Atividades

Página 55

1. Alternativa **c**. O composto não tem ligação dupla.
2. 

Atividades

Página 67

1. I, IV e V.
2. Resposta pessoal.

Atividades finais

Página 68

1. A descoberta de bactérias que decompõem o plástico PET. O PET, por sua estabilidade no ambiente – demora centenas de anos para se decompor espontaneamente –, representa um grave problema de poluição nas cidades, nos rios e nos oceanos, afetando a saúde da população humana e de diversas espécies marinhas e aves.
2. Resposta pessoal.
3. Alternativa **d**.
4. **a)** A principal informação no texto é o fato de sacolas plásticas biodegradáveis não serem tão efetivas em sua decomposição quanto seria necessário para que não fossem um grande problema como poluente. Resposta pessoal.
   b) Resposta pessoal.
5. Alternativa **b**.
6. Alternativa **d**.

MODERNA
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Capítulo 3 Tempo geológico e evolução humana

Atividades
Página 72

1. O conceito de tempo geológico apresenta dimensões muito maiores que o de tempo biológico, e com isso seu estudo não é realizado com os mesmos parâmetros de fenômenos de duração mais curta.
2. Grandes extinções em massa.
3. O ser humano surgiu na era Cenozoica, enquanto a vida surgiu no éon Pré-Cambriano.

Atividades
Página 76

1. Biota de Ediacara é um nome mais indicado, pois podem estar representados nos fósseis descritos tanto animais quanto plantas, e, por vezes, a identificação exata a que reino pertenciam é dificultada, em razão das características rudimentares dos primeiros seres pluricelulares.
2. No período Ordoviciano surgiram os primeiros peixes cartilaginosos, sem mandíbula ou dentes. No Siluriano apareceram os primeiros peixes cartilaginosos com mandíbulas e dentes, que facilitaram sua atuação como predadores. Os grandes grupos de peixes atuais surgiram no Devoniano. As plantas terrestres surgiram no Siluriano; no período Carbonífero as samambaias e as cavalinhas formavam bosques pela Terra, que criaram ambientes úmidos; no período Permiano, surgiram as gimnospermas.

Atividades
Página 81

1. A charge se relaciona ao fato de nunca termos dividido o planeta com dinossauros, de existir uma "barreira" de eras geológicas que nos separam no tempo. A era Cenozoica é definida após a grande extinção ocorrida no período Cretáceo (era Mesozoica). Assim, a extinção dos dinossauros ocorreu antes do surgimento dos primeiros hominínios (período Neoceno, era Cenozoica).
2. Os dinossauros foram dominantes durante o período Jurássico da era Mesozoica, e o nome *Jurassic Park* reflete esse fato.

Atividades
Página 89

1. O método científico consiste em acumular evidências (fatos) verificáveis, que permitem a formulação de hipóteses falseáveis, ou seja, passíveis de teste. O conjunto de fatos e suas respectivas hipóteses formam a teoria científica. Caso, após os experimentos ou a conquista de novas evidências, estas corroborem as hipóteses formuladas previamente, a teoria se mantém. Em caso negativo, devem-se formular novas hipóteses falseáveis e experimentos, desenvolvendo novas teorias. A descoberta de novos fósseis pode influenciar a teoria vigente de relação entre as espécies. Esses novos fósseis são os novos fatos, que, se não corroborarem a teoria e, portanto, a hipótese inicial, poderão alterar o paradigma vigente, como já foi alterado no caso da origem da linhagem humana, inicialmente designada para a Europa e mais tarde comprovada (até o momento) ter ocorrido na África. A Ciência é uma área dinâmica; a todo momento as teorias vigentes estão sendo colocadas à prova, e algumas delas são alteradas, dado o acréscimo de novas evidências.
2. Imagens como essa passam a ideia de que a evolução se dá de maneira linear, muitas vezes compreendida como uma "melhoria". Sabe-se, no entanto, que a evolução é muito mais complexa que isso; o grupo dos hominínios é um exemplo, pois é bastante ramificado – até o passado relativamente recente, espécies diferentes desse nosso grupo habitaram o planeta ao mesmo tempo.

Atividades
Página 91

1. Resposta pessoal.
2. Estudar a origem dos povos indígenas contribui para a reconstrução da história da humanidade e o reconhecimento das populações nativas do nosso país.
3. Resposta pessoal.
4. Resposta pessoal.

Atividades
Página 93

1. A bipedia refletiu-se em um estreitamento da pelve e, como consequência, uma diminuição no tamanho do canal para o parto. As fêmeas de *Homo erectus* eram bípedes e, portanto, apresentavam o canal do parto relativamente menor que o de seus ancestrais diretos. Assim, as fêmeas que davam à luz um pouco mais cedo (prematuramente) tinham maiores chances de ter um parto saudável, já que o bebê seria menor, e, assim, de deixar mais descendentes. Com isso, a seleção natural foi restringindo o tamanho máximo do bebê ao nascer.
2. Resposta pessoal.

Atividades finais
Página 95

1. Resposta pessoal.
2. A deriva continental, pois explicaria, pela existência no passado de um único continente, a distribuição de organismos vivos e fósseis, sem a necessidade de múltiplas origens.
3. Em todos os continentes; isso evidencia que no passado os continentes se apresentavam como uma massa única, a Pangeia.
4. Os fósseis permitem construir filogenias quando são encontrados ancestrais comuns a diferentes grupos; também permitem compreender como eram os ambientes nas diferentes eras geológicas.
5. Permite inferir que esses continentes já estiveram próximos o suficiente para terem espécies em comum.
6. Resposta pessoal.
7. A espécie mais antiga é o *Australopithecus afarensis*, que viveu há cerca de 4,5 milhões de anos e tinha uma massa corporal média de 40 kg.
8. As quatro espécies que representam um grande aumento de massa corporal em relação aos australopitecíneos são *Homo rudolfensis*, *Homo erectus*, *Homo sapiens* e *Homo neanderthalensis*.
9. A espécie com a maior massa corporal média é *Homo neanderthalensis*.
10. Entre as possíveis hipóteses, pode-se citar que o maior consumo de carne, garantido pelo uso de lascas de pedra, pode ter proporcionado o aumento na massa corporal.
11. Resposta pessoal.

Capítulo 4 À luz das estrelas

Atividades
Página 99

1. 12,5 Hz
2. 10 m/s
3. 600 m/s
4. 20 Hz

Atividades
Página 101

1. $4{,}44 \cdot 10^{14}$ Hz
2. 0,3 m
3. 60.000 m

Atividades
Página 102

1. O efeito Doppler consiste na diferença de frequências sonoras captadas por um observador, que pode estar em repouso ou não. Essa diferença de frequências é percebida pela sensação auditiva de agudos e graves. A grandeza física responsável por tal diferença é a frequência da onda sonora. As frequências mais baixas são percebidas como um som grave e as frequências maiores como um som agudo.
2. Alternativa **d**.

Atividades finais
Página 112

1. Alternativa **d**.
2. Alternativa **b**.
3. Alternativa **e**.
4. Alternativa **b**.
5. Alternativa **c**.
6. Alternativa **d**.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

EDITORIA

Capítulo 5 Interferência humana no ambiente

Atividades
Página 120

1. Nos lixões, os resíduos são depositados a céu aberto, não há nenhuma medida de proteção do solo e o lixo não recebe nenhum tipo de tratamento. É a solução menos indicada para o descarte do lixo. Nos aterros controlados, o lixo é depositado sobre um solo parcialmente impermeabilizado e há coleta de gases e chorume provenientes da decomposição do lixo. Em geral, recebem diariamente uma cobertura de solo ou saibro, para evitar que o lixo fique exposto e atraia animais. Nos aterros sanitários, o solo é totalmente impermeabilizado e há coleta de todo o gás e chorume produzidos. É considerada a maneira mais eficaz de descarte de resíduos sólidos comuns.
2. Conhecer a dinâmica da sucessão ecológica de um local facilita na escolha das espécies para um programa de reflorestamento. O uso de espécies exóticas não é recomendado; nesses casos, devem ser priorizadas espécies nativas da região.

Atividades
Página 122

1. A resposta depende do local considerado.
2. Os adubos químicos usados pela agricultura são levados para os lagos, rios e mares por meio do escoamento das águas da chuva. Esses nutrientes são utilizados pelas algas e, em grande quantidade, provocam um aumento acelerado das populações desses seres vivos, fenômeno conhecido como "floração das águas".

Atividades
Página 125

1. A canalização de rios afeta profundamente o ecossistema. Ao promover a alteração brusca de um fator abiótico (em geral, a luminosidade é a mais afetada), a canalização afeta diretamente as populações de organismos fotossintetizantes, o que impacta os demais níveis das cadeias alimentares. A canalização dos rios e córregos também está associada à diminuição da permeabilidade do solo, o que tem efeitos sobre os ecossistemas terrestres próximos e contribui para a ocorrência de alagamentos.
2. O relatório deve explicar que a pesca de arrasto é um método que causa grande impacto ao ecossistema marinho, pois são usadas dragas que raspam o fundo e trazem para a superfície uma grande quantidade de organismos que não são aproveitados comercialmente. Isso altera a estrutura do meio e das comunidades que vivem no assoalho marinho. O espinhel consiste em um longo fio de náilon cheio de anzóis e iscas. Esse método é mais seletivo, não provocando danos ao fundo dos oceanos nem retirando organismos que não serão comercializados. Contudo, em razão de sua seletividade, ele pode provocar a diminuição de determinadas espécies em um prazo mais curto.

Atividades finais
Página 126

1. Resposta pessoal.
2. Vantagens: redução do volume a ser descartado, com consequente economia de espaço; minimização da produção de resíduos; redução da toxicidade do material com a destruição de bactérias e vírus causadores potenciais de doenças, sendo, portanto, a forma ideal de lidar com o lixo hospitalar; possibilidade da recuperação de energia utilizada no processo para a geração de vapor ou eletricidade. Desvantagens: custo elevado, exigência de mão de obra qualificada e dificuldades operacionais.
3. A fabricação de cimento com materiais coprocessados, como pneus velhos, óleo, tintas e resíduos hospitalares, no lugar dos combustíveis fósseis tradicionalmente utilizados, elimina a produção de resíduos tóxicos para o ambiente. Além disso, reduz a emissão de gases causadores do aquecimento global e é menos dispendiosa em relação ao processamento tradicionalmente utilizado.
4. Resposta pessoal.
5. A pesca apresentou um crescimento constante até o final da década de 1990, quando se aproximou de uma estagnação. A aquicultura apresentou um crescimento acelerado nas últimas décadas e que se mostra bastante intenso atualmente.
6. A diminuição no crescimento da pesca pode ser explicada pela diminuição na disponibilidade dos cardumes e pelo crescimento da aquicultura. O crescimento da aquicultura pode ser explicado pelo desenvolvimento da técnica, que é relativamente recente, e pela busca por fontes mais sustentáveis de alimentos.
7. Alternativa **a**.
8. Alternativa **d**.

Capítulo 6 A velocidade das transformações químicas

Atividades
Página 131

1. As quantidades de N_2 e H_2 diminuem. A quantidade de NH_3 aumenta.
2. **a)** 3 mol de N_2, 6 mol de H_2 e 0 mol de NH_3.
   b) 1 mol de N_2 e 3 mol de H_2.
   c) 2 mol de NH_3.
   d) 2 mol de N_2, 3 mol de H_2 e 2 mol de NH_3.
3. **a)** 0,8 mol de N_2 e 2,4 mol de H_2.
   b) 1,6 mol de NH_3.
   c) 1,2 mol de N_2; 0,6 mol de H_2 e 3,6 mol de NH_3.
4. Em relação a N_2: 1 mol de N_2/min; a H_2: 3 mol de H_2/min; a NH_3: 2 mol de NH_3/min.
5. Em relação a N_2: 0,8 mol de N_2/min; a H_2: 2,4 mol de H_2/min; a NH_3: 1,6 mol de NH_3/min.
6. Porque os coeficientes estequiométricos que indicam a proporção em mol dos participantes da reação são diferentes.
7. Diminuiu.
8.

	N_2O_5	⟶	$2\,NO_2$	+ $\frac{1}{2}O_2$
$t = 0$	1,40 mol L^{-1}	-	0	0
reagiu	0,32 mol L^{-1}	formando	0,64 mol L^{-1}	0,16 mol L^{-1}
$t = 1$ h	1,08 mol L^{-1}	-	0,64 mol L^{-1}	0,16 mol L^{-1}
reagiu	0,28 mol L^{-1}	formando	0,56 mol L^{-1}	0,14 mol L^{-1}
$t = 2$ h	0,80 mol L^{-1}	-	1,20 mol L^{-1}	0,30 mol L^{-1}

9. Intervalo de 0 h-1 h:
   Para N_2O_5, $v_m = 0{,}32$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para NO_2, $v_m = 0{,}64$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para O_2, $v_m = 0{,}16$ mol L^{-1} h^{-1}

   Intervalo de 1 h-2 h:
   Para N_2O_5, $v_m = 0{,}28$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para NO_2, $v_m = 0{,}56$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para O_2, $v_m = 0{,}14$ mol L^{-1} h^{-1}

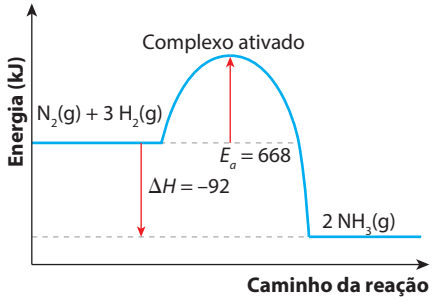
   Intervalo de 0 h-9 h:
   Para N_2O_5, $v_m = 0{,}144$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para NO_2, $v_m = 0{,}29$ mol L^{-1} h^{-1}
   Para O_2, $v_m = 0{,}07$ mol L^{-1} h^{-1}
10. As velocidades em relação aos diversos reagentes são proporcionais aos coeficientes da equação, independentemente do intervalo de tempo.

Atividades
Página 136

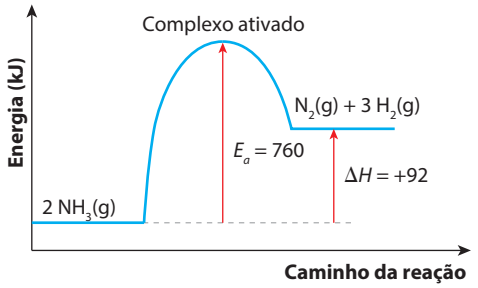
1. **a)** A temperatura do *freezer* é mais baixa que a do congelador e muito mais baixa que 20 °C. Portanto, as velocidades de transformação que ocasionariam a deterioração do alimento no *freezer* são muito menores, o que conserva o alimento por mais tempo.
   b) Sob pressão, a água entra em ebulição a uma temperatura maior. Por isso, na panela de pressão, o tempo de cozimento dos alimentos é menor, já que a energia cinética das moléculas no interior da panela aumenta, o que acarreta o aumento das velocidades de reação envolvidas no cozimento dos alimentos.
2. Porque, à medida que o tempo passa, a concentração do reagente (N_2O_5) diminui. Como geralmente a velocidade de reação depende da concentração, ocorre decréscimo da velocidade.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

3 **a)**



b)



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

c) A decomposição de NH_3, que é endotérmica.
d) A síntese de NH_3, cuja energia de ativação é mais baixa que a de decomposição.

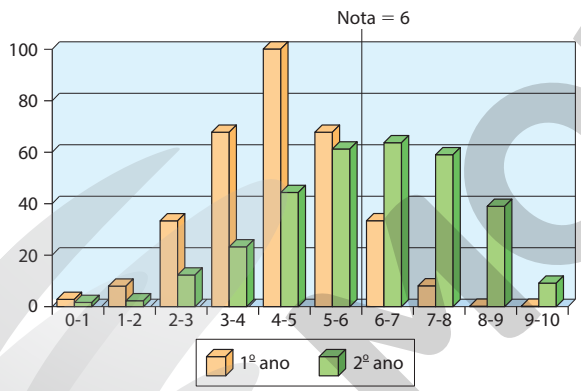
4 Não. Para que um choque entre duas moléculas reagentes resulte em produto, é necessário que algumas condições sejam satisfeitas, entre elas a disposição espacial das moléculas ao se chocarem.

5 Resposta pessoal.

Atividades

Página 139

1 Exemplo de resposta.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

2 Pode-se perceber que o rendimento médio aumentou do grupo do 1º ano para o do 2º ano.

3 A curva do 2º ano possui aspecto mais achatado que a do 1º ano pelo fato de a área determinada pelos pontos do gráfico de ambas as curvas ser a mesma (o número de alunos e o intervalo de notas — 0 a 10 — são idênticos), havendo, no caso do 2º ano, maior número de notas mais altas, inclusive com melhor distribuição em relação à curva do 1º ano. Além disso, no 2º ano há alunos distribuídos por todas as faixas de notas. O deslocamento da curva se deu para o lado direito.

4 Porque a área total determinada pelo produto número de alunos com certa nota *versus* a nota não muda, uma vez que o total de alunos da classe é o mesmo e o intervalo de notas — de 0 a 10 — também.

5 Considerando a linha que indica a nota igual a 6,0, pode-se perceber que a soma do número de alunos à direita dessa linha é maior para o 2º ano do que para o 1º.

Atividades

Página 140

1 Gás oxigênio (O_2).

2 Porque pode não haver número de moléculas suficiente para ocorrerem colisões eficazes entre as moléculas de oxigênio e as do combustível, isto é, essas moléculas não se chocariam com energia maior do que a energia de ativação necessária para que ocorra a transformação química.

3 Esses agentes físicos aumentam a energia cinética média das moléculas do combustível e do oxigênio, isto é, fornecem energia ao sistema para que seja atingida a energia de ativação e para que a reação tenha início.

4 Em certos lugares de um hospital, a concentração do O_2 no ar fica maior que a usual no ar atmosférico porque parte do gás oxigênio administrado a pacientes se difunde no ambiente. Isso explica por que a velocidade de combustão também fica maior nesse ambiente, o que eleva os riscos de incêndio, exigindo maiores cuidados com a segurança.

Atividades

Página 145

1 $v = k \cdot [NO]^2 \cdot [Cl_2]$

2 Porque as substâncias reagentes são moleculares e não são boas condutoras de corrente elétrica, enquanto entre os produtos formam-se íons em solução aquosa que são condutores de eletricidade. Como a condutividade aumenta com a concentração de íons em solução, à medida que a reação se processa, há um aumento de condutividade, tendo em vista o aumento da concentração de íons (H^+ e I^-). Com base na medida periódica da condutividade, como ela tem relação com o aumento da concentração de produtos, pode-se relacioná-la à velocidade da reação.

Atividades

Página 151

1 Luz e calor podem acelerar uma reação química na medida em que aumenta a velocidade média das moléculas, provocando maior número de colisões moleculares. No entanto, não são catalisadores. Apenas substâncias que são adicionadas ao sistema e aceleram a reação por interferir no mecanismo pelo qual ela se processa, diminuindo a energia de ativação, são catalisadores.

2 **a)** Exotérmica. **c)** 9 kJ **e)** 5 kJ
b) −25 kJ **d)** 5 kJ

3 **a)** +25 kJ **c)** 34 kJ **e)** 5 kJ
b) Endotérmico. **d)** 30 kJ

4 Não, porque o acréscimo de catalisador tem como função diminuir a energia de ativação do complexo ativado, que é o mesmo para ambas as reações, a direta e a inversa.

5 Quando se acrescenta água ao medicamento em pó, aumenta-se a superfície de exposição do medicamento ao ambiente, por isso é preferível guardá-lo em geladeira, pois, assim, baixa-se sua temperatura, garantindo que ele dure o tempo necessário ao tratamento. De qualquer modo, após esse período, ele terá de ser inutilizado, enquanto os comprimidos, cuja superfície de exposição ao ambiente é menor, correm menos risco de se alterar em contato com o ar.

6 Os amaciantes, como o suco de abacaxi, contêm enzimas, que aceleram o processo de transformação das proteínas contidas na carne em substâncias cujas moléculas têm cadeia bem menor, tornando a carne mais macia.

Atividades finais

Página 152

1 **a)** Resposta pessoal. **b)** Resposta pessoal.

2 Alternativa **d**.

3 Alternativa **e**.

4 Alternativa **b**.

5 **a)** Pela estequiometria das equações, formaram-se 2*n* mol de ácido etanoico (2 · 0,04 mol = 0,08 mol) e 0,14 mol − *n* mol de ácido butanoico (0,14 mol − 0,04 mol = 0,10 mol). Portanto, formou-se mais ácido butanoico.
b) Quanto maior a inclinação da reta tangente à curva no gráfico, maior será a velocidade instantânea. Pelo gráfico, a curva atinge a inclinação máxima após 30 horas de fermentação.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

SOBERANA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMENTADAS

ABDALLA, M. *Bohr*: o arquiteto do átomo. São Paulo: Odysseus, 2003.

O livro aborda a importante descoberta realizada pelo físico dinamarquês Niels Bohr ao apresentar um estudo no início do século XX sobre a estabilidade do átomo.

BARHAM, P. *A ciência da culinária*. São Paulo: Roca, 2002.

A cozinha também é um laboratório científico. É o que mostra o livro ao unir Física e Química na preparação dos alimentos e nos muitos processos que são rotineiros na arte de cozinhar. Para que uma receita saia do papel e se torne deliciosa, além de tempero e sabor é necessário também entender a Química e a Física.

BATHERN, R. *A luz*. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

A publicação aborda os fenômenos relacionados à luz, como noções básicas sobre a formação de imagens, a óptica do olho humano, os sistemas ópticos, a óptica geométrica, a óptica física e o eletromagnetismo.

BRASIL. Ministério da Saúde. Disponível em: <https://saude.gov.br/>. Acesso em: 9 jun. 2020.

No *site* do Ministério da Saúde você encontra notícias, informações, serviços e programas relacionados à saúde.

BRASIL. Ministério do Meio ambiente. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 9 jun. 2020.

No *site* do Ministério do Meio Ambiente você encontra notícias, informações, serviços, projetos, programas e consultas públicas que envolvem o meio ambiente.

CAVALCANTE, M. A. *et al*. *Física moderna experimental*. São Paulo: Manole, 2007.

A publicação trabalha os conceitos que deram origem à Física quântica e traz experimentos para a compreensão de fenômenos ligados a situações do cotidiano.

DAWKINS, R. *A escalada do monte improvável*: uma defesa da teoria da evolução. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

Nesse livro, o biólogo Richard Dawkins oferece uma fascinante viagem em direção ao cume do "monte improvável", imagem que usa para representar o caminho evolutivo das espécies.

ERNEST, M. *Biologia*: Ciência única. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

O livro reúne pequenos ensaios de um dos arquitetos da síntese neodarwinista. Os capítulos "As cinco teorias da evolução de Darwin" e "A origem dos seres humanos" fornecem subsídio ao professor e podem ser utilizados como texto suplementar em aula.

FIGUEIREDO, A.; PIETROCOLA, M. *Física, um outro lado* – Luz e cores. São Paulo: FTD, 2000.

O livro explica o que são as ondas eletromagnéticas e como são produzidas. De maneira fácil, esclarece por que o céu é azul, por que as nuvens são brancas e o que é difração da luz.

GLEISER, M. *A dança do Universo*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

Como o Universo surgiu? O autor apresenta histórias e interpretações de diferentes culturas baseadas em mitos, religião e nas teorias científicas para responder a essa pergunta.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. *Bohr e a interpretação quântica da natureza*. São Paulo: Atual, 2005.

A obra destaca o trabalho do físico dinamarquês Niels Bohr para o desenvolvimento da teoria quântica, além de discutir os conceitos fundamentais dessa teoria e o panorama cultural do início do século XX.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; TOWNSEND, J. R.; TREICHEL, D. A. *Química geral e reações químicas*. 9. ed. Cengage Learning, 2016. v. 2.

A obra contém muitos capítulos voltados aos conceitos básicos da Química Geral, abordados neste volume, dirigido a cursos superiores. Em especial, os capítulos 14 (Cinética Química: As Velocidades das Reações Químicas), 23 (Carbonos: Mais que um Elemento). Na obra também destacam-se as seções em que aspectos relevantes no mundo contemporâneo são abordados.

MONTANARI, V. *Nas ondas da luz*. São Paulo: Moderna, 1995.

O livro traz uma retrospectiva histórica da evolução dos conceitos sobre a luz e dos fenômenos luminosos. A compreensão desses conceitos é facilitada por experiências simples que o estudante pode realizar em casa.

MORRIS, D. *O macaco nu*. Rio de Janeiro: Record, 2004.

Escrito em 1967, é um livro revolucionário e um tanto controverso acerca do comportamento humano. Em uma época em que o ser humano ainda se vê como um ser superior aos outros animais, Desmond Morris analisa os seus comportamentos social, sexual e alimentar como se fossem de qualquer outro animal.

NEVES, W. A; PILÓ, L. B. *O povo de Luzia*. Rio de Janeiro: Globo, 2008.

O livro apresenta, de forma bastante didática, uma das teorias mais aceitas para a colonização das Américas. Conta com desenhos, diagramas, mapas e fotos que podem ser utilizados no trabalho em sala de aula.

QUÍMICA Nova na Escola (QNEsc). Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/>. Acesso em: 9 jun. 2020.

A revista *Química Nova na Escola* disponibiliza diversos artigos com debates e reflexões sobre o ensino de Química, propostas de experimentos e atualizações relacionadas à área Química.

ROBERTS, R. M. *Descobertas acidentais em Ciências*. 2. ed. São Paulo: Papirus, 1995.

Por meio de uma linguagem simples, o autor relata descobertas e invenções científicas que foram possíveis graças a um incidente, acidente ou acaso e o olhar sagaz do cientista.

SADAVA, D. *et al*. *Vida*: a ciência da Biologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. v. 1.

Organizado em nove partes, o primeiro volume trata de célula e hereditariedade, passando por células e energia, biologia molecular, processos de evolução, ecologia, a evolução da diversidade e forma e função dos animais.

SNYDER, C. H. *The extraordinary Chemistry of ordinary things*. Second USA, 1995.

Partindo de produtos de consumo, muitos deles de uso cotidiano, o autor explora princípios químicos relacionados a eles. Destaca-se o capítulo 19, que aborda os polímeros.

STEVEN, M. *Depois do gelo*: uma história humana global – 20.000--5.000 a.C. Rio de Janeiro: Imago, 2007.

O livro sintetiza o conhecimento arqueológico referente ao período de 20.000 a 5.000 anos atrás. Nessa época, ocorreu a domesticação de plantas e animais e o surgimento da agricultura, vilas e grandes civilizações. O texto é cheio de informações, mas o estilo narrativo, com reconstruções dramáticas, torna sua leitura mais fácil. Serve de aprofundamento para o professor interessado na pré-história recente da espécie humana, especialmente no surgimento das civilizações agrícolas.

Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

MODERNA

ISBN 978-65-5779-319-0

MODERNA