SÔNIA LOPES
SERGIO ROSSO

Editora responsável:
MAÍRA ROSA CARNEVALLE



CIÊNCIAS DA NATUREZA LOPES & ROSSO

Evolução e Universo

MATERIAL DE DIVULGAÇÃO.
VERSÃO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO.

Código da coleção:
0194P21203
Código da obra:
0194P21203133

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias

MODERNA

MODERNA

SÔNIA LOPES
Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Licenciada em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade de São Paulo.
Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Professora universitária aposentada.

SERGIO ROSSO
Licenciado em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo. Professor.

Editora responsável:
MAÍRA ROSA CARNEVALLE
Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos. Editora.

CIÊNCIAS DA NATUREZA LOPES & ROSSO

Evolução e Universo

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

MANUAL DO PROFESSOR

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

Elaboração de originais

Artur Guazzelli Leme Silva

Bacharel em Química Ambiental pela Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área de concentração: Bioquímica) pela Universidade de São Paulo (SP). Editor.

Bianca Trama Freitas

Licenciada em Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental pela Universidade de São Paulo, Escola de Artes, Ciências e Humanidades (SP). Mestra em Ciências (Programa de Pós-graduação em Biologia Química) pela Universidade Federal de São Paulo (SP). Doutora em Ciências dos Materiais (área de Química dos Materiais) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (SP). Professora.

Carlos Mariz de Oliveira Teixeira

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Licenciado em Física pelo Instituto de Física e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no programa: Física pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Daiane Breves Seriacopi

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Astronomia pela Universidade de São Paulo (SP). Astrofísica.

Fabio Rizzo de Aguiar

Bacharel em Ciências com habilitação em Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz (SP). Licenciado pleno em Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz (SP). Doutor em Química pela Universidade do Porto revalidado pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Graciele Almeida de Oliveira

Bacharel em Química e doutora em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área: Bioquímica) pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (SP). Pesquisadora e professora.

Ivo Bernardi de Freitas

Bacharel e licenciado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Mestre em Química na área de Química Inorgânica pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Químico.

Joana Guilares de Aguiar

Bacharel e licenciada em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Mestra em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Doutora em Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Juliana Maia

Licenciada em Química pela Universidade Estadual de Santa Cruz (BA). Licenciada em Pedagogia pela Faculdade da Aldeia de Carapicuíba (SP). Mestra em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Editora.

Lina M. Almeida-Silva

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Bahia (BA). Doutora em Ciências (área de concentração: Zoologia) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Nathália Helena Azevedo

Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Paulo (SP). Licenciada pelo Programa Especial de Formação Pedagógica em Biologia pelo Centro Universitário Claretiano – CEUCLAR (SP). Mestra em Ciências no programa: Ecologia (área de concentração: Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) pela Universidade de São Paulo (SP). Bióloga.

Oliveira-Junior, M. M.

Licenciado em Química pelos Instituto de Química e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Patrícia Araújo dos Santos

Bacharela e licenciada em Química pela Universidade de São Paulo (SP). Doutora em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área de concentração: Bioquímica) pela Universidade de São Paulo (SP). Editora e professora.

Rodrigo Uchida Ichikawa

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Tecnologia Nuclear (área de concentração: Tecnologia Nuclear – Materiais) pela Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no Programa: Tecnologia Nuclear (área de concentração: Tecnologia Nuclear – Materiais) pela Universidade de São Paulo (SP). Editor.

Rosana Louro Ferreira Silva

Licenciada em Ciências pela Faculdade de Ciências Exatas e Experimentais da Universidade Mackenzie (SP). Doutor em Educação (área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora universitária.

Tathyana Tumolo

Bacharel em Química pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (SP). Licenciada em Química pela Universidade de Franca (SP). Pós-doutorada pelo Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (SP). Editora.

Vinicius Roggério da Rocha

Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Meteorologia pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Edição de texto: Thalita B. C. Encarnação (Coordenação), Andreza C. Souza Silva, Artur Guazzelli Leme Silva, Carlos M. de Oliveira Teixeira, Carolina Rossi, Fabio Rizzo de Aguiar, Izabel Bueno, Jeferson Felix, Juliana Bardi, Juliana de Oliveira Maia, Livia Aceto, Luiz A. de Paula, Maiara Oliveira Soares, Marina M. de Brito, Marina Vieira Santos, Matheus C. Torres, Patrícia A. dos Santos, Pedro Magalhães, Rafaela W. Sobrinho, Rodrigo Uchida Ichikawa, Tathyana C. Tumolo, Tatiani A. G. Donato

Assessoria pedagógica: Daniela Ferrari

Preparação de texto: Fabiana Biscaro, Malvina Tomaz

Gerência de *design* e produção gráfica: Everson de Paula

Coordenação de produção: Patricia Costa

Gerência de planejamento editorial: Maria de Lourdes Rodrigues

Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite

Projeto gráfico: APIS Design, Bruno Tonel, Douglas Rodrigues José

Capa: APIS Design, Bruno Tonel

Foto: Arte computadorizada de um nanorrobô hipotético capaz de interagir com células infectadas. Roger Harris/ Science Photo Library/ Fotoarena

Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho

Edição de arte: Adriana Santana, Clayton Renê P. Soares, Eliazar Alves Cavalcanti Junior

Editoração eletrônica: Teclas editorial

Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo

Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero

Revisão: Ana Paula Felippe, Kiel Pimenta, Márcia Leme, ReCriar Editorial

Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron

Pesquisa iconográfica: Márcia Mendonça

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)

Lopes, Sônia
Ciências da natureza : Lopes & Rosso : manual do professor / Sônia Lopes, Sergio Rosso ; editora responsável Maíra Rosa Carnevalle. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Conteúdo: Evolução e universo -- Energia e consumo sustentável -- Água, agricultura e uso da terra -- Poluição e movimento -- Corpo humano e vida saudável -- Mundo tecnológico e ciências aplicadas
Bibliografia.

1. Biologia (Ensino médio) 2. Física (Ensino médio) 3. Química (Ensino médio) I. Rosso, Sergio. II. Carnevalle, Maíra Rosa. III. Título.

20-36705 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

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

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

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

Todos os direitos reservados

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

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

MODERNA

Suplemento para o professor

Caro Professor,

A chegada da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) trouxe mudanças significativas para toda a área educacional. Não só o papel da escola e a atuação de professores e estudantes precisam ser ressignificados, mas também os materiais didáticos. O documento deixa explícita a necessidade de

> [...] superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento, **o estímulo à sua aplicação na vida real, a importância do contexto para dar sentido ao que se aprende e o protagonismo do estudante em sua aprendizagem** e na construção de seu projeto de vida (BRASIL, p. 15, 2018, destaque nosso).

Tendo em vista esse contexto, o novo Ensino Médio pretende atender às necessidades e às expectativas dos estudantes, fortalecendo seu interesse, engajamento e protagonismo, visando garantir sua permanência e aprendizagem na escola. Também busca assegurar o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores capazes de formar as novas gerações aptas para lidar com desafios pessoais, profissionais, sociais, culturais e ambientais do presente e do futuro, considerando a intensidade e a velocidade das transformações que marcam as sociedades na contemporaneidade.

Assim, o estudo das **Ciências da Natureza e suas Tecnologias** é indispensável na sociedade contemporânea em razão da influência que essas ciências exercem no cotidiano de todos. Os conhecimentos nessa área atuam em diferentes aspectos, que abrangem desde noções básicas sobre o funcionamento dos organismos e dos objetos até melhoria da qualidade de vida, manutenção do meio ambiente e geração de energia para todos. Portanto, compreender as mudanças geradas por influência da Ciência e da tecnologia e refletir e agir mediante conhecimentos científicos adquiridos no decorrer da vida escolar são atitudes essenciais na formação de todos os estudantes brasileiros.

Desse modo, o ensino de Ciências da Natureza, em todas as etapas da Educação Básica, necessita abordar conceitos, leis, teorias e modelos focando no desenvolvimento de competências e habilidades, além de permitir que os estudantes compreendam, interpretem e apliquem os conhecimentos científicos na resolução de problemas individuais e coletivos em diferentes esferas da vida. Ou seja, ao mesmo tempo que o ensino se compromete com o letramento científico, ele deve proporcionar aos estudantes condições que estimulem a investigação, a análise e a discussão das problemáticas que podem surgir de diferentes contextos socioculturais.

Com isso em mente, procuramos neste Suplemento, apresentar a você, professor, as escolhas teórico-metodológicas que embasam a Coleção e, sobretudo, apoiá-lo no processo de mediação entre os conteúdos científicos e as práticas cotidianas vivenciadas pelos estudantes. Buscamos também inspirar sua prática docente, viabilizando um diálogo constante entre as nossas propostas, as suas perspectivas pedagógicas e o contexto sociocultural dos estudantes. Como resultado dessa interação, as possibilidades sugeridas se multiplicam, pois, quando somadas às suas experiências e aos seus conhecimentos, poderão efetivamente contribuir para o ensino de Ciências mais significativo que todos almejamos.

Para facilitar a organização das informações, dividimos este Suplemento em orientações gerais e orientações específicas. Nas orientações gerais são apresentadas a organização e a proposta da Coleção, explicando a estruturação dos volumes à luz dos pressupostos teórico-metodológicos que embasaram sua elaboração. Destacamos como a Coleção se articula com esses referenciais, com a BNCC e seu material de apoio. Exploramos também sugestões de abordagem e de uso da Coleção, de acordo com algumas opções de estrutura do curso: bimestral, trimestral ou semestral. Nas orientações específicas há sugestões, para todos os volumes, de organização do trabalho em sala de aula visando colaborar no planejamento, na condução e na avaliação do ensino. Entretanto, reforçamos aqui nosso objetivo de estabelecer uma parceria valorizando seu conhecimento acerca da realidade de sua escola e de seus estudantes. Assim, caberá a você, professor, fazer as escolhas na busca por melhores caminhos para favorecer a aprendizagem dos educandos. Nossa função é oferecer subsídios para que você siga a jornada educacional com apoio e confiança.

Conte conosco e bom trabalho!

Os Autores.

MODERNA

Sumário

Orientações gerais sobre a Coleção V

Formação geral básica para o Ensino Médio: competências e habilidades da BNCC para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias V

Organização e proposta da Coleção VII

Organização do Livro do estudante VIII

Organização do Suplemento para o professor X

Sugestões de uso da Coleção X

Pressupostos teóricos da Coleção XI

Aspecto teórico-metodológico na perspectiva da alfabetização científica XI

Contextualização no ensino de Ciências por meio da inter-relação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade XII

A argumentação na perspectiva da alfabetização científica XIII

A importância das práticas investigativas para a alfabetização científica XIII

O pensamento computacional e o ensino de Ciências da Natureza XVI

Alfabetização midiática: do acesso à criação de mídias XVII

A leitura inferencial como objeto de conhecimento XVIII

O jovem do Ensino Médio como protagonista XIX

Ressignificando o papel do professor e sua prática pedagógica XX

Metodologias ativas XXI

Rotinas de pensamento XXI

Avaliação a serviço da aprendizagem XXII

Justificativa e objetivos deste volume XXIV

Referências bibliográficas XXV

Orientações específicas por Unidade XXVIII

Unidade 1 Explorando o Universo e a vida XXVIII

Unidade 2 Humanos, metais e máquinas LXV

Resoluções das atividades CX

MODERNA

Formação geral básica para o Ensino Médio: competências e habilidades da BNCC para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

O novo Ensino Médio simboliza uma reforma no atual modelo de ensino do país, o qual vem sendo marcado por altos índices de evasão e piores indicadores de aprendizado de toda a Educação Básica. Conforme o Ministério da Educação, a grande aposta desse novo modelo centra-se em

> [...] atender às necessidades e às expectativas dos jovens, fortalecendo o protagonismo juvenil na medida em que possibilita aos estudantes escolher o itinerário formativo no qual desejam aprofundar seus conhecimentos. Um currículo que contemple uma formação geral, orientada pela BNCC, e também itinerários formativos [...] contribuirá para maior interesse dos jovens em acessar a escola e, consequentemente, para sua permanência e melhoria dos resultados da aprendizagem.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. *Novo Ensino Médio – perguntas e respostas*. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensino-medio-duvidas>. Acesso em: 30 maio 2020.

Para atender a essa nova perspectiva, a carga horária será aumentada gradativamente de 800 para 1.000 horas por ano letivo, totalizando 3.000 horas em todo o Ensino Médio. Até 1.800 horas serão garantidas para a **formação geral básica**, com os conhecimentos previstos na BNCC, e o restante da jornada deverá ser destinado aos **itinerários formativos**, que visam à formação técnica e profissional, valorizando a escolha dos estudantes em sua trajetória escolar. Outra alteração diz respeito à organização do Ensino Médio em quatro áreas do conhecimento, que têm como finalidade a integração dos componentes curriculares para propiciar aos estudantes melhor compreensão da complexa realidade em que vivem e maior protagonismo juvenil. São elas:

- Linguagens e suas Tecnologias (Língua Portuguesa, Língua Inglesa, Arte e Educação Física);
- Matemática e suas Tecnologias (Matemática);
- Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física e Química);
- Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (Geografia, História, Sociologia e Filosofia).

Os componentes curriculares Português e Matemática são obrigatórios ao longo de todo Ensino Médio, além da língua materna, no caso de indígenas. A oferta de Língua Inglesa, embora obrigatória, pode ser realizada em qualquer um dos três anos. Essa nova estrutura permite maior flexibilização curricular e incentiva o desenvolvimento das práticas interdisciplinar e multidisciplinar.

Desse modo, o Ensino Médio constitui-se na etapa da Educação Básica que busca o aprofundamento e a consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo do Ensino Fundamental, garantindo o desenvolvimento de competências necessárias para o trabalho e para o exercício da cidadania.

Esta Coleção busca oferecer a **formação geral básica** dos estudantes por meio de competências e das habilidades previstas pela BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, traduzindo as expectativas propostas por esse documento e atendendo às demandas contemporâneas do século XXI. Vale ressaltar que a BNCC é um documento normativo cujos propósitos são balizar a qualidade do ensino e das políticas educacionais no país e estabelecer direitos de aprendizagem e desenvolvimento comuns às diversas propostas curriculares e pedagógicas que compõem a Educação Básica no Brasil. Trata-se, portanto, da referência nacional obrigatória para embasar a elaboração de currículos e propostas pedagógicas das redes de ensino e escolas públicas e particulares do país, com respeito à autonomia dessas instituições e redes.

A BNCC, organizada em competências e habilidades, direciona a formação integral dos estudantes, em suas variadas dimensões intelectual, afetiva, ética, física, cultural, sociopolítica, levando-os a construir e compreender suas atuações em uma sociedade inclusiva e consciente. O documento apresenta **dez competências gerais** que orientam a Educação Básica e permitem o estabelecimento de um processo de continuidade com o Ensino Médio. Vinculadas a essas competências existem as competências específicas das diferentes áreas do conhecimento. E, por último, a BNCC traz as habilidades – agrupadas e vinculadas às competências específicas de área – que permitem definir claramente as aprendizagens essenciais, expressando o **domínio conceitual e metodológico** a ser desenvolvido em cada área do conhecimento.

Especificamente, a proposta da BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na etapa do Ensino Médio centra-se na **ampliação** e na **sistematização** das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental quanto aos conhecimentos conceituais da área relativos a Biologia, Física e Química; na **contextualização** social, histórica e cultural da Ciência e da tecnologia, considerando-as elementos da construção humana e, portanto, em constante transformação; nos **processos e práticas** da investigação científica, como identificação de problemas, formulação de hipóteses, identificação de variáveis, escolha de instrumentos e procedimentos para o teste de hipóteses, argumentação, análises quantitativa e qualitativa dos dados obtidos e conclusão acerca de fatos, fenômenos e problemáticas analisados; e nas **linguagens** aplicadas às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, como códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais importantes na compreensão do método científico.

A seguir, apresentamos as competências específicas definidas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

EDITORIA

2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). (BRASIL, 2018, p. 554-558)

Tendo em vista o atendimento das expectativas e das demandas da geração jovem do Brasil, a BNCC destaca ainda a importância de uma abordagem integradora entre as diversas áreas do conhecimento mediante o enfoque de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escalas local, regional e global, contextualizando aquilo que é ensinado. De acordo com Brasil (2019):

> Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) buscam uma contextualização do que é ensinado, trazendo temas que sejam de interesse dos estudantes e de relevância para seu desenvolvimento como cidadão. O grande objetivo é que o estudante não termine sua educação formal tendo visto apenas conteúdos abstratos e descontextualizados, mas que também reconheça e aprenda sobre os temas que são relevantes para sua atuação na sociedade. Assim, espera-se que os TCTs permitam ao aluno entender melhor: como utilizar seu dinheiro, como cuidar de sua saúde, como usar as novas tecnologias digitais, como cuidar do planeta em que vive, como entender e respeitar aqueles que são diferentes e quais são seus direitos e deveres, assuntos que conferem aos TCTs o atributo da **contemporaneidade**.
>
> Já o **transversal** pode ser definido como aquilo que atravessa. [...] Os Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) são assim denominados por não pertencerem a uma disciplina específica, mas por traspassarem e serem pertinentes a todas elas. Existem distintas concepções de como trabalhá-los na escola. Essa diversidade de abordagens é positiva na medida em que possa garantir a autonomia das redes de ensino e dos professores. [...] manteve-se a orientação de que os sistemas de ensino trabalhem esses temas de forma transversal, por meio de abordagens intra, inter e transdisciplinares. [...]
>
> [...] Esses pressupostos buscam contribuir para que a educação escolar se efetive como uma estratégia eficaz na construção da cidadania do estudante e da participação ativa da vida em sociedade, e não um fim em si mesmo, conferindo a esses conteúdos um significado maior e classificando-os de fato como *Temas Contemporâneos Transversais*.

Assim, a BNCC considera quinze TCTs: Educação ambiental; Educação para o consumo; Trabalho; Educação financeira; Educação fiscal; Saúde; Educação alimentar e nutricional; Vida familiar e social; Educação para o trânsito; Educação em direitos humanos; Direitos da criança e do adolescente; Processo de envelhecimento, respeito e valorização do idoso; Diversidade cultural; Educação para valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais brasileiras; Ciência e tecnologia. Esses TCTs passaram a ser conteúdos indispensáveis para a Educação Básica pelo fato de contribuírem no desenvolvimento das competências gerais e das habilidades relacionadas aos componentes curriculares. Os TCTs oferecem a possibilidade de trabalhar valores e conceitos ligados à cidadania, salientando a importância da contextualização das problemáticas fundamentais para a vida em sociedade. Eles estão distribuídos em seis macroáreas temáticas – Meio ambiente; Economia; Saúde; Cidadania e civismo; Multiculturalismo; Ciência e tecnologia – que interligam as diferentes áreas do conhecimento a temas vividos no cotidiano em sociedade.

Garantir o trabalho com os TCTs é também uma forma de dialogar com as juventudes que estão imersas no cotidiano das escolas. A cultura juvenil é considerada pela BNCC elemento fundamental para pensar em propostas pedagógicas na etapa do Ensino Médio. Segundo esse documento (BRASIL, 2018, p. 462), é necessário reconhecer a juventude

> [...] como condição sócio-histórico-cultural de uma categoria de sujeitos que necessita ser considerada em suas múltiplas dimensões, com especificidades próprias que não estão restritas às dimensões biológica e etária, mas que se encontram articuladas com uma multiplicidade de atravessamentos sociais e culturais, produzindo múltiplas culturas juvenis ou muitas juventudes.

Essa abordagem, que considera o conhecimento e a formação cultural dos jovens em suas respectivas realidades, estimula as escolas a atuar como espaços de expressão da diversidade juvenil, onde a contextualização da teoria com a prática, aliada a uma proposta de resolução de problemas, do estímulo à investigação, do incentivo à postura empreendedora, do acesso às bases científicas e tecnológicas e da interpretação da realidade adquire um caráter de suporte para que os jovens se reconheçam, assumam suas potencialidades e vocações, compreendendo seu papel como participantes ativos das sociedades nas quais estão inseridos.

Assim, tanto a escola quanto o material didático precisam assumir um novo papel coerente com as recomendações da BNCC, valorizando a formação de estudantes protagonistas, com autonomia para construir o próprio processo de aprendizagem e capazes de assumir responsabilidades, refletir, decidir e agir de forma ativa e independente, com base em ética e respeito pelas diversidades.

Ao favorecer o desenvolvimento do jovem protagonista, é necessário lembrar que os estudantes também são fontes de conhecimento e, por isso, a escola precisa oferecer tempo e espaço para que eles tragam suas vivências, suas experiências e seus conhecimentos prévios para a sala de aula e, ao mesmo tempo, possibilitar-lhes a aquisição de novos conhecimentos. Adicionalmente, é preciso estimular nos estudantes a criatividade e a capacidade de construir pensamentos complexos, em que um mesmo problema possa ser abordado de diferentes perspectivas, e favorecer o desenvolvimento de um

EM ANÁLISE

ambiente compreensivo e colaborativo, onde os estudantes possam cooperar entre si para que o processo de aprendizado admita, efetivamente, o exercício de autonomia individual e cooperativa.

Organização e proposta da Coleção

Vários foram os aspectos que nortearam a organização e a seleção de conteúdos, atividades e propostas de discussão para a Coleção, entre eles destacam-se a BNCC e seu material de apoio e as pesquisas sobre culturas juvenis. Além dessas inspirações, também é importante mencionar a relevância dos assuntos da vida cotidiana, suscitados pelos TCTs, e a abordagem de maneira equilibrada dos diferentes campos das Ciências da Natureza. Dessa forma, a Coleção torna-se articulada ao referencial curricular nacional, bem como pode ser considerada motivadora e significativa para os estudantes do Ensino Médio.

O diálogo entre a obra e a BNCC permeia toda a Coleção, tanto no âmbito do desenvolvimento das dez competências gerais estabelecidas pelo referencial curricular quanto nas especificidades da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, criando oportunidades de mobilização de todas as competências específicas e de seus desdobramentos: as habilidades com base nos respectivos objetos de conhecimento.

Por ser de caráter nacional e inspirada na BNCC, a obra traz abordagens inovadoras e tópicos conceituais contemporâneos, propondo a investigação da realidade e das características culturais, naturais, éticas e sociais locais, possibilitando uma problematização articulada às diferentes especificidades educacionais e buscando dialogar com os currículos propostos pelas redes de ensino.

Esta Coleção também busca contemplar as demandas, as motivações e as formas de participação social do jovem no século XXI em diferentes ocasiões. Segundo Jesús Martín-Barbero (*in* BORELLI; FREIRE FILHO, 2008), os jovens são: "sujeitos íntima e estruturalmente mediados por suas interações pela e com a tecnologia" (p. 22). Na mesma publicação, que se tornou uma referência sobre as culturas juvenis, destaca-se uma notável pluralidade de objetos e de abordagens das práticas culturais da chamada "condição jovem". Por meio de análises de aspectos do circuito de produção e apropriação cultural juvenil, reconhecem-se as complexidades, os dilemas e as riquezas dessa faixa etária, exploram-se temas característicos, como a música, o grafite, o audiovisual, a internet e os dispositivos digitais, e articulam-se modos de pertencimento e incertezas.

Nessa perspectiva, visando atender ao que preconiza a BNCC e às culturas juvenis, a obra foi organizada em seis volumes independentes, cada um composto de duas Unidades. Cada uma das doze Unidades explora aspectos da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias partindo de uma temática significativa à sua aplicação e à interferência efetiva na sociedade. A integração entre os componentes curriculares da área de Ciências da Natureza – Biologia, Física e Química – articulada a temáticas atuais e relevantes possibilita o início de um movimento de organização e de maior troca entre os professores especialistas, embora ainda permita as contribuições de cada especialidade separadamente. Essa integração não se limita à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias; a Coleção traz elementos para articular com outras áreas do conhecimento, propiciando abordagens integradoras e oportunidades para trocas de experiências ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

A temática desenvolvida em cada Unidade foi escolhida com base nos TCTs (BRASIL, 2019).

Veja, a seguir, como as Unidades da Coleção estão relacionadas às macroáreas temáticas a que atendem.

A Coleção e os TCTs associados	
Unidade	**Macroárea temática atendida**
Explorando o Universo e a vida	Ciência e Tecnologia; Economia
Humanos, metais e máquinas	Cidadania e civismo; Multiculturalismo; Ciência e Tecnologia; Meio ambiente
Energia e vida	Saúde; Ciência e Tecnologia
Desenvolvimento sustentável	Meio ambiente; Ciência e Tecnologia; Cidadania e civismo
Água	Meio ambiente; Economia; Ciência e Tecnologia; Saúde
Produção e conservação de alimentos	Ciência e Tecnologia; Meio ambiente; Economia
Combustíveis e motores	Ciência e Tecnologia; Meio ambiente; Economia
Esportes	Ciência e Tecnologia; Cidadania e civismo; Multiculturalismo; Saúde
Drogas e medicamentos	Saúde; Cidadania e civismo; Economia
Vida saudável	Saúde; Cidadania e civismo; Economia
Mundo tecnológico	Ciência e Tecnologia; Saúde; Economia
Análise forense	Ciência e Tecnologia; Cidadania e civismo; Saúde

Com base nessas escolhas, espera-se que o estudo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias ocorra por meio da contextualização e de atividades colaborativas com viés investigativo, o que permitirá ao estudante dominar diferentes linguagens e se situar como agente capaz de elaborar propostas de intervenção em sua realidade. De acordo com Silva (2007, p. 10),

> [...] A contextualização no ensino vem sendo defendida por diversos educadores, pesquisadores e grupos ligados à educação como um "meio" de possibilitar ao aluno uma educação para a cidadania concomitante à aprendizagem significativa de conteúdos. Assim a contextualização se apresenta como um modo de ensinar conceitos das ciências ligados à vivência dos alunos, seja ela pensada como recurso pedagógico ou como princípio norteador do processo de ensino. A contextualização como princípio norteador caracteriza-se pelas relações estabelecidas entre o que o aluno sabe sobre o contexto a ser estudado e os conteúdos específicos que servem de explicações

EM PROVA

e entendimento desse contexto, utilizando-se da estratégia de conhecer as ideias prévias do aluno sobre o contexto e os conteúdos em estudo [...].

As Unidades foram concebidas levando em consideração o equilíbrio entre os componentes curriculares e sua integração articulada às temáticas. Assim, sua estruturação foi desenhada de modo que os conteúdos de um componente curricular dessem suporte ao desenvolvimento dos seguintes, o que, eventualmente, resulta na alternância desses componentes ao longo das Unidades.

Os conteúdos tradicionalmente trabalhados no Ensino Médio foram revistos, selecionados e reorganizados para atender às competências e às habilidades da BNCC para essa etapa do ensino, às necessidades das temáticas escolhidas e estabelecer conexões entre conceitos próprios das Ciências da Natureza e destes com diferentes áreas do conhecimento, tendo a temática central da Unidade como eixo. Cabe reforçar que as temáticas trabalhadas na Coleção potencializam, em seu conjunto, o desenvolvimento das competências gerais e específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, preconizadas pela BNCC.

No desenvolvimento dos conteúdos buscou-se levar em conta efetivamente a progressão e o aprofundamento em relação aos conteúdos abordados na etapa do Ensino Fundamental (anos iniciais e finais), que foram considerados pré-requisitos na seleção dos conteúdos abordados nas temáticas propostas.

Ao longo de cada Unidade da Coleção procura-se relacionar e integrar as Ciências da Natureza e suas Tecnologias com outras áreas do conhecimento – isso poderá ficar claro sobretudo, mas não somente, em algumas seções da Unidade. Essa articulação colabora para que não sejam estabelecidos limites rígidos entre as áreas do conhecimento e favorece essa percepção mais integrada pelos estudantes. Na Coleção, portanto, em diferentes ocasiões, relaciona-se a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias com as áreas de Ciências Humanas e Sociais, de Linguagens e suas Tecnologias e de Matemática e suas Tecnologias.

Organização do Livro do estudante

Nas páginas iniciais da **Abertura** de cada Unidade é apresentada uma imagem ou uma composição de imagens acompanhada de um breve texto em linguagem familiar ao estudante. Juntos, texto e imagem se articulam e apresentam a temática proposta, cuja abordagem integra diferentes áreas do conhecimento. A atividade de leitura da imagem tem importante papel motivador, estimulando e aproximando o estudante do assunto que será abordado. Além disso, a observação atenta das imagens propicia o desenvolvimento de uma habilidade fundamental do processo investigativo: observar um objeto de estudo, identificar seus detalhes e obter informações com base no que está sendo visto.

A seção **Por que ordenamos a Unidade dessa forma?** detalha brevemente a relevância da temática tratada, contextualizando e justificando os conteúdos específicos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que serão trabalhados pela Unidade, dando significado ao processo de aprendizagem. Além disso, os objetivos de aprendizagem são apresentados aos estudantes.

O quadro **Por dentro da BNCC** apresenta a relação das competências gerais, das competências específicas e das habilidades, tanto da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, quanto das demais áreas do conhecimento, mobilizadas ao longo de toda a unidade. Nas páginas finais de cada volume, uma seção de mesmo nome traz a redação das competências gerais, das competências específicas e das habilidades descritas na BNCC.

A **Abertura** encerra-se com a seção **Pense nisso!**, que propõe questões que buscam fazer o estudante estabelecer relações entre o que ele já sabe e o que ainda será estudado, possibilitando-lhe exteriorizar seu conhecimento e, ainda, refletir sobre as concepções dos colegas. As atividades de levantamento de conhecimento prévio foram desenvolvidas considerando os pré-requisitos – habilidades de Ciências da Natureza definidas pela BNCC – da etapa do Ensino Fundamental anos iniciais e finais. Esse momento é uma oportunidade para o professor realizar a avaliação diagnóstica das concepções iniciais da turma.

Cada Unidade é subdividida em um número variável de **Temas**, de modo a organizar e sistematizar os conteúdos. Neles, as informações são agrupadas em subtítulos e algumas palavras são destacadas para identificar os conceitos principais, o que facilita a leitura e a compreensão do texto pelo estudante. A presença de imagens, como fotografias, ilustrações, gráficos e mapas visa esclarecer e exemplificar o conteúdo específico. Cada um dos Temas é desenvolvido por um dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. O componente curricular em questão é facilmente identificado pelo título do Tema e pelas orientações específicas deste Suplemento.

Os Temas abrigam, além do texto expositivo, algumas seções cujos objetivos são: a identificação das competências gerais e das habilidades definidas pela BNCC e mobilizadas pelo Tema (**Por dentro da BNCC**), a complementação de informação (**Fique por dentro** e **Boxe +**), a definição de grandezas e valores de referência (**Bloco de notas**), o contato com matérias de interesse científico e com procedimentos próprios do fazer científico (**Prática investigativa**) e a reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem (**Reflita sobre seu aprendizado!**).

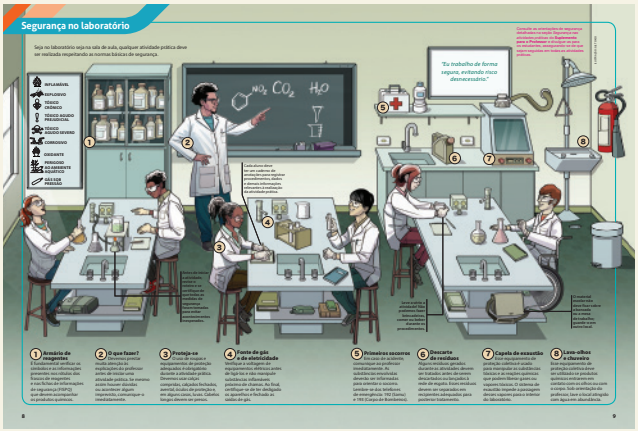
Presentes em algumas Unidades, os **Boxes +** trazem informações contextualizadas em relação aos assuntos trabalhados, principalmente concernentes a aspectos das culturas tradicionais, como indígenas e quilombolas.

Ampliações dos conteúdos e novas relações também podem ser construídas além da sala de aula, com o auxílio das indicações de *sites*, filmes, simuladores, entre outros na seção **Fique por dentro**. Cada indicação é acompanhada de breve resenha e pode ser compreendida como mais um estímulo à busca autônoma de conhecimentos.

A **Prática investigativa** está presente em um dos Temas da Unidade. Essas atividades podem ser desenvolvidas em laboratório ou, caso a escola não disponha de um, em espaços adequados na própria sala de aula, com os devidos cuidados adicionais. Em nenhuma das atividades práticas sugeridas são empregadas substâncias com potencial tóxico. Para a realização das atividades sob as devidas normas de segurança, foi elaborado o infográfico **Segurança no laboratório** (localizado no início de cada volume da Coleção), que apresenta, em linguagem próxima à do estudante, as regras básicas que devem ser seguidas durante o preparo e a realização das atividades práticas. Incentive a consulta desse infográfico antes da reali-

EM MODERNA

zação de qualquer atividade prática. Além disso, informações adicionais sobre a periculosidade de determinada substância ou material e sobre o descarte de resíduos são inseridas junto à própria atividade, na seção *Segurança nas atividades práticas* nas Orientações gerais e nas propostas nas Orientações específicas deste Suplemento.



Esta seção apresenta dois tipos de questões: o primeiro, denominado **Prepare-se!**, tem a função de encaminhar o estudante ao levantamento de hipóteses e à busca de referenciais para a execução da atividade; o segundo, denominado **Discuta com seus colegas**, visa encaminhar o estudante à análise e à organização dos resultados obtidos e verificar se ele compreendeu a atividade em si, além de orientar a elaboração das conclusões da atividade.

Nesta Coleção, procurou-se priorizar atividades práticas que vão além da mera comprovação de fatos e informações predeterminados e que favoreçam a compreensão das relações conceituais das Ciências da Natureza, permitindo aos estudantes manipular objetos e assimilar significados entre si e com o professor durante a aula, e propiciando uma oportunidade aos sujeitos de extrair de suas ações as consequências que lhes são próprias e aprender com os erros tanto quanto com os acertos. Há oportunidades para que os estudantes realizem observações, reúnam resultados, troquem ideias com os colegas e proponham conclusões antes de a teoria relacionada ser abordada, proporcionando a vivência das práticas e dos procedimentos científicos e, portanto, favorecendo o desenvolvimento da competência específica 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Cada Tema é finalizado por um conjunto de **Atividades** diversificadas para a avaliação do processo de aprendizagem do estudante. Essa seção apresenta questões que abordam os assuntos trabalhados em todo o Tema, tanto por questões autorais como aquelas provenientes dos principais exames vestibulares do país, possibilitando o desenvolvimento de diferentes habilidades e competências pelo corpo discente. As questões em si usam diversas linguagens (gráficos, tabelas, textos citados, tirinhas etc.) e apresentam diferentes níveis cognitivos, tanto de baixa ordem, como entender e aplicar, quanto de alta ordem, como analisar, avaliar e criar, sendo classificadas de acordo com a Taxonomia de Bloom (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001). A escolha das atividades e o momento para sua realização devem ser avaliados pelo professor, considerando a realidade dos estudantes em sala de aula e suas individualidades no processo de aprendizagem.

Acompanhando a seção de **Atividades**, encontra-se o quadro **Reflita sobre seu aprendizado!**, que oferece ao estudante a oportunidade de autovaliar a aprendizagem dos conteúdos desenvolvidos até aquele momento, buscando identificar os aspectos que ainda precisam ser mais bem trabalhados. Mais do que a mera reflexão, é importante que o estudante seja incentivado a registrar suas considerações, bem como compartilhá-las com colegas e professor, buscando estabelecer estratégias para resolução das lacunas de compreensão. Esse momento, além de propiciar o desenvolvimento de autonomia e protagonismo do estudante em relação à própria aprendizagem, pode ser entendido como uma das muitas possibilidades de avaliação continuada, que fornecem subsídios à prática docente.

Com distribuição regular em todas as Unidades, a seção **Reflexões sobre a Ciência** aborda aspectos da natureza da Ciência e dos procedimentos científicos proporcionando também o desenvolvimento da leitura inferencial. Consiste em uma pergunta inicial seguida de proposta de reflexão, um texto acompanhado de atividades reflexivas e interpretativas, que visam tratar do pensamento científico, da natureza do conhecimento científico, das práticas científicas e das características da produção científica, promovendo a compreensão da natureza da Ciência e possibilitando o uso das práticas científicas de acordo com a competência geral 2 para a Educação Básica e a competência específica 3 das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A seção **Pensamento crítico e argumentação**, também presente em todas as Unidades da Coleção, traz diferentes situações cotidianas controversas como cenário para apresentação de aspectos relativos à argumentação, requerendo do estudante, ao final da seção, uma argumentação fundamentada e posicionada a respeito do assunto abordado. Explora aspectos de distintas naturezas relacionados à ação de argumentar, desde as filosóficas até as concernentes à área de Linguagens. Além de promover o desenvolvimento do senso crítico e da argumentação – habilidades características da prática científica tão necessárias no contexto atual das *fake news*, e não à toa arraigadas na BNCC e presente como competência geral 7 –, a seção possibilita a alfabetização midiática. O compartilhamento entre os estudantes de opiniões e de posicionamentos sobre as situações aprimora as habilidades socioemocionais relacionadas ao convívio, às trocas e ao respeito às opiniões divergentes, aspectos alinhados à competência geral 9.

Presente em uma das Unidades de cada volume, a seção **Valores e atitudes** destina-se a trazer para a realidade dos estudantes a temática central trabalhada na Unidade, incentivando a troca de ideias e a proposição de intervenção em nível individual. Além disso, busca gerar motivação e contribuir com a construção da identidade do jovem, preparando-o para atuar de forma consciente na sociedade em que vive. Dessa forma, a seção também aprimora as habilidades socioemocionais, promove o protagonismo juvenil e favorece o desenvolvimento do estudante como sujeito social: cidadão ativo, democrático e solidário.

De maneira semelhante, a seção **Comunicação** tem uma ocorrência por volume. Envolve propostas de atividades em grupo para a criação de material relevante ao contexto local e

CÓPIA

regional dos estudantes e a divulgação deste para a comunidade por meio de diferentes tecnologias de informação e comunicação (TICs). A seção, portanto, articula-se com as culturas juvenis e favorece o desenvolvimento da criatividade, da atitude cidadã e das habilidades de comunicação e trabalho em equipe.

As Unidades encerram-se com o quadro **Revise e amplie!** cujas questões são metacognitivas, com finalidades de autoavaliação da aprendizagem e estímulo ao aprofundamento sobre a temática, incentivando o protagonismo do estudante. Essa seção vem ao encontro da seção **Reflita sobre seu aprendizado!** e, portanto, também propicia o desenvolvimento de autonomia e protagonismo do estudante em relação à própria aprendizagem; pode ser entendida como mais uma possibilidade de avaliação continuada.

Em cada volume são apresentadas, nas páginas finais, as respostas das atividades de múltipla escolha, bem como as respostas de atividades que requerem cálculo. Para você, professor, apresentamos neste Suplemento as resoluções comentadas de todas as atividades das Unidades. Além disso, em todos os volumes dos livros do estudante, fornecemos a tabela periódica para consulta.

Organização do Suplemento para o professor

Este Suplemento para o professor está organizado de modo que ofereça subsídios para o melhor uso da Coleção por meio de ferramentas, instruções e atividades que gerem melhoria na qualidade do processo de ensino-aprendizagem e contribuam com seu aprimoramento didático-pedagógico.

As Orientações gerais deste Suplemento exploram a proposta didático-pedagógica da Coleção e descreve a organização do Livro do Estudante e do Suplemento para o professor. É enfatizada a importância de atividades investigativas no ensino da área de Ciências da Natureza, são apresentadas e discutidas diferentes metodologias de ensino e exploram-se as diversas formas, possibilidades, recursos e instrumentos de avaliação que poderão ser utilizados ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

Nas Orientações específicas por Unidade, são apresentados: *Subsídios para o planejamento* do estudo de cada Unidade da Coleção, que indicam como usar as metodologias ativas e as rotinas de pensamento na condução dos Temas e das seções; *Atividades complementares* com o intuito de ampliar as opções didáticas; e ferramentas de *Apoio ao trabalho pedagógico*, como indicações de simuladores *on-line* e leituras adicionais voltadas para a área de educação em Ciências da Natureza e para os conteúdos abordados no Livro do estudante.

As *Resoluções* procuram dialogar com o professor, prevendo algumas situações que podem surgir na sala de aula e discutir caminhos para mediar as atividades, apresentam as respostas adequadas e comentadas para todas as atividades do volume.

Sugestões de uso da Coleção

A Lei nº 13.415/2017 alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e estabeleceu uma mudança na etapa do ensino do Ensino Médio, estruturando-o em: formação geral básica dos estudantes e itinerários formativos.

No centro das mudanças do novo Ensino Médio, estão a ampliação do tempo mínimo de permanência do estudante na escola e a definição de uma nova organização curricular, mais flexível, que contempla a BNCC (formação geral básica) e oferece diferentes possibilidades de escolhas aos estudantes, os itinerários formativos, com foco nas áreas de conhecimento e na formação técnica e profissional.

A flexibilização curricular demanda um material didático também flexível, que permita e apoie a implementação das mudanças e dos diversos arranjos curriculares. Nesse contexto, esta Coleção pode ser considerada um dos instrumentos de um projeto pedagógico nessa nova perspectiva, auxiliando no desenvolvimento de competências e de habilidades preconizadas pela BNCC e tão necessárias aos jovens.

Cabe ao professor, orientado pela coordenação pedagógica, estabelecer, entre os volumes da Coleção, a ordenação mais adequada e relevante para o projeto pedagógico da escola e o currículo do estado em que atua. Essa ordenação deverá levar em conta alguns aspectos, que abrangem desde características mais amplas, como a provável mudança na carga horária destinada às diferentes áreas do conhecimento, até aspectos mais particulares, como as diferenças de rendimento de uma turma para outra. Saber transitar por essas particularidades é o que faz a excelência de um professor.

Pensando em uma maneira de auxiliar o trabalho do professor na organização e em sua prática, apresentamos algumas sugestões de abordagem e uso da obra, de acordo com algumas opções de estruturação de curso:

- formação geral básica em 1 ano e meio e itinerários formativos em 1 ano e meio (organização bimestral);
- formação geral básica em 2 anos e itinerários formativos em 1 ano (organização trimestral);
- formação geral básica e itinerários formativos em 3 anos (organização semestral).

As sugestões de uso da obra admitem qualquer ordenação dos volumes, visto que cada um deles é independente. Dessa forma, a ordenação deve ser adaptada de acordo com o projeto pedagógico da escola, o currículo de seu estado e as características de seu grupo discente.

Organização bimestral

Essa organização considera a formação geral básica nos primeiros 18 meses da etapa do Ensino Médio, abrangendo o 1º ano completo e o primeiro semestre do 2º ano. Nela, cada um dos seis volumes da Coleção é trabalhado bimestralmente. A segunda metade do curso – segundo semestre do 2º ano e o 3º ano completo – seria destinada exclusivamente à realização dos itinerários formativos.

Organização trimestral

A organização trimestral considera a formação geral básica nos 1º e 2º anos do Ensino Médio. Nela, cada um dos seis volumes da Coleção é trabalhado trimestralmente, ou seja, três volumes da obra por ano. O 3º ano completo seria voltado aos itinerários formativos.

Organização semestral

Na organização semestral, a formação geral básica e a realização dos itinerários formativos ocorrem ao longo dos três

REPRODUÇÃO PROIBIDA

anos dedicados ao Ensino Médio. Essa organização considera que o regime de tempo integral não será uma realidade em todas as escolas. Assim, a simultaneidade da formação geral básica e dos itinerários formativos pode acarretar uma redução no tempo necessário para o trabalho das áreas do conhecimento, justificando o uso de um volume ao longo de um semestre.

Pressupostos teóricos da Coleção

Esta Coleção assume os princípios norteadores preconizados pela BNCC, considerando as especificidades da juventude atual. A obra é centrada na alfabetização científica e midiática por meio da abordagem da inter-relação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade, para permitir o desenvolvimento de aspectos da prática científica, da argumentação, da leitura inferencial e do pensamento crítico, baseados em fatos e informações confiáveis, obtidas em referências científicas (livros e artigos acadêmicos), universidades, órgãos governamentais, institutos de pesquisa e organizações internacionais (ONU, OMS, Unesco).

A Coleção objetiva ser um instrumento para fortalecer a formação intelectual do estudante, além de promover a reflexão sobre ações individuais e coletivas dos jovens que resultem em propostas para minimizar os problemas contemporâneos e para interagir de forma ativa na sociedade, exercendo a cidadania.

Buscamos aprofundar elementos teórico-práticos para dialogar com você, professor, sobre o papel desta Coleção no contexto da alfabetização científica e midiática no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Aspecto teórico-metodológico na perspectiva da alfabetização científica

Os avanços científicos e tecnológicos são uma realidade atual e trazem implicações positivas e negativas para a sociedade. Diante dessa realidade, a democratização do acesso ao conhecimento científico ocupa um espaço fundamental na vida das pessoas, para que, assim, possam compreender as questões científico-tecnológicas que as rodeiam e intervir de modo responsável nas decisões que afetam o seu meio. Nesse sentido, o desafio que se coloca para o ensino de Ciências é a formação dos estudantes em uma perspectiva de alfabetizá-los cientificamente.

Responder a esse desafio, em primeiro lugar, é resgatar a função social da educação em Ciências: formar para a cidadania. Esse conceito de cidadania está vinculado ao conceito de democracia e à participação do indivíduo na sociedade (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Essa formação, portanto, implica em fornecer aos estudantes subsídios para que possam "ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais" (BRASIL, 2018, p. 472).

Quando se resgata a educação científica comprometida com a cidadania, a alfabetização científica assume papel de superar a reprodução de conceitos científicos destituídos de significados e de sentidos e de levar em consideração a natureza do conhecimento científico e os impactos da Ciência e da tecnologia na vida das pessoas. Para isso, os conteúdos específicos dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias são apresentados em uma abordagem interdisciplinar e contextualizada, contemplando, portanto, as interações entre Ciência, tecnologia e sociedade.

Sasseron (2015) destaca que a necessidade do entendimento das relações existentes entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente perpassa o reconhecimento de que quase todo fato da vida das pessoas tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e pelas tecnologias. A autora identifica, com base em análises de estudos internacionais, três eixos estruturantes da alfabetização científica, que foram considerados para idealização e construção desta obra:

- Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais – a importância deles reside na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender as informações e situações do dia a dia.
- Compreensão da Natureza da Ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática – em nosso cotidiano sempre nos defrontamos com informações e conjunto de novas circunstâncias que nos exigem reflexões e análises considerando-se o contexto. Tendo em mente a forma como as investigações científicas são realizadas, podemos encontrar subsídios para o exame de problemas do dia a dia que envolvam conceitos científicos ou conhecimentos advindos deles.
- Entendimento das relações existentes entre Ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente – reconhecimento de que quase todo fato da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e tecnologias. Neste sentido, mostra-se fundamental de ser trabalhado quando temos em mente o desejo de um futuro saudável e sustentável para a sociedade e o planeta.

Esses eixos da alfabetização científica estão permeados nesta obra. Os temas foram selecionados considerando essa articulação. As seções elaboradas também buscam promover os três eixos. A seção **Prática investigativa** envolve os eixos de "compreensão básica de termos e conceitos científicos" e "compreensão da natureza da Ciência e dos fatores que influenciam sua prática". A seção **Reflexões sobre a Ciência** envolve a "compreensão da natureza da Ciência e dos fatores que influenciam sua prática". Já a **Abertura** da Unidade e as seções **Pensamento crítico e argumentação, Comunicação, Valores e atitudes** envolvem, principalmente, o "entendimento das relações entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente".

Articulados a esse tripé da alfabetização científica, Trivelato e Silva (2011) ressaltam que, para o processo de ensino-aprendizagem em Ciências da Natureza, é necessário o professor:

- reconhecer a existência de concepções espontâneas (conhecimentos prévios) dos estudantes para vários conceitos que são trabalhados na escola;
- entender que o processo de aprendizagem requer construção e reconstrução de conhecimentos;
- aproximar a aprendizagem de Ciências das características do trabalho científico, em que o estudante tenha possibilidade de propor questões, formular hipóteses, argumentar, buscar evidências, realizar investigações etc.;
- propor a aprendizagem por meio de situações-problema relacionadas ao contexto sociocultural do estudante;
- reconhecer o caráter social da construção do conhecimento científico;

EDITORIAL

- entender o pluralismo que envolve o processo ensino e aprendizagem em Ciências, explorando diferentes metodologias.

Esses elementos também são incorporados na Coleção para auxiliar o professor nessa tarefa, trazendo questões para levantamento de conhecimentos prévios, situações-problema, relação entre Ciência e sociedade, autoavaliação do estudante e pluralismo de possibilidades metodológicas.

De modo geral, atendendo às recomendações dos documentos oficiais para a Educação Básica e inspirada nas pesquisas da área de ensino de Ciências, a obra se pauta em elementos que buscam contribuir com a formação do estudante na perspectiva da alfabetização científica, por meio da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), como um caminho viável à formação dos cidadãos.

Contextualização no ensino de Ciências por meio da inter-relação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade

Muitos estudos sobre o ensino de Ciências preconizam que a apropriação de conhecimentos científicos pelo estudante tenha como pano de fundo a sua participação crítica nas questões sociais, políticas, econômicas e ambientais que permeiam a sociedade atual. Santos e Schnetzler (2010) sinalizam a importância da participação dos estudantes, como sujeitos que estão inseridos no meio natural (âmbito científico), no meio artificialmente construído (âmbito tecnológico) e no meio social (âmbito social), de modo que tenham condições de avaliar e participar das decisões que interferem o seu contexto. Dessa forma, o ensino de Ciências, com vistas à participação social, possibilita a formação cidadã dos jovens, favorecendo uma sociedade mais democrática.

Pensar o ensino de Ciências em uma perspectiva cidadã é pensar para além dos conhecimentos específicos isolados, sendo necessário articular esses conhecimentos aos aspectos da inter-relação entre a Ciência, a tecnologia e a sociedade. Essa inter-relação é a base que vai constituir a educação CTS, defendida por pesquisadores da área de ensino de Ciências.

Auler (2007) aponta alguns objetivos importantes da educação CTS, a saber: desenvolver a capacidade e o interesse dos estudantes em relacionar a Ciência com aspectos tecnológicos e sociais; discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da Ciência-Tecnologia (CT); possibilitar uma melhor compreensão da natureza da Ciência; formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados para que sejam capazes de tomar decisões; desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual dos estudantes.

Buscando atender aos objetivos de uma educação CTS, Santos (2007) destaca a importância da contextualização a partir de temas sociais e situações reais que, transversalmente, estejam articuladas aos conceitos científicos. Nesse intento, entendemos que pensar a elaboração de materiais didáticos por meio da abordagem de temas relativos à sociedade é acreditar que assuntos, como saúde, alimentação e agricultura, recursos energéticos, indústria e tecnologia, ambiente, transferência de informação e tecnologia, ética e responsabilidade social, favorecem que o estudante

> compreenda processos químicos envolvidos e possa discutir aplicações tecnológicas relacionadas ao tema, compreendendo os efeitos das tecnologias na sociedade, na melhoria da qualidade de vida das pessoas e as suas decorrências ambientais. (SANTOS, 2007, p. 9)

Há, ainda, temáticas que envolvem questões controversas da Ciência, podendo favorecer uma discussão em sala de aula sob diferentes pontos de vista baseados em argumentações coletivamente construídas. São temas que, além das questões sociais e políticas, englobam a ética e a moral, sendo, então, chamadas de questões sociocientíficas (QSC). As QSC têm características controversas centradas na relação entre as inovações da Ciência e tecnologia e seus impactos sociais. Em consonância, Silva (2016) afirma que "a riqueza em se abordar as QSC no contexto do Ensino de Ciências está justamente em seu potencial problematizador e na valorização do pensar diferente. Não há uma resposta que seja correta".

Embasadas nessas discussões, as Unidades da Coleção são abordadas por meio de uma organização de temas, contemplando conteúdos que permitem o trabalho integrado entre conceitos científicos e temas de relevância social. Nessas Unidades são problematizadas questões relacionadas aos tópicos de drogas e medicamentos, combustíveis, análise forense, desenvolvimento sustentável, entre outros, buscando possibilitar um conhecimento que seja significativo para professores, estudantes, família e comunidade. Atribuir sentido a esses conhecimentos é possibilitar aos indivíduos que exerçam a cidadania. Além disso, considerando que a abordagem CTS é articulada aos elementos de uma prática investigativa, a obra favorece o despertar de um olhar crítico dos estudantes, contribuindo para o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão perante situações reais e baseada em diferentes questões problematizadas na obra. Uma abordagem CTS é sempre apresentada na **Abertura** das Unidades, sendo o conteúdo dos três componentes curriculares de Ciências da Natureza e suas Tecnologias apresentado de modo a dar subsídios para os estudantes compreenderem a problemática, fazerem conexões com a sua realidade e atuarem nela.

As temáticas selecionadas para a Coleção evidenciam as complexas relações entre a relação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e se articulam ao processo de ensino-aprendizagem para a superação de problemas das abordagens pedagógicas tradicionais e tecnicistas na educação científica e tecnológica, trazendo a complexidade das questões contemporâneas relacionadas ao campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, de forma contextualizada, prática e aplicada. A seção **Valores e atitudes**, particularmente, busca transpor a temática trabalhada pela Unidade em questão para a realidade do estudante e incentivar a troca de ideias e a proposição de intervenção; por meio dela, o professor pode fazer articulações dos temas propostos com algumas questões sociocientíficas que emergem de alguns dos temas, estimulando a reflexão, a discussão e a argumentação dos estudantes.

A abordagem CTS contemplada na Coleção vai ao encontro da função social do ensino recomenda por pesquisadores da área de ensino de Ciências e dos documentos oficiais da Educação Básica, contribuindo, assim, para a formação da autonomia crítica do estudante e para a sua participação no processo democrático de tomada de decisão.

EM PROVA

A argumentação na perspectiva da alfabetização científica

A argumentação é reconhecida como uma competência essencial no ensino de Ciências, uma vez que emerge como uma prática central da atividade científica. Segundo Sasseron (2015), a argumentação em aulas de Ciências engloba mais do que apenas características linguísticas na forma de enunciar ideias, sendo um processo de avaliação de enunciados, análise de possibilidades, refinamento de explicações e justificativas. A argumentação, portanto, pode ser considerada um ato discursivo plural pelo qual um indivíduo, ou grupo de pessoas, busca tornar claro um determinado fenômeno, por meio da emissão de alegações, que devem ser suportadas por justificativas e outros elementos, conferindo-lhes validade perante uma determinada audiência (FERRAZ; SASSERON, 2017).

Em um artigo de revisão sobre a argumentação em situações de ensino, Erduran (*in* ERDURAN *et al.*, 2007) destacam potenciais contribuições da argumentação no processo de ensino-aprendizagem, entre eles, o desenvolvimento de habilidades comunicativas e do pensamento crítico e a colaboração da alfabetização científica, visto o desenvolvimento de raciocínios e critérios lógicos. Assim, percebe-se que a competência argumentativa é um instrumento essencial para a mediação de conflitos e o pensamento crítico, habilidades desejáveis no mundo do trabalho e para a construção de consensos necessários para a vida em sociedade.

Nesse cenário, o desenvolvimento da competência de argumentação pelos estudantes é fundamental para auxiliá-los na passagem do senso comum para o saber científico, ou seja, é um meio para alcançar a alfabetização científica (PEZARINI; MACIEL, 2018). O propósito da prática argumentativa no ensino de Ciências, portanto, está na promoção de um processo de ensino-aprendizagem que de fato contribua para a formação cidadã, subsidiando a construção do conhecimento científico e da alfabetização científica.

Nesse contexto em que se almeja o desenvolvimento da prática argumentativa, o papel do professor é fundamental para gerar e gerenciar as interações discursivas entre os estudantes e para estabelecer um espaço interativo de argumentação colaborativa (BERLAND; HAMMER, 2012). Essa mediação pode ser incrementada por meio da utilização de perguntas, cujo objetivo é melhorar e avançar nas atividades argumentativas (MACHADO; SASSERON, 2012).

Ancorada nos pressupostos da alfabetização científica, a Coleção também propicia oportunidades para a prática argumentativa. É possível destacar a seção **Pensamento crítico e argumentação**, na qual são abordadas questões da lógica filosófica, dos tipos de argumento e da estruturação de argumentos, e também gêneros argumentativos tipicamente trabalhados em Língua Portuguesa. Dessa forma, busca-se contribuir com a construção de argumentos pelo estudante, a análise da estrutura e da qualidade de argumentos produzidos em diferentes contextos, a avaliação da credibilidade das informações recebidas e a tomada de decisões justificadas e fundamentadas com base em evidências.

A importância das práticas investigativas para a alfabetização científica

As aulas práticas e investigativas no ensino de Ciências têm uma importância indiscutível. Algumas principais funções das aulas práticas reconhecidas na literatura do ensino de Ciências sintetizadas por Myriam Krasilchik (2004) são:

- despertar e manter o interesse dos estudantes;
- envolver os estudantes em investigações científicas;
- desenvolver a capacidade de resolver problemas;
- compreender conceitos básicos;
- formular, elaborar métodos para investigar e resolver problemas individualmente ou em grupo;
- analisar cuidadosamente os resultados e significados de pesquisas, voltando a investigar quando ocorrem eventuais contradições conceituais;
- compreender as limitações do uso de um pequeno número de observações para gerar conhecimento científico;
- distinguir observação de inferência, comparar crenças pessoais com compreensão científica e compreender as funções que estas exercem na Ciência, como são elaboradas e testadas as hipóteses e teorias.

Embora reconheçamos a existência de fatores limitantes para a proposição de aulas práticas na Educação Básica, como ausência de laboratório, falta de tempo para preparação, falta de equipamentos etc., algumas atividades práticas interessantes e desafiadoras, propostas nesta Coleção, são suficientes para proporcionar o contato direto com os fenômenos, identificar questões de investigação, organizar e interpretar dados, entre outros.

A seção **Prática investigativa** tem como objetivo possibilitar experiências da prática científica (pergunta, levantamento de hipótese, experimento, análise de dados e desenvolvimento de conclusão) dentro do cenário desenhado na Unidade. Nessa seção, conteúdos e conceitos desenvolvidos na Unidade são apresentados por meio da prática para, só depois, serem apresentados de forma conceitual aos estudantes. Nas Orientações específicas deste Suplemento também há exemplos de práticas investigativas complementares que podem ser propostas pelo professor.

É fundamental o professor estar atento às ações e às aprendizagens dos estudantes para identificar se eles realmente estão vivenciando uma experiência investigativa. Sasseron e Carvalho (2008) apresentam um conjunto de indicadores que podem ser utilizados pelos professores para acompanhar a interação dos estudantes com as atividades práticas, tendo a função de mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a alfabetização científica em processo de construção entre os estudantes, particularmente em práticas investigativas. Esses indicadores são algumas competências próprias das Ciências e do fazer científico e estão organizados em três grupos:

1º grupo – Incorpora as ações desempenhadas nas tarefas de **organizar, classificar e seriar** os dados obtidos em uma investigação.

2º grupo – Engloba dimensões relacionadas à estruturação do pensamento. São dois os indicadores deste grupo: o **raciocínio lógico** compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e estão diretamente relacionadas à forma

EM MODERNA

como o pensamento é exposto; e o **raciocínio proporcional** ilustra a interdependência que pode existir entre as variáveis.

3º grupo – Mais diretamente associados à procura do entendimento da situação analisada, os indicadores deste grupo devem surgir em etapas finais das discussões, uma vez que se caracterizam pelo trabalho com as variáveis envolvidas no fenômeno e a busca por relações capazes de descreverem as situações para aquele contexto e outros semelhantes. Fazem parte deste grupo os seguintes indicadores da AC: **levantamento de hipótese, teste de hipótese, justificativa, previsão, explicação.**

É importante o professor investigar nos diálogos durante as práticas e na produção de relatórios finais se esses elementos estão aparecendo. Em caso negativo, é preciso reforçar a necessidade do uso no momento de reflexão geral com a turma e na condução de novas práticas. Alguns questionamentos podem direcioná-lo: Os estudantes estão levantando e testando hipóteses? Apresentam diálogos que permitem verificar um raciocínio lógico e proporcional entre as variáveis encontradas? Justificam as conclusões com base nos dados? Executam as tarefas de organizar e seriar os dados?

O professor deve estar atento aos procedimentos na preparação de atividades experimentais. Nesta obra, as atividades são pensadas de maneira que os estudantes não sejam expostos a riscos físicos; o cuidado em requerer materiais de baixo custo também foi uma preocupação da Coleção. Além da segurança, também há a preocupação com o fator ambiental, indicando sempre a maneira correta para o descarte. Além disso, não são propostas atividades de aulas práticas com manipulação, dissecção, coleta e vivissecção de animais, já que está prática somente é permitida em Instituições de Ensino Superior ou Instituições de Ensino Médio Técnico na área Biomédica e que possuam Comitê de Ética e Pesquisa com uso de animais – CEUA regulamentado (ver legislação disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11794.htm> e <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=77042>) (acessos em: 2 jun. 2020).

Nas propostas de atividades práticas apresentadas na Coleção, busca-se levar os estudantes a refletir sobre os problemas experimentais que podem ser resolvidos ou minimizados, o que permite que eles pensem cientificamente o mundo e construam sua visão de sociedade e ambiente, criando um ambiente intelectualmente ativo.

> Utilizar experimentos como ponto de partida, para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações. (CARVALHO *et al.*, 1999)

As aulas com componente de uma prática de investigação podem ser abordadas em forma de aulas práticas experimentais, construção de modelos e trabalhos de campo.

Carvalho (2006) classifica a atuação do professor e dos estudantes em diferentes níveis de envolvimento com uma atividade investigativa, e propõe uma graduação para estudar o que chama de grau de liberdade que os professores oferecem aos estudantes.

Graus de liberdade do professor (P) e aluno (A) em aulas práticas

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
PROBLEMA	P	P	P	P	A/P
HIPÓTESES	P	P/A	P/A	P/A	A
PLANO DE TRABALHO	P	P/A	A/P	A	A
OBTENÇÃO DE DADOS	P	A/P	A	A	A
CONCLUSÃO	P	A/P/ CLASSE	A/P/ CLASSE	A/P/ CLASSE	A/P/ SOCIEDADE

No grau I existe apenas a participação do professor na aula prática, e os estudantes apenas a assistem e assumem um papel passivo.

A partir do grau II é possível encontrar diferentes enfoques de acordo com o nível de participação dos estudantes. Nesse nível de liberdade, o professor propõe o problema; a elaboração de hipóteses e o plano de trabalho são realizados pelos estudantes, mas com a orientação do professor. O registro dos dados é também realizado pelos estudantes com a orientação do professor, e a conclusão pode ser elaborada pelos estudantes, mas apresentada e discutida por toda a turma, ressaltando a necessidade de o conhecimento ser divulgado, assim como ocorre na Ciência.

Já no grau III, o professor apresenta um problema e constrói hipóteses com os estudantes, mas caberá a estes, em grupos, pensar em planos de trabalho para coletar os dados, podendo discutir com o professor, porém permanecendo autônomos para o processo de obtenção dos dados, que serão construídos de forma diferente e apresentados para a turma.

Em relação ao anterior, o grau IV se diferencia pelo fato de o plano de trabalho para testar a hipótese ser feito inteiramente pelos estudantes, exigindo habilidades de planejamento, organização, classificação e seriação. No final, o detalhamento do plano e os dados obtidos com ele são apresentados para a turma e para o professor.

O grau de liberdade V é a fase mais avançada. O professor motiva os estudantes, geralmente em grupos, a pensar e elaborar questões-problema com base na realidade. Definida a questão que cada grupo vai investigar, caberá a eles elaborarem uma hipótese e um plano de trabalho, organizando e realizando o processo de obtenção dos dados, que são apresentados, ao final, ao professor, à turma e à sociedade, por exemplo, por meio de Feiras de Ciências. Nesse grau de liberdade, o professor atua como facilitador e orientador, sendo mais apropriado para as etapas finais do Ensino Médio ou até para o Ensino Superior.

É recomendável proporcionar diferentes graus de liberdade nas práticas investigativas no Ensino Médio, e o professor pode utilizar esse quadro para se inspirar, ao mesmo tempo que pode considerar as atividades práticas já propostas no Livro do estudante, de formatos diferentes, dependendo da maturidade da turma e das condições de ensino.

Em geral, as atividades propostas na seção **Prática investigativa** podem ser classificadas como grau II, dado que são propostas estruturadas, com o fornecimento do procedimento experimental a ser conduzido, deixando aos estudantes o

EM MODELINA

levantamento de hipótese, análise e discussão de dados e estabelecimento de conclusão.

No entanto, caso a turma seja mais madura ou já tenha vivenciado outras atividades investigativas, é possível adaptar as atividades do Livro do estudante, tornando-as de grau III e IV. Pode-se, por exemplo, apresentar apenas a questão-problema, deixando a cargo do corpo discente o levantamento de hipótese e o desenho experimental adequado para resolver o problema com base nos conteúdos conceituais estudados, exercendo habilidades criadoras de seriação de etapas, raciocínio lógico e resolução de problemas. A possibilidade da vivência de diferentes graus ajuda a criar novos desafios para que os estudantes passem da manipulação para a discussão, a argumentação, os registros, a organização das apresentações e a relação com o conteúdo teórico da Unidade, exercendo desse modo seu protagonismo.

O professor assume um papel fundamental nesse processo investigativo, no sentido de propor novos problemas, acompanhar as discussões, promover novas oportunidades de reflexão, estimular, desafiar, argumentar, ou seja, torna-se um orientador da aprendizagem de seus estudantes, auxiliando a passagem do senso comum para o saber científico. Nessa abordagem integrada das diferentes Ciências da Natureza, o professor também tem o papel de problematizar com os estudantes a articulação das diferentes ciências na produção de conhecimento.

• Segurança nas atividades práticas

Seja em um laboratório equipado, seja na sala de aula, as atividades práticas representam situações que envolvem riscos – à integridade física e à saúde das pessoas, de forma direta; ou, de forma indireta, ao ambiente. Nesta Coleção, oferecemos formas de minimizá-los: eliminamos reagentes tóxicos, adequamos materiais e procedimentos e reduzimos as quantidades envolvidas. Outras medidas indispensáveis são o uso do avental (ou jaleco) e óculos de segurança em todas as atividades. Ainda que esses equipamentos possam parecer, à primeira vista, dispensáveis, seu uso constante colabora para uma cultura de segurança no laboratório. Os estudantes também devem ter pleno domínio do trabalho a ser executado; para isso, oriente-os a revisar todo o procedimento antes de executá-lo, evitando ações mecânicas e irrefletidas.

No Livro do estudante, a segurança é orientada em dois momentos: no quadro **Atenção**, na seção **Prática investigativa** e no infográfico **Segurança no laboratório**, nas páginas iniciais de cada volume.

Como já mencionado, o infográfico **Segurança no laboratório** foi concebido para disseminar, em linguagem próxima à do estudante, as principais regras de segurança em atividades práticas. Oriente os estudantes a consultá-lo antes de cada atividade prática. Embora o cenário ilustrado seja o de um laboratório, enfatize que essas regras se aplicam a qualquer ambiente onde sejam realizadas atividades práticas. A seguir, detalhamos alguns aspectos que devem ser aprofundados na primeira leitura do infográfico.

Pictogramas de risco

No armário de reagentes, são apresentados os pictogramas utilizados nos rótulos de produtos químicos para identificação dos riscos a eles associados (com base no sistema GHS de classificação e rotulagem).

Os pictogramas e seus significados podem ser divulgados em cartazes no laboratório, junto a outros avisos de segurança que considerar pertinentes. Os pictogramas também devem constar nos rótulos dos frascos de reagentes e suas soluções. Para acessar os significados dos pictogramas, consulte a Norma Brasileira ABNT NBR 14725-3. Produtos químicos: informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. 3. ed. 2017, disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/default.aspx>; acesso em: 16 jun. 2020. Nesse endereço, o acesso à norma é gratuita, mas requer cadastramento.

Aquecimento e eletricidade

Embora tenhamos priorizado atividades que não necessitem de chama, aquecimento ou eletricidade, esses recursos são, muitas vezes, imprescindíveis. Recomendamos que o professor realize pessoalmente procedimentos que envolvam chama; de qualquer forma, oriente os estudantes sobre o modo correto de acionamento do bico de gás e a manter avisos próximos a materiais aquecidos. Uma alternativa pode ser o uso de um fogão ou fogareiro de *camping* a gás. Se possível, privilegie chapas ou mantas elétricas de aquecimento e banho-maria e evite o uso de lamparinas a álcool.

Trabalho com gases

Para o trabalho com gases, o uso de capela é imprescindível e dispensa, nas atividades geralmente propostas para o Ensino Médio, o uso de máscaras de proteção contra gases. Se não for possível sua aquisição, avalie a possibilidade da construção de uma capela de alvenaria, com meia janela frontal de vidro fixa e com sistema de exaustão simples, de menor custo, e suficiente para a maioria das atividades envolvendo gases no Ensino Médio. Idealmente, deve haver uma pia, uma tomada elétrica e uma saída de gás para aquecimento em seu interior. Nesta Coleção, não incluímos procedimentos que envolvam a produção de gases tóxicos.

Prevenção e atendimento de acidentes

Procedimentos de primeiros socorros e o uso de extintores de incêndio devem ser realizados somente por pessoas capacitadas. Consulte o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu, 192) e o Corpo de Bombeiros (193) do seu município sobre a possibilidade de realizar treinamentos em sua escola e propicie que seus estudantes conheçam os equipamentos disponíveis. Entretanto, priorize ações preventivas, enfatizando as regras de conduta apresentadas no infográfico.

O uso obrigatório de avental e óculos de proteção reduz drasticamente o risco de contato de substâncias químicas com a pele. Em alguns casos, faz-se necessário o uso de luvas. Se ainda assim houver contato de substâncias químicas com a pele, olhos ou mucosas, retire imediatamente a vítima do laboratório, a fim de impedir um contato ainda maior com o agente causador do acidente.

Para as substâncias utilizadas nas atividades práticas desta Coleção, dentro das quantidades indicadas, é em geral suficiente que a área atingida seja lavada com água em abundância. Caso outras substâncias ou quantidades sejam utilizadas (em procedimentos desenvolvidos investigativamente pelos estudantes, por exemplo), peça que sejam consultadas informações de segurança nas FISPQ fornecidas pelos fabricantes, que orientam os procedimentos de emergência. As FISPQ também trazem informações ao profissional de saúde responsável por um eventual atendimento médico. Procure garantir, entretanto, que sejam utilizadas substâncias não tóxicas e nas menores quantidades possíveis.

EDITORIA

As FISPQ são as fontes mais acessíveis a respeito de segurança química, mas podem apresentar discordância de informações. Para maior confiabilidade, sempre que possível, consulte e indique o *site* da European Chemical Agency (disponível em: <https://echa.europa.eu>; acesso em: 4 jun. 2020), no qual é possível realizar buscas pelo nome da substância em questão (em inglês).

Esteja atento a atitudes inconvenientes durante os procedimentos e jamais permita a realização de atividades práticas sem a supervisão de um responsável.

Descarte de resíduos

Embora as situações de ensino experimental geralmente envolvam reagentes de toxicidade reduzida e em pequenas quantidades – medidas que são também enfatizadas nesta Coleção –, não se pode negligenciar o impacto ambiental do descarte de seus resíduos.

Nas atividades práticas propostas, não foram empregados resíduos de alta periculosidade – ou seja, aqueles que causam danos à saúde humana e ao ambiente mesmo em pequenas quantidades (CHRISPINO; FARIA, 2010). Também se priorizaram os compostos orgânicos biodegradáveis. Assim, nas quantidades indicadas, a maior parte dos resíduos sólidos pode ser descartada no lixo comum, e os líquidos, na pia, sem tratamento prévio. Entretanto, recomendamos os seguintes cuidados:

- antes de descartar resíduos líquidos na pia, dilua cerca de 100 vezes em água;
- limite o descarte a 100 mL ou 100 g de resíduo por ponto de descarte por dia.

Resíduos de soluções de ácidos e bases devem ser coletados em frascos plásticos, rotulados e disponibilizados a certa distância uns dos outros para evitar enganos. Antes do descarte, devem ser neutralizados. Os ácidos podem ser neutralizados com uma mistura de bicarbonato e carbonato de sódio, e as bases, com ácido acético ou outro ácido fraco. O pH final da solução deve estar entre 6,0 e 8,0, o que pode ser verificado com um indicador ácido-base apropriado.

Muitas vezes, os resíduos podem ser reaproveitados para outras atividades práticas (solventes orgânicos; fios de cobre ou de níquel-cromo etc.) ou enviados para reciclagem (fragmentos de plástico ou metal, por exemplo). Sugere-se que sejam disponibilizados recipientes para sua coleta segregada, o que se constitui ainda em uma ação didática, ajudando a desenvolver esse hábito nos estudantes e promovendo a reflexão sobre o descarte de materiais. Além disso, as informações e orientações sobre segurança devem fazer parte de uma ação educativa, cujo objetivo é desenvolver nos estudantes competências e habilidades experimentais que os capacitem a se responsabilizar pela sua própria segurança, mesmo em outras situações e ambientes.

O pensamento computacional e o ensino de Ciências da Natureza

Pensamento computacional é uma estratégia de como pensar e desenvolver resoluções para um problema. De fato, a técnica leva inclusive a elaboração de soluções que não são únicas ao problema em questão, mas que a solução também possa ser aplicada a outros problemas parecidos. O conceito de pensamento computacional pode ser aplicado a qualquer área do conhecimento e provavelmente já tenha sido utilizado de forma inconsciente por muitas pessoas no dia a dia. Mas estar consciente dessa estratégia é benéfico por permitir consistentemente lidar com problemas grandes e complexos e obter boas soluções.

No artigo "Pensamento computacional – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar", escrito por Jeannette Wing e publicado em 2006 (p. 1-10), a autora dá alguns exemplos de como elementos do pensamento computacional estão presentes no cotidiano:

> Quando sua filha vai para a escola pela manhã, ela coloca em sua mala as coisas que precisará para o dia – isso é *prefatching* e *caching*. Quando seu filho perde suas luvas, você sugere que ele refaça seus passos – isso é *backtracking*. Em que ponto você para de alugar esquis e compra seu próprio? – isso são *algoritmos on-line*. Em qual fila do mercado você fica? – isso é *modelagem de performance para sistemas multisservidores*. Por que seu telefone continua funcionando mesmo com falta de energia? – isso é *independência de falha* e *redundância de projeto*.

Para Wing (2011 *apud* ANDRÉ, 2018), favorecer o pensamento computacional tem por principal função a formação de pessoas capazes de não apenas identificar as informações, mas principalmente produzir artefatos com base na compreensão de conceitos e utilizá-los para enfrentar desafios e refletir sobre seu cotidiano. André (2018) também traz outro pressuposto importante relacionado ao pensamento computacional: fazer com que estudantes e professores desenvolvam a competência de fazer pesquisa, isto é, de aprender de forma independente e autônoma sobre um tema ou um procedimento que não se conhece, usando *sites*, bibliotecas e ambientes virtuais, ao mesmo tempo que discute com outros os resultados encontrados. Dessa forma, o pensamento computacional se alinha aos processos e às práticas científicas, sendo também considerado um meio para alcançar a alfabetização científica.

O pensamento computacional é o processo de analisar e solucionar um problema de forma que os seguintes fundamentos sejam seguidos:

- **Dividir o problema:** Quebrar um grande problema em problemas menores que possam mais facilmente ser entendidos e resolvidos. Assim, um grande e incompreensível problema se torna vários pequenos problemas que são mais fáceis de se lidar e que possivelmente tenham soluções imediatas. Isso também deixa mais fácil o planejamento de recursos, esforços e tempo necessários para se resolver cada problema e o problema maior como um todo.
- **Identificação de padrões:** Ao analisar um problema e possíveis soluções, é fundamental identificar padrões, quando e como eles ocorrem. Esses padrões devem ser observados e registrados, pois eles são importantes para o próximo passo.
- **Abstração:** É fundamental com base nos padrões observados abstrair os conceitos fundamentais que explicam os padrões observados e quais são os principais fatores que influenciam na causa e na resolução do problema.
- **Algoritmos:** Algoritmos nada mais são do que uma série de passos e processos usados em sequência para atingir um objetivo final (toda receita de bolo é um algoritmo, por exemplo). Nesse caso, os algoritmos devem ser criados

para que se possa desenvolver uma sequência de passos que permita que o problema possa ser analisado e/ou solucionado de forma sistemática. Às vezes, algoritmos podem ser usados para automatizar a solução.

Dessa maneira, o pensamento computacional permite não apenas lidar com problemas grandes e complexos demais para se solucionar de forma intuitiva, mas também estabelece uma forma de criar uma solução que depois possa ser aplicada a outros tipos de problemas de mesma natureza ao se fazer apenas simples mudanças na solução em questão.

Segundo André (2018, p. 105),

> Nas atividades propostas na escola consideramos sempre que a melhoria da aprendizagem dos alunos passa pelo pensamento computacional. Devemos então considerar atividades práticas como situações que possibilitem aprendizagem significativa dando condições para que os alunos possam:
>
> - formular questões acerca de sua realidade e dos fenômenos que vivenciam;
> - elaborar hipóteses sobre essa realidade e esses fenômenos e testá-las, orientando-se por procedimentos planejados;
> - interagir com seus colegas em um ambiente coletivo e propício ao debate de ideias e ao desenvolvimento da capacidade de argumentação através do confronto de suas opiniões.

Segundo esse autor, o pensamento computacional pode ser aplicado a uma ampla gama de artefatos, incluindo: sistemas, processos, objetos, algoritmos, problemas, soluções, abstrações e coleções de dados ou informações.

O planejamento das atividades desta Coleção foi pensado para possibilitar situações cognitivamente desafiadoras para os estudantes, valorizando suas ideias iniciais e representações sobre os temas propostos.

Dorling, Selby e Woollard (2015, *apud* ANDRÉ, 2018) consideram que um currículo que promove o pensamento computacional tem o compromisso de articular as disciplinas e as atividades escolares com aquilo que se espera que os estudantes aprendam ao longo de toda a sua formação, resultando em uma mudança que envolve a vida e a responsabilidade pessoal do sujeito perante a construção de seu conhecimento. Nesse contexto, o sujeito aprende a:

- fazer registros de suas observações por meio de textos, infográficos, protótipos, fluxogramas, tabelas, gráficos e desenhos;
- guardar os registros de suas observações ordenadamente;
- avaliar os seus dados periodicamente;
- observar e identificar com critérios um determinado fenômeno ou situação;
- debater com os seus colegas sobre as suas dúvidas e a viabilidade de suas conclusões;
- alterar um procedimento, caso conclua que deva mudá-lo com base na análise de suas observações;
- escrever sobre suas observações e conclusões;
- não ter medo de errar e aprender a corrigir seus erros para continuar suas produções.

Nos últimos anos, as concepções a respeito do pensamento computacional passaram por profundas modificações que permitiram aproximar essa proposta ao dia a dia do estudante, ou seja, ao seu mundo real, tornando-a cada vez mais presente e concreta. Em uma perspectiva mais ampla, podemos perceber que a preocupação com o pensamento computacional não se restringe à escola e ao currículo formal das disciplinas. O pensamento computacional envolve uma visão interdisciplinar que desconsidera a compartimentalização do conhecimento entre áreas distintas.

Assim, ao realizar as atividades que envolvem o pensamento computacional como estratégia de aprendizagem, alguns elementos são potencializados como a autoria digital e construção da cidadania, bem como a valorização dos recursos tecnológicos como fontes de informação importantes para a aprendizagem.

Alfabetização midiática: do acesso à criação de mídias

Além de explorar linguagens, conteúdos conceituais, práticas investigativas e relações entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, a BNCC também aponta fortemente o reconhecimento das potencialidades das tecnologias digitais para o ensino, as práticas sociais e o mundo do trabalho. Neste sentido, são definidas competências e habilidades, nas diferentes áreas, que permitem aos estudantes:

- **buscar dados e informaçõe**s de forma crítica nas diferentes mídias, inclusive as sociais, **analisando as vantagens** do uso e da evolução da tecnologia na sociedade atual, como também seus riscos potenciais;
- apropriar-se das **linguagens da cultura digital**, dos novos letramentos e dos multiletramentos para explorar e produzir conteúdos em diversas mídias, ampliando as possibilidades de acesso à Ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho;
- **usar diversas ferramentas** de *softwares* e aplicativos para compreender e **produzir conteúdos em diversas mídias**, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática; e
- **utilizar, propor e/ou implementar soluções** (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e solucionar problemas complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o **raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a criatividade**. (BRASIL. 2018, p. 472)

O surgimento das mídias digitais interativas, como as redes sociais, buscadores e outras plataformas colaborativas, marca a origem da WEB 2.0, que justamente caracteriza o alto grau de interatividade, colaboração, produção, uso e consumo de conteúdos pelos próprios usuários (MARTINO, 2014). Inicialmente, o acesso à internet estava restrito aos computadores de mesa, que foram dando espaço para os *notebooks*, até chegarmos no tempo dos *smartphones*. Vivemos, então, em um mundo no qual as mídias parecem ser onipresentes (ARROIO, 2017), mas nem sempre são utilizadas todas as suas potencialidades em contextos escolares.

EM MODERNA

O fato de a realidade digital ser extremamente dinâmica exige constantes processos de formação e atualização. Neste sentido, a Coleção e o Suplemento buscam apresentar possibilidades aos professores e aos estudantes para superar eventuais barreiras em seu uso. Os professores também devem construir uma relação de parceria e trocas com os estudantes nessas atividades, pois, pela maioria dos jovens terem nascido em uma época em que essas tecnologias já estavam presentes, podem trazer novas ideias para seu uso e produção.

As propostas da BNCC com o uso de mídias e tecnologias se articulam com o documento *Alfabetização midiática e informacional: diretrizes para a formulação de políticas e estratégias* publicado em 2011 pela Unesco (WILSON *et al*., 2013). De acordo com os autores desse documento, a alfabetização midiática e informacional relaciona-se diretamente ao usufruto do direito à liberdade de expressão. Seguindo essa perspectiva de alfabetização midiática, Klosterman, Sadler e Brown (2012) pesquisaram o uso dos meios de comunicação de massa voltados para a resolução de problemas sociocientíficos em escolas estadunidenses. Nessa investigação, os autores se basearam nos fundamentos da alfabetização midiática e adaptaram categorias de uso de mídia, por meio das quais puderam classificar como professor e estudantes as utilizavam ao longo de atividades. As categorias de uso de mídia na escola propostas foram:

- Acesso – acessar fontes de mídia e indicar possibilidades de recontextualização na escola.
- Análise – determinar o autor da mídia, o público-alvo, a intencionalidade das mensagens e dos conteúdos veiculados.
- Avaliação – julgar o valor da fonte em termos de acurácia, conteúdo científico, credibilidade, adequação, relevância e usabilidade.
- Criação – elaboração de mídias impressas e audiovisuais na escola.

Os autores definem que essas quatro categorias são igualmente importantes nas práticas educativas, mas a categoria com maior demanda cognitiva é a criação. Um professor que planeja promover abordagens de criação de mídia com seus estudantes permite que eles aprendam por meio da exploração e da ação, ademais, também lhes são auferidas a possibilidade de liberarem sua criatividade e de se expressarem por meio das próprias vozes, ideias e perspectivas (WILSON *et al.*, 2013).

Neste sentido, o trabalho com mídias perpassa de forma transversal toda a obra e busca explorar as quatro categorias estabelecidas por Klosterman, Sadler e Brown (2012) por meio das atividades de diferentes seções, em especial, das seções **Pensamento crítico e argumentação** e **Comunicação**.

As propostas apresentadas pela seção **Pensamento crítico e argumentação**, em geral, demandam estudos de artefatos de mídia para a **identificação** e a **análise** de argumentos de debates atuais, além da **avaliação** da qualidade das fontes de informação. Não raro, os artefatos a serem avaliados necessitam do acesso a essas fontes de mídia. Dessa forma, as diversas propostas dessa seção permitem explorar três das quatro categorias: o acesso, a análise e a avaliação.

Já as atividades concebidas para seção **Comunicação** trazem propostas de **criação** e divulgação de materiais relevantes ao contexto local e regional dos estudantes e, em sua maioria, demandam o uso de diferentes tecnologias de informação e comunicação (TICs). Assim, as atividades dessa seção atendem a quarta categoria, a de criação. Dessa maneira, todas as fases do processo de alfabetização midiática são atendidas pela Coleção de maneira consistente.

A integração de práticas de alfabetização midiática e de alfabetização científica no ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias pode encorajar o pensamento crítico com base nos conteúdos trabalhados e a potencialidade de melhoria de suas ações na sociedade, fortalecendo processos de liberdade de expressão e justiça social, empoderando estudantes e professores a desenvolverem mensagens e protagonismo por meio de produções midiáticas, mas tendo como apoio o pensamento científico, fontes seguras e ações fundamentadas no conhecimento.

A leitura inferencial como objeto de conhecimento

Leitura inferencial significa construir sentido com o texto, deduzir informações com base nele e nos conhecimentos prévios do leitor. Solé (1998) define o ato de ler como:

> Ler é compreender e que compreender é sobretudo um processo de construção de significados sobre o texto que pretendemos compreender. É um processo que envolve ativamente o leitor, a medida que a compreensão que realiza não deriva da recitação do conteúdo em questão. Por isso, é imprescindível o leitor encontrar sentido no fato de efetuar o esforço cognitivo que pressupõe a leitura, e para isso tem de conhecer o que vai ler e para que fará isso.

Leitura inferencial é, portanto, um processo mental que requer competências:

- interpretativas: o leitor faz generalizações, prevê fenômenos e faz suposições acerca do conteúdo;
- dedutivas: o leitor lê nas entrelinhas, conecta ideias do texto para obter conclusões que não estão diretamente expressas no texto.

A indicação da leitura inferencial nos componentes curriculares que compõem a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias justifica-se, principalmente, pela competência geral 2 definida pela BNCC – **Pensamento científico, crítico e criativo** –, com base na qual se espera que o estudante deva "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." (BRASIL, 2018, destaques nossos).

Para extrair inferências de um texto, é importante ter em conta os seguintes passos:

- Identificar as ideias principais no texto.
- Efetuar suposições em torno das ideias implícitas no texto com base nas existentes.
- Reler para constatar as inferências feitas (aquela informação que valida converte-se assim em sua fundamentação correspondente).

MODERNA

Com base no trabalho de Vargas (2012), esta Coleção busca apresentar uma diversidade de tipos de abordagem para o trabalho com os textos, explorando aspectos linguístico-discursivos cruciais para a construção da leitura, exigindo um trabalho cognitivo e de interação dos conhecimentos dos estudantes com o texto, considerando-os como produtores de significados e não meros reprodutores do texto. As atividades previstas na seção **Reflexões sobre a Ciência** possibilitam aos estudantes estabelecer relações entre o que ele já sabe e diferentes tipos de textos sobre aspectos da natureza da Ciência para se chegar a interpretações consistentes, tomando os elementos explícitos no texto, estabelecendo relações entre eles para, finalmente, inferir ou extrair ideias. Nas Orientações específicas deste Suplemento oferecemos direcionamentos de como conduzir essa seção levando em consideração as estratégias de leitura inferencial.

Para auxiliar essa tarefa, sugerimos a leitura do livro *35 estratégias para desenvolver a leitura com textos informativos* (MOSS; LOH, 2012). Apresentamos, a seguir, de forma resumida, três dessas estratégias que podem auxiliar no processo de leitura inferencial, tanto nas oportunidades oferecidas pela Coleção quanto no de outros textos da vida cotidiana dos estudantes, como artigos de jornais e revistas de grande circulação e na internet.

Estratégia A – **Marcar páginas com organizadores adesivos**: ajuda os jovens a lerem com objetivos específicos em mente. Cada estudante recebe quatro marcadores adesivos. No primeiro, ele marca um ponto de exclamação (!) para a parte mais interessante do texto. O segundo, que deve ser identificado com um V, é para vocábulos importantes que precisam ser bem discutidos; o terceiro, identificado com um ponto de interrogação (?), é para partes confusas do texto; e o quarto, identificado com a letra (I), deverá ser usado para indicar uma ilustração (desenho, mapa, tabela, gráfico) que os ajudaram a inferir melhor o significado que o autor está dando ao texto.

Estratégia B – **Guia de discussão**: possibilita uma leitura crítica buscando entender o que está por trás da informação. Neste caso, a atividade deve ser feita em grupo, preenchendo o guia, com base na leitura do texto, com quatro novos aprendizados, três comentários e/ou opiniões, duas perguntas e um tópico que precisa de um exame mais aprofundado com novas leituras.

Estratégia C – **Cartão de comentário**: reunidos em grupo e com base em uma leitura, preferencialmente de um tema controverso, os estudantes devem receber uma folha de papel A4 e dividi-la em quatro partes. Nessas partes, devem escrever um comentário, uma surpresa, uma pergunta e uma observação. As folhas podem ser coladas uma a uma em um painel, ou você pode dividir o quadro de giz ou o mural em quatro, juntando em uma única imagem todos as percepções dos estudantes. Outros tipos de cartões de comentário podem ser criados por você, professor, de acordo com as características do texto. Uma sugestão é a divisão em: concordo, concordo com ressalvas, discordo, preciso de mais informações para me posicionar.

O jovem do Ensino Médio como protagonista

Para o pedagogo mineiro Antônio Carlos Gomes da Costa, "o protagonismo juvenil parte do pressuposto de que o que os adolescentes pensam, dizem e fazem pode transcender os limites de seu entorno pessoal e familiar e influir no curso dos acontecimentos na vida comunitária e social mais ampla" (COSTA, 2000). Ou seja, trata-se de um olhar que reconhece o potencial criador e transformador do jovem em sua atuação no mundo.

A escola assume papel fundamental no desenvolvimento desse protagonismo, pois é nesse local que se torna possível a articulação entre os saberes que os jovens trazem de suas vivências e os saberes teóricos e conceituais que são desenvolvidos na prática pedagógica.

Pensar em protagonismo, portanto, é uma mudança de paradigma, que, além de colocar o jovem no centro do processo de aprendizagem, coloca-o como cocriador de seu próprio processo, e não somente como um receptor de conteúdos.

A revista *Nova Escola* publicou, em 2013, um número especial intitulado "O que os jovens de baixa renda pensam sobre a escola". A pesquisa feita nessa edição revelou, entre outros aspectos, que esses jovens não viam sentido em muitos dos conteúdos ensinados e que reclamavam da falta do uso de tecnologias na escola. A publicação indica, também, que o jovem não se sentia pertencente ao ambiente escolar, por isso não via sentido no que aprendia, além de perceber a distância entre a vida real (baseada na tecnologia) e a rotina escolar.

Com o intuito de aproximar os conteúdos estudados na escola das realidades dos estudantes, a Coleção parte de temáticas sugeridas pelo TCTs. Além disso, esta obra busca ser parceira do professor, na medida em que sugere seções apropriadas ao desenvolvimento do protagonismo juvenil associado às habilidades e competências gerais da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Por exemplo, a seção **Valores e atitudes**, da Unidade Produção e conservação de alimentos, convida o estudante a refletir sobre as perdas e os desperdícios de alimentos tanto mundial quanto individualmente, como também a propor medidas, dentro do seu contexto familiar, para diminuir o desperdício de alimentos e, assim, atuar como multiplicador desse conhecimento em outros grupos. Já a seção **Comunicação**, da Unidade Água, os estudantes se tornam divulgadores de conhecimento científico, com base em campanha publicitária acerca do consumo consciente da água, com o intuito de atuar em prol da comunidade a que pertencem empregando as tecnologias da informação e comunicação e outros instrumentos de comunicação que tenham significado para eles. Cabe ressaltar que as temáticas trabalhadas por essas seções também estão articuladas aos Objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU: 2 (Fome zero e agricultura sustentável); 6 (Água potável e saneamento) e 14 (Vida na água), favorecendo assim a atribuição de sentido às aprendizagens dos estudantes por sua vinculação aos desafios da realidade mundial, regional e local.

Coerente com essa perspectiva, a seção **Reflexões sobre a Ciência** busca viabilizar o acesso dos estudantes às bases científicas e tecnológicas dos processos de produção do mundo contemporâneo articulando o conhecimento teórico à resolução de problemas da sua realidade. Podemos citar novamente como exemplo a Unidade Água, em que o estudante, além de conhecer os diferentes tipos de pesquisa científica, é convidado a identificar um problema na comunidade na qual está inserido para então esquematizar, com base nos tipos de pesquisa, como procederiam na busca por soluções e/ou novas compreensões. Outro exemplo cujo foco está nos

CÓPIA

processos tecnológicos é apresentado na Unidade Explorando o Universo e a vida. O estudante é levado, por meio de leitura e pesquisa orientada, a entender que Ciência básica e Ciência aplicada têm propósitos diferentes a ponto de identificar a contribuição da pesquisa básica para o surgimento das inovações tecnológicas que beneficiam a sociedade.

O quadro **Revise e amplie!** é também um exemplo de estímulo ao protagonismo juvenil. Por meio dos questionamentos "o que eu aprendi sobre a temática?" e "o que mais eu gostaria de saber sobre essa temática?" os estudantes são convocados a refletir sobre suas experiências e aprendizagens desenvolvidas ao longo do estudo da Unidade, como também incentivados à aprofundar a temática de modo a privilegiar exclusivamente suas necessidades e seus interesses. Essa é uma estratégia de conscientização para que o estudante continue aprendendo e aprimorando seus conhecimentos.

A BNCC deixa explícito que enxergar o estudante como protagonista pressupõe também valorizar sua bagagem pessoal e cultural, ou seja, seus conhecimentos prévios. Admite ainda seu envolvimento em processos de discussão, decisão, desenho e execução de ações, porque, conforme expõe Costa e Vieira (2000), o protagonismo juvenil reconhece que a participação dos jovens pode gerar mudanças decisivas na realidade social, ambiental, cultural e política em que estão inseridos.

Com o intuito de atender também a essas demandas, a Coleção reservou, dois espaços que valorizam a voz do estudante, além dos já mencionados: o quadro **Pense nisso!** e a seção **Pensamento crítico e argumentação**.

O primeiro diz respeito às questões de levantamento de conhecimentos prévios sobre os conteúdos de Ciências da Natureza. Essa ferramenta auxilia o docente em seu planejamento, respeitando as especificidades de cada turma e de cada estudante. A utilização dessa estratégia se justifica, porque a aprendizagem significativa está associada à capacidade do estudante relacionar o que já sabe sobre determinado assunto com o que está aprendendo de novo, e assim estabelecer conexões. No entanto, o professor não deve se limitar a esse quadro para mapear os conhecimentos dos estudantes. Por exemplo, nas Orientações específicas deste Suplemento, tópico *Subsídios para o planejamento*, há sugestão de estratégia didática baseada em rotinas de pensamento que permite ao educando ativar seu conhecimento prévio para relacioná-lo com o conteúdo novo. No entanto, é fundamental que o professor tenha em mente que a natureza (procedimental, conceitual, factual ou atitudinal) do conteúdo também determina a maneira como vai conduzir a atividade de levantamento de conhecimentos prévios, que podem ser baseadas em desenhos e esquemas representativos, rodas de conversa, produções de texto, análises de casos e situações, encenações e dramatizações, desafios de lógica, entre outros.

O segundo se refere à preparação dos estudantes para atuar de modo responsável e consciente nas diferentes esferas: social, política, cultural, ambiental. Desse modo, nos diferentes volumes da Coleção os estudantes são conduzidos a aprender como estruturar argumentos adequadamente embasados que justifiquem suas ideias e avaliar informações a que serão expostos dentro da temática, e assim defender-se contra a manipulação intelectual. Podemos citar como exemplo, a Unidade Explorando o Universo e a vida, em que é apresentada a diferença entre um argumento e uma explicação, gêneros discursivos considerados sinônimos no senso comum. O estudante é desafiado a identificar e utilizar um argumento com base em evidências fortes, algo fundamental para que participe de discussões em contexto político na escola, como a organização de um grêmio estudantil. Na Unidade Humanos, metais e máquinas, o estudante terá contato com três tipos de argumento – indução, dedução e analogia –, e será levado a exercitá-los no contexto ambiental relativo aos vazamentos das barragens de rejeitos. Ao saber utilizar esses argumentos, os estudantes podem extrapolar os muros da sala de aula, mobilizando esse conhecimento para resolução dos problemas diários.

Ressignificando o papel do professor e sua prática pedagógica

A nova configuração do Ensino Médio prevê não apenas que os estudantes assumam o protagonismo do seu processo de formação, mas também exige uma mudança no papel do professor, o que já vem acontecendo há algum tempo na educação, desde que seu eixo central passou do ensino (centralizado na figura de autoridade do professor) para a aprendizagem (focada na figura do estudante produtor de conhecimento). O Ministério da Educação, nos anos 2000, propôs uma formação, nos cursos de Ensino Superior, mais condizente com os desafios do mundo atual. Entre as exigências que se colocam para o papel docente destacam-se:

- orientar e mediar o ensino para a aprendizagem dos alunos;
- responsabilizar-se pelo sucesso da aprendizagem dos alunos;
- assumir e saber lidar com a diversidade existente entre os alunos;
- incentivar atividades de enriquecimento curricular;
- elaborar e executar projetos para desenvolver conteúdos curriculares;
- utilizar novas metodologias, estratégias e materiais de apoio;
- desenvolver hábitos de colaboração e trabalho em equipe.

Há, portanto, uma mudança de paradigma tanto do papel docente, que vem buscando ocupar esse espaço de facilitador do processo de aprendizagem, compartilhando a autoridade do processo, quanto do estudante, que busca sair do papel de cumpridor de tarefas para alguém que faça proposições e seja ouvido de fato.

No livro *A pedagogia da presença* (2001), Antônio Carlos Gomes da Costa afirma que a verdadeira relação educador-educando

> [...] baseia-se na reciprocidade, entendida como interação na qual duas presenças se revelam mutuamente, aceitando-se e comunicando uma à outra, uma nova consciência, um novo conteúdo, uma nova força, sem que, para isto, a originalidade inerente a cada um seja minimante posta em causa.

REPRODUÇÃO

Trata-se, portanto, de um equilíbrio dialógico entre os dois papéis, do professor e do estudante, ambos com exigências e paradigmas novos para lidar. Nesse cenário, a colaboração tende a ser um caminho de crescimento e desenvolvimento mais fluido e eficaz.

Para repertoriar os docentes com ferramentas capazes de estabelecer essa colaboração na aprendizagem, trazemos sugestões de **metodologias ativas** e as **rotinas de pensamento**, que também favorecem o desenvolvimento de competências e habilidades preconizadas pela BNCC.

Metodologias ativas

A essência do termo metodologia ativa não se constitui em algo novo. Encontramos menções à importância da ação e da experiência para a aprendizagem em Dewey (1950), Freire (2009), Rogers (1973), Novak e Gowin (1999). O norte-americano John Dewey (1859-1952), por exemplo, em seu ideário da Escola Nova, já defendia que a aprendizagem ocorre pela ação, colocando o estudante no centro dos processos de ensino e de aprendizagem. No entanto, é nesse contexto de crise que a escola tradicional e conteudista enfrenta que as metodologias ativas encontram um ambiente oportuno para serem consideradas nas práticas pedagógicas dos professores.

De acordo com Bacich e Moran (2018, p. 25) as "metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem [...] ao seu envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor." Dessa forma, Diesil, Baldez & Martins (2017) identificam que os princípios que constituem essa abordagem de ensino são:

- aluno como centro do ensino aprendizagem;
- professor como mediador, facilitador, ativador;
- inovação;
- trabalho em equipe;
- problematização da realidade;
- reflexão;
- autonomia.

Nessa perspectiva, o uso das metodologias ativas requer uma mudança de postura do professor e do estudante para que ressignifiquem seus papéis, como pode ser observado no quadro a seguir.

	Características que professores e estudantes assumem em dois contextos de ensino.	
	Papel do professor	**Papel do estudante**
Ensino tradicional	Transmissor do conhecimento e centro do processo	Receptor passivo da informação
	Trabalho individual e por disciplina	Participa isoladamente do processo
	Conteúdos organizados em aulas expositivas	Transcreve, memoriza e repete
	Avalia o produto	Faz avaliações (provas e testes)
Ensino com metodologias ativas	Orientador, tutor, conduz a aprendizagem	Ativa o conhecimento prévio
	Trabalho em equipe	Aprende em ambiente colaborativo: interação estudante x estudante; estudante x professor; estudante x material didático
	As disciplinas são organizadas por área de conhecimento valorizando a interdisciplinaridade	Pesquisa, analisa, avalia, toma decisões coletivas e/ou individuais com a finalidade de encontrar soluções para um problema
	Avalia o processo e produto	Autoavaliação, avaliação entre pares e avaliação do professor

Fonte: DIESIL, A.; BALDEZ, TINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

Assim, fica evidente que uma abordagem que faz uso de metodologias ativas promove, por meio de atividades complexas, o desenvolvimento das competências gerais tão enfatizadas pela BNCC. Aprendizagem baseada em problemas, em projetos, por pares, *design thinking*, sala de aula invertida, método *jigsaw*, estudo do meio e estudo de caso são apenas alguns exemplos de metodologias ativas, e sua escolha é condicionada aos objetivos de aprendizagem para cada turma.

Desse modo, o tópico *Subsídios para o planejamento* nas Orientações específicas deste Suplemento oferece sugestões para conduzir os Temas com base em metodologia ativa ou rotina de pensamento (descrita a seguir), obedecendo a estrutura de uma sequência didática. Ao longo das orientações, foram destacadas e justificadas as competências gerais que essas abordagens permitem desenvolver. Esta Coleção valoriza o docente não só como mediador do processo de ensino e aprendizagem, mas também o pesquisador da própria prática, que questiona, reflete e reavalia as etapas de seu trabalho na busca por soluções. Assim, estamos certos de que com base em seus saberes, você, professor, poderá adaptar nossa sugestão ao seu contexto educativo, para proporcionar um ambiente em que os estudantes desenvolvam cada vez mais a autonomia.

Rotinas de pensamento

O Project Zero (Projeto Zero) fundado por um grupo de pesquisadores da Faculdade de Educação da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos, dedica-se a pesquisar as capacidades humanas. Entre os projetos, destaca-se o Pensamento Visível, que se tornou um livro, em 2011, intitulado *Making Thinking Visible,* de autoria de Ron Ritchhart, Mark Church e Karin Morrison.

O pensamento visível, segundo esses autores, tem duplo objetivo: por um lado, cultivar habilidades e disposições de pensamento (curiosidade, preocupação com a verdade e compreensão, uma mentalidade criativa) dos estudantes e, por outro, aprofundar a aprendizagem de conteúdo. Para atingir esses objetivos, várias práticas são mobilizadas, entre elas, a **rotina de pensamento**. Essa é uma prática testada e aprovada mundo afora, mas ainda pouco conhecida no Brasil.

MODERNA

As rotinas de pensamento são protocolos de ação, por exemplo, um conjunto de perguntas ou uma breve sequência de etapas, voltadas para tornar o pensamento do estudante visível, para si e para o outro. Elas têm como objetivo principal despertar e manter o hábito, nos estudantes, de questionar, debater e refletir, desenvolvendo assim muitas das competências gerais da BNCC. O que as torna rotinas, em vez de estratégias, é que elas são usadas repetidamente para que se tornem parte do tecido da cultura da sala de aula. Assim, as rotinas são a maneira pela qual os estudantes conseguem monitorar seu processo de aprendizado.

Quando o pensamento é visível nas aulas, os estudantes estão em posição de serem mais metacognitivos, de pensar sobre seus pensamentos (aprendem a aprender). Isso significa que o professor não valoriza a memorização de conteúdo, mas busca explorar ideias por meio da identificação dos conceitos errôneos, dos conhecimentos prévios, da capacidade de raciocínio e graus de entendimento. Com base nisso, o professor pode enfrentar os desafios e ampliar o pensamento dos estudantes, partindo de onde eles estão.

Foram criadas rotinas específicas para o desenvolvimento da criatividade, da compreensão, da verdade e da equidade, as quais podem ser utilizadas em diferentes contextos, níveis e conteúdos. As principais rotinas são:

- *What makes you say that?* (O que faz você dizer isso?) – Ajuda os estudantes a descrever o que veem ou sabem e pede que eles elaborem explicações. Promove o raciocínio baseado em evidências, uma vez que convida os estudantes a compartilharem suas interpretações, incentivando-os a entender alternativas e múltiplas perspectivas.
- *Think Puzzle Explore* (Pense, Questione e Explore) – Ajuda os estudantes a se conectarem com o conhecimento prévio, estimula a curiosidade e estabelece as bases para uma investigação independente.
- *Think Pair Share* (Pense e Compartilhe em pares) – Incentiva os estudantes a pensar em algo, como um problema, uma pergunta ou um tópico, e depois a articular os pensamentos. A rotina promove o entendimento por meio de raciocínio e explicação, uma vez que os estudantes estão ouvindo e compartilhando ideias.
- *Compass Points* (Pontos de bússola) – Ajuda os estudantes a explorar os vários lados e as facetas de uma proposição ou ideia antes de tomar uma posição ou expressar uma opinião sobre ela.
- *I Used to Think... Now I Think...* (Eu costumava pensar... Agora eu acho...) – Ajuda os estudantes a refletir sobre o que pensavam sobre um tópico ou questão e a explorar como e por que esse pensamento mudou. Pode ser útil na consolidação de novos aprendizados à medida que identificam seus novos entendimentos, opiniões e crenças.
- *Circle of Viewpoints* (Círculos de pontos de vista) – Ajuda os estudantes a considerar múltiplas e diferentes perspectivas envolvidas em torno de um tópico, para entender que as pessoas podem pensar e sentir de maneiras diferentes.

Embora as rotinas de pensamento sejam estruturas simples e fáceis de serem utilizadas, elas colocam professores e estudantes em papéis bem diferentes dos tradicionais. O professor exerce a função de ouvinte, enquanto os estudantes se tornam sujeitos ativos, capazes de direcionar o aprendizado para suas dúvidas e seus questionamentos. Assim, acreditamos que nesse momento de transição elas podem se tornar excelentes aliadas para inovar a prática pedagógica.

Avaliação a serviço da aprendizagem

Quando pensamos na avalição como processo, surgem questionamentos voltados aos resultados esperados e cobrados dos estudantes, e nós, professores, na função de mediadores, por vezes nos perguntamos quais são os instrumentos seguros e legítimos que podemos utilizar.

Segundo Luckesi (2011), a avaliação deve ser o instrumento dialético do avanço, porque a aprendizagem, como cerne da ação avaliativa, é dinâmica. Portanto, a **avaliação formativa**, como propomos nesta Coleção, não busca classificar nem selecionar os estudantes, pelo contrário, é impulsionadora da aprendizagem dele, levando em consideração seus aspectos cognitivos, afetivos e sociais, além de ser promotora da melhoria do ensino. Esses dois processos são dinâmicos e complementares.

Concordamos com Luckesi (2011) quando aponta que:

> […] para qualificar a aprendizagem de nossos educandos, importa, de um lado, ter clara a teoria que utilizamos como suporte de nossa prática pedagógica, e, de outro, o planejamento de ensino, que estabelecemos como guia para nossa prática de ensinar no decorrer das unidades de ensino do ano letivo.

Nessa perspectiva, torna-se necessária uma reflexão do professor a respeito dos instrumentos capazes de recolher dados sobre a realidade de aprendizagem dos estudantes. Os instrumentos podem ser diversificados tanto quanto é diversificada a maneira como eles são capazes de aprender e demonstrar seu aprendizado. O *Guia de Implementação do Novo Ensino Médio* deixa explícita a necessidade de elaboração de modelos avaliativos que deem conta das particularidades de cada metodologia e estratégia de ensino e aprendizagem, enfatizando o caráter formativo:

> As escolas não devem se limitar somente à aplicação de provas escritas ao final de um período, em especial quando o que está sendo avaliado não é apenas o aprendizado de conteúdos, mas o desenvolvimento de habilidades e competências. Propõe-se que se desenvolvam diferentes métodos de avaliação que atendam à nova realidade, como a demonstração prática, a construção de portfólios, a documentação emitida por instituições de caráter educativo, entre outras formas de se avaliar os saberes dos estudantes.

A prática avaliativa no contexto atual busca, então, superar sua função burocrática de atribuir notas e sua limitação à memorização repetitiva de conteúdos conceituais. A preocupação do novo Ensino Médio é desenvolver habilidades e competências, o que exige do professor uma escolha diferenciada e diversificada de instrumentos que o ajudem a perceber o progresso dos estudantes nas múltiplas relações que eles estabelecem com o conhecimento científico, com os conteúdos procedimentais e atitudinais.

EM MODERNA

Assim, esta Coleção apresenta três momentos, no Livro do estudante, que priorizam a avaliação, delineando sua importância ao longo do processo de aprendizagem. Na Abertura das Unidades, o quadro **Pense nisso!** serve de avaliação diagnóstica, que permite ao professor colher pistas do que os estudantes já sabem e como compreendem o conteúdo para poder iniciar os Temas. A seção **Reflita sobre seu aprendizado!** é um momento de autoavaliação que demandará dos estudantes a decomposição dos objetivos gerais da Unidade em suas partes e posterior percepção de quais aspectos desses objetivos foram atendidos à luz do que foi estudado no Tema e quais ainda precisam ser esclarecidos. Trata-se de uma estratégia que compõe o pensamento computacional, dividir um problema em problemas menores até que sua solução seja trivial. Já a seção **Revise e amplie!** propõe duas questões metacognitivas: uma associada à autoavaliação da aprendizagem e a outra, que estimula o aprofundamento sobre a temática, incentivando o protagonismo do educando.

Na Coleção, consideramos a **autoavaliação** uma etapa importante da aprendizagem, pois permite que o estudante assuma responsabilidade sobre esse processo, estabelecendo ações que favoreçam seu avanço. Além disso, saber se autoavaliar contempla diretamente as competências gerais 7 e 10 da BNCC, ao exercitar o pensamento crítico e o aprender a aprender. Refletir sobre a própria aprendizagem e ter clareza desse processo é o que promove a autonomia necessária para chegar a essas competências.

Destacamos ainda dois instrumentos de avaliação e as oportunidades em que podem ser realizados com base nas seções do Livro do estudante. No entanto, cabe mencionar que o professor precisa ter clareza dos objetivos de aprendizagem durante o percurso traçado para favorecer a aprendizagem e é fundamental que registre esse percurso.

- **Mapa conceitual**

É uma representação gráfica de uma rede de proposições que explicita a relação entre conceitos sobre determinado conhecimento específico. Os conceitos, usualmente, são organizados de forma hierárquica, do mais geral, localizando-se no topo, em direção ao mais específico, na base do mapa. A construção do mapa conceitual deve responder a uma pergunta específica que direciona a elaboração e a sua leitura. Assim, ao trabalhar os Temas com o Livro do estudante, esse recurso torna-se valioso para ajudar o professor a verificar o conhecimento declarativo dos estudantes a respeito do conteúdo vinculado às habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**,** mobilizando também as competências gerais 1 e 2. Sugerimos duas maneiras de utilizar essa ferramenta.

1. Solicitar aos estudantes que construam um mapa, com base no seguinte questionamento: "Quais são os principais assuntos tratados ao longo do Tema?". Nesse caso, é importante que o professor ensine os estudantes a construir um mapa conceitual, realizando um treinamento sistemático para que eles manipulem corretamente os componentes essenciais, as proposições, hierarquia e a pergunta focal. Os artigos de Moraes e colaboradores (2011) e Moreira (2012) são excelentes referências para auxiliar nessa tarefa.
2. O professor elabora um mapa conceitual sobre o Tema estudado com termos de ligação ou conceitos de modo que algumas proposições estejam conceitualmente incorretas. Os erros devem ter níveis simples, intermediários e difíceis. Os mapas são distribuídos à turma e solicita-se aos estudantes que identifiquem os erros e sugiram uma forma de corrigi-los. O professor deve avaliar a quantidade de erros identificados e sua complexidade, bem como as sugestões de correção.

Nas duas sugestões de uso, o professor pode solicitar a construção ou a análise do mapa em grupo ou individualmente. Além disso, é importante que os estudantes exponham esse aprendizado para a turma, o que permitirá ao professor reconhecer as dificuldades conceituais do educando, gerando um momento metacognitivo. Esse momento também é uma oportunidade de avaliar como os estudantes mobilizam a competência geral 4, que tem como foco a comunicação.

- **Debate**

O debate é uma atividade intencionalmente planejada e estruturada para exposição dos diferentes pontos de vista sobre determinado assunto e assume diversos formatos (simulações de assembleias, júris, convenções etc.). Como instrumento de avaliação, permite que o professor observe os estudantes por meio das habilidades que o uso dessa ferramenta revela: conhecimento escolar, argumentação, oralidade, organização estratégica do pensamento e capacidade de escuta, favorecendo assim a mobilização de diversos elementos que compõem as Competências Gerais 1, 4, 7 e 9. É importante que o professor crie uma lista de critérios de avaliação para acompanhar a discussão e, assim, consiga orientar melhor a conduta de cada estudante.

A Coleção cria oportunidades para que o debate seja valorizado como estratégia de aprendizagem e, consequentemente, de avaliação. Destacamos a seção **Pensamento crítico e argumentação** por geralmente apresentar temas controversos e demandar um posicionamento dos estudantes. As seções **Reflexões sobre a Ciência; Valores e atitudes; Comunicação; Prática investigativa** (tópico *Discuta com seus colegas*) também permitem organizar esse tipo de atividade, uma vez que estimulam a participação ativa dos estudantes, convidando-os a expor suas opiniões e refletir sobre os diferentes pontos de vista.

Além desses instrumentos, é possível, a realização de resumos, relatórios ou fichas de observação, principalmente durante o trabalho com a seção **Prática investigativa**; confecção de portfólio individual ao longo do estudo da Unidade; elaboração de *blog*, produção de vídeos e animações em *stop motion* para divulgação de informações para a comunidade, um dos focos da seção **Comunicação** e ainda a utilização de rubrica (que indica, em escala, as expectativas específicas para determinada tarefa) para avaliar o trabalho em grupo, que pode ser feito em qualquer seção do livro.

A seção **Atividades** no Livro do estudante, composta de exercícios de múltipla escolha e questões discursivas, contribui com a preparação dos estudantes para as avaliações em larga escala, buscando inseri-los em uma cultura científica. Essa é uma oportunidade de o professor se tornar parceiro do estudante, utilizando essa seção como instrumento a serviço da aprendizagem do educando. Ou seja, de um lado o professor atua como mediador auxiliando na resolução dos exercícios, do outro, o educando gradativamente vai ganhando autoconfiança, tornando-se autônomo, de modo que os erros e as dúvidas possam impulsionar sua aprendizagem.

EM OBRA

Vale destacar que durante o trabalho com as seções supracitadas, o professor deve ir além da constatação das dificuldades dos seus estudantes. É preciso compreender o nível e as condições em que eles se encontram com intuito de (re) direcionar suas ações e assim possibilitar caminhos para que o educando construa seu conhecimento. Nesse contexto, a avaliação, para o professor, assume também um caráter reflexivo, que pode ser norteado por alguns questionamentos: "Como planejo minha aula?"; "Como registro e avalio o trabalho realizado pelos estudantes?"; "Quais são as principais causas do sucesso ou fracasso das estratégias adotadas?" e "O que deve ser alterado e o que deve permanecer igual?".

Justificativa e objetivos deste volume

A Ciência e a tecnologia assumem múltiplos papéis no desenvolvimento da sociedade humana. Se, por um lado, o desenvolvimento científico-tecnológico resultou em novos ou melhores produtos e serviços, sendo responsável pela melhoria na qualidade de vida, por outro, também promoveu desequilíbrios ambientais e ampliou desigualdades sociais. Reconhecer esses múltiplos papéis desempenhados pela relação Ciência, tecnologia e sociedade no cenário atual é central para o posicionamento e a tomada de decisão diante dos desafios éticos, culturais, políticos e socioambientais. Dentro dessa perspectiva, o presente volume traz duas temáticas relevantes no contexto atual de mundo, cujas escolhas foram embasadas nos Temas Contemporâneos Transversais da BNCC e que são trabalhadas separadamente por cada uma das Unidades. Por meio dessas temáticas, busca-se promover o desenvolvimento de um novo olhar sobre o mundo, a compreensão da natureza como processo dinâmico, o reconhecimento do conhecimento histórico do processo de desenvolvimento da Ciência e a avaliação das interações entre os seres humanos e o ambiente, a partir de uma compreensão mais aprofundada sobre a origem e a evolução do Universo, do surgimento da vida e a evolução da espécie humana. Dessa forma, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e a Coleção, por meio de uma articulação com outras áreas do conhecimento, assumem uma posição fundamental na formação integral dos estudantes, assegurando acesso à diversidade de conhecimentos científicos existentes e aos seus principais processos, práticas e procedimentos. Possibilita ainda ao estudante fazer escolhas e intervenções conscientes diante de problemas com que se deparam cotidianamente e pautadas nos princípios da sustentabilidade, nos direitos humanos, a fim de promover o bem comum.

Assim, para este volume definiram-se objetivos de aprendizagem, apresentados a seguir, que buscam garantir o desenvolvimento de habilidades e competências gerais e específicas.

Unidade 1 – Explorando o Universo e a vida
Compreender que as formas de vida que observamos em nosso planeta, assim como as que esperamos encontrar em explorações espaciais, são resultado de um longo processo natural e espontâneo que ocorreu com crescente ganho de complexidade e foi regido pelas leis da Física e da Química.
Investigar os níveis de complexidade da organização da matéria, desde a combinação das partículas elementares na origem do Universo até o surgimento dos organismos eucariontes na Terra, passando pela formação de estruturas moleculares em processos que dependem das condições ambientais, como temperatura e presença de um solvente, assim como da característica de polaridade desse solvente.
Relacionar e analisar as condições do surgimento da vida na Terra e em outros corpos do Sistema Solar, avaliando as condições e as características que poderiam ser facilitadores ou empecilhos para o surgimento da vida.
Reconhecer a teoria do Big Bang como aquela que fornece explicações científicas mais plausíveis sobre o surgimento da Terra e do Universo.
Explicar os processos de formação dos elementos químicos a partir do processo de fusão nuclear.
Utilizar a representação da tabela periódica para explicar o agrupamento dos elementos químicos, de acordo com suas características comuns relacionadas aos modelos subatômicos, e utilizar suas informações para o entendimento da Vida, da Terra e do Cosmos.
Analisar a evolução estelar, o modelo da distribuição de elementos químicos, a sua relação com o surgimento de sistemas planetários e a possibilidade de surgimento de vida.
Reconhecer a Ciência como mutável, percebendo os limites explicativos de modelos científicos que podem ser substituídos, notando essa característica nos modelos de ligação química.
Compreender os princípios da evolução biológica, considerando a origem da vida, a diversificação e a dispersão das espécies pela Terra.
Debater a falsa dicotomia entre Ciência básica e Ciência aplicada, compreendendo a inter-relação entre elas.
Selecionar evidências de fontes confiáveis para sistematizar informações e fatos relacionados à exploração espacial.
Investigar e explicar o funcionamento de uma linguagem de programação chamada *Scratch*.
Unidade 2 – Humanos, metais e máquinas
Reconhecer os impactos ambientais causados pela intensificação da extração de recursos naturais pelos seres humanos, em decorrência do crescimento populacional e do desenvolvimento de ferramentas e máquinas ao longo da história da humanidade.
Analisar as propriedades dos materiais e os diferentes métodos aplicados na produção de componentes metálicos, avaliando alternativas e novas tecnologias que reduzam a dependência de recursos não renováveis e os impactos socioambientais.
Compreender as causas dos movimentos e as leis que as regem, bem como o conceito de vantagem mecânica e os tipos de equilíbrio das máquinas, utilizando as propriedades dos materiais para a melhor adequação de seu uso em diferentes aplicações no cotidiano.
Explicar a relação entre avanços tecnológicos e exploração de recursos naturais e realizar projeções para avaliar impactos futuros.
Explicar as principais características dos primatas e concluir que o ser humano, na perspectiva biológica, é uma espécie de primata, compreendendo sua classificação e evolução.
Explicar as principais relações ecológicas, reconhecendo seus efeitos sobre as espécies envolvidas e seu papel na regulação do tamanho das populações.
Analisar as propriedades das terras-raras para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações, propondo soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local.
Relacionar transformações químicas envolvidas em processos metalúrgicos com algumas de suas implicações ambientais e econômicas.
Explicar as forças que agem sobre os objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base nas interações gravitacionais.
Avaliar riscos em atividades cotidianas por meio da aplicação do conceito de equilíbrio para justificar o uso de equipamentos, recursos e comportamentos de segurança.
Explicar que o uso indevido das Ciências pode ser deturpador ou impropriamente interpretado para justificar teorias e hipóteses de pouco ou nenhum valor moral.
Refletir sobre a linguagem científica e utilizá-la criticamente para elaborar diferentes tipos de argumento (dedutivo, indutivo e por analogia).
Relacionar experiências e saberes próprios para refletir sobre o projeto de vida com autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
Reconhecer fragilidades e desenvolver os pontos fortes de maneira consciente e respeitosa para alcançar realizações presentes e futuras.

EM PROVA

Referências bibliográficas

- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, K. R. A. *Taxonomy for learning, teaching and assessing*: a revision of Bloom's taxonomy or educational objectives. New York: Longman, 2001.

O livro traz uma revisão da taxonomia de Bloom, que explora os currículos de três perspectivas únicas: psicólogos cognitivos, especialistas em currículo e formadores de professores e especialistas em medição e avaliação.

- ANDRÉ, C. F. O pensamento computacional como estratégia de aprendizagem, autoria digital e construção da cidadania. *Teccogs* – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 18, p. 94-109, jul./dez. 2018.

O artigo tem como proposta instigar como o pensamento computacional, na escola, favorece a revisão das próprias produções em um processo de ideias.

- ARROIO, A. Is media literacy an urgent issue in education for all? *Problems of education in the 21th century*, v. 75, n. 5, p. 416-418, 2017.

O artigo traz uma reflexão sobre como as novas tecnologias poderiam ser usadas como meio de fornecer acesso e engajamento nos programas de aprendizagem para todos os grupos sociais da população em todo o mundo.

- AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, v. 1, 2007.

Artigo de revisão bibliográfica sobre o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) dentro do contexto do ensino de Ciências no Brasil.

- BACICH, L.; MORAN, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora*: uma abordagem teórico-prática [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Penso, 2018.

O livro apresenta práticas pedagógicas, na Educação Básica e Superior, que valorizam o protagonismo dos estudantes e que estão relacionadas com as teorias que lhes servem como suporte.

- BERLAND, L. K.; HAMMER, D. Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 49, n. 1, p. 68-94, 2012.

O artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que tinha como objetivo entender como estudantes argumentam quando experimentam a necessidade de persuadir indivíduos com visões contrárias a deles.

- BORELLI, S. H. S.; FREIRE FILHO, J. (org.). Culturas juvenis no século XXI. *Revista de Antropologia*, v. 52, n. 1. São Paulo: USP, 2009. Disponível em: <revistas.usp.br/ra/article/view/27340/29112>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O artigo apresenta uma série de pesquisas sobre práticas juvenis no Brasil e busca oferecer um panorama das transformações dos modos de ser jovem no início deste século.

- BRASIL. Ministério da Educação. Proposta de diretrizes para a formação inicial de professores da Educação Básica, em cursos de nível superior, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/ed_basdire.pdf. Acesso em: 4 jun. 2020.

O documento propõe uma formação, nos cursos de Ensino Superior, mais condizente com os desafios do mundo atual, e enumera algumas exigências para o papel do professor nessa nova perspectiva.

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*: educação é a base. Brasília: MEC/SEB, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

Trata-se de um documento normativo que define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica.

- BRASIL. Ministério da Educação. *Temas Contemporâneos Transversais na BNCC*: Propostas de práticas de implementação, 2019. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O documento explica a necessidade de abordar esses temas nas escolas mostrando que, ao contextualizar o que é ensinado em sala de aula juntamente dos temas contemporâneos, pode-se aumentar o interesse dos estudantes no seu desenvolvimento como cidadão.

- BRASIL. Ministério da educação. *Guia de Implementação do Novo Ensino Médio*. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br/#!/guia>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O documento traz os fundamentos para a implementação da nova proposta para a etapa do Ensino Médio, enfatizando a importância do uso de instrumentos diversificados para avaliação do ensino-aprendizagem.

- BRASIL. Ministério da Educação. *Novo Ensino Médio – perguntas e respostas*. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/publicacoes-para-professores/30000-uncategorised/40361-novo-ensinomedio-duvidas>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O documento reúne as perguntas mais frequentes sobre o novo Ensino Médio e as respectivas respostas.

- CARVALHO, A. M. P. Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. *In*: GATICA, M. Q.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (ed.). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio*: retos e propuestas. Santiago: Universidade Católica de Chile, 2006.

O artigo mostra que não é apenas o produto das Ciências que deve ser transmitido às novas gerações, mas também o processo de construção das Ciências e a cultura científica a partir de seus diversos prismas.

- CARVALHO, A. M. P. *et al*. *Termodinâmica:* um ensino por investigação. São Paulo: Feusp/Capes, 1999.

O artigo fala sobre averiguar quais as vantagens de se usar o ensino por investigação.

EM MODERNIA

- COSTA, A. C. G. da. *Pedagogia da presença*: da solidão ao encontro. Belo Horizonte: Modus Faciendi, 2001.

O livro é uma ferramenta de qualificação das relações humanas, como ética de acolhimento, respeito e empatia para com as pessoas.

- COSTA, A. C. G.; VIEIRA, M. A. *Protagonismo juvenil:* adolescência, educação e participação democrática. Salvador: Fundação Odebrecht, 2000.

O livro tem como objetivo instrumentalizar os profissionais que lidam com o desenvolvimento pessoal e social do jovem, oferecendo um conjunto de conceitos e práticas que trazem novos paradigmas de educação, com o jovem como eixo central.

- DEWEY, J. *Lógica*: teoría de la investigación. México: Fondo de Cultura Económica, 1950.

O livro demonstra que a aprendizagem deve partir da lógica, caracterizada como teoria da investigação.

- DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

O artigo traz práticas pedagógicas que valorizam o protagonismo dos estudantes e que estão relacionadas com as teorias que lhes servem como suporte, além de apresentar as alterações necessárias na prática docente quando do uso de metodologias ativas.

- ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (eds.). *Argumentation in science education:* perspectives from classroom-based research. UK: Springer.

O livro agrupa artigos de grandes pesquisadores na área de argumentação no ensino de Ciências, combinando perspectivas teóricas e práticas relevantes.

- FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017.

Artigo científico que traça um panorama das ações tomadas por um professor, visando instaurar e mediar a produção de argumentos pelos estudantes em sala de aula.

- FREIRE, P. *Pedagogia da esperança*: um reencontro com a *Pedagogia do oprimido*. 16. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2009.

O autor faz uma reflexão sobre *Pedagogia do oprimido*, publicado em 1968 durante o seu exílio no Chile, e analisa suas experiências pedagógicas em quase três décadas nos mais diferentes países.

- KLOSTERMAN, M. L.; SADLER, T. D.; BROWN, J. Science teachers' use of mass media to address socio-scientific and sustainability issues. *Research in Science Education*, v. 42, n. 1, p. 51-74, 2012.

Esse estudo investiga os usos, relatados e reais em sala de aula, dos meios de comunicação de massa pelos professores secundários de Ciências para explorar questões sócio-científicas e de sustentabilidade.

- KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Edusp, 2004.

O livro procura acompanhar o crescimento das pesquisas na área e a expansão e o aprofundamento dos estudos sobre o aprendizado dos alunos, mantendo, no entanto, suas características de instrumento de consulta e estudo.

- KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. *Ensino de Ciências e cidadania*. São Paulo: Moderna, 2004.

O livro faz uma análise das tendências presentes no ensino básico de Ciências, levando em consideração o que realmente é essencial para que o objetivo do seu ensino seja realmente alcançado.

- LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem*: componente do ato pedagógico. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

O livro oferece condições para melhor compreender o ato de avaliar a aprendizagem dos alunos e, dessa forma, orientar uma prática mais adequada às suas finalidades.

- MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H. As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 12, n. 2, 2012. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c3a5/6d3136511e2012fde0b975c503ecf40ae332.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O artigo propõe uma construção teórica de categorias para as perguntas feitas pelo professor de Ciências em aulas investigativas, levando em conta o conceito de ciclo argumentativo.

- MARTINO, L. M. S. *Teorias das mídias digitais*: linguagens, ambientes e redes. Petrópolis: Vozes, 2014.

O livro faz um mapeamento dos conceitos e das teorias relacionadas à cibercultura, cultura digital, internet ou mídias digitais e apresenta os eixos temáticos dessas mídias dentro da comunicação.

- MORAES, J. U. P. *et al*. Avaliação baseada na aprendizagem significativa por meio de mapas conceituais. VIII ENPEC, Campinas, 2011.

O artigo busca fazer uso de mapas conceituais para avaliar o aprendizado dos alunos, identificando se tal aprendizado ocorreu de forma significativa.

- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

O artigo mostra uma fundamentação teórica e alguns exemplos, particularmente na área de Ciências, como uma estratégia potencialmente facilitadora de aprendizagem significativa.

- MOSS, B.; LOH, V. S. *35 estratégias para desenvolver a leitura com textos informativos*. Porto Alegre: Penso, 2012.

O livro é um guia prático que apresenta atividades baseadas em pesquisas que auxiliam os professores a ensinar os estudantes a ler e pensar com senso crítico sobre textos informativos.

- NOVA ESCOLA. O que os jovens de baixa renda pensam sobre a escola. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/7307/expediente-edicao-especial-o-que-pensam-os-jovens-de-baixa-renda-sobre-a-escola>. Acesso em: 20 maio 2020.

Artigo que relata os resultados de uma pesquisa, revelando, entre outros aspectos, que os jovens de baixa renda não encontravam sentido nos conteúdos ensinados nas escolas, e evidenciando a distância entre a vida real e a rotina escolar no âmbito do uso de tecnologias.

MODERNA

- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. *Aprender a aprender*. 2. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 1999.

O livro traz ferramentas com o objetivo de facilitar o processo de aprender de forma significativa.

- PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D. A Argumentação no ensino de Ciências: um delineamento das produções acadêmicas brasileiras no período de 2010 a 2018. *Revista Triângulo*, v. 11, n. 3, 2018. p. 212-232.

O artigo apresenta um mapeamento da produção acadêmica brasileira sobre argumentação no ensino de Ciências.

- RITCHHART, R.; CHURCH, M.; MORRISON, K. *Making Thinking Visible*: How to promote engagement, understanding, and independence for all learners.1. ed. California: Jossey-Bass, 2011.

O livro traz uma abordagem baseada em pesquisa para o ensino do pensamento. É uma coleção variada de práticas, incluindo rotinas de pensamento – pequenos conjuntos de perguntas ou uma curta sequência de etapas –, além da documentação do pensamento do aluno.

- ROGERS, C. *Liberdade para aprender*. Belo Horizonte: Interlivros, 1973.

O livro parte de questionamentos a respeito do sistema educacional; foi escrito para os profissionais da educação numa tentativa de motivar o desejo de mudança e a realização de algo concreto.

- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, 2007.

A partir do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), o artigo propõe uma abordagem de contextualização no ensino de Ciências em uma perspectiva crítica e apresenta um modelo curricular como exemplo.

- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. *Educação em Química*: compromisso com a cidadania. 4. ed. Ijuí: Editora da Unijuí, 2010.

Obra dedicada ao ensino de Química, cujos fundamentos em termos de princípios para a formação da cidadania são o foco de interesse no ensino de Ciências.

- SASSERON, L. H. S. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da natureza e escola. *Revista Ensaio*, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

O livro tem por objetivo discutir aspectos importantes do ensino e da aprendizagem dos conteúdos científicos no nível fundamental.

- SASSERON, L. H. S.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

O artigo apresenta um estudo qualitativo realizado após a aplicação de uma sequência didática de Ciências no Ensino Fundamental.

- SILVA, A. M. K. *Questões sociocientíficas e o pensamento complexo*: tecituras para o ensino de Ciências. Tese (doutorado) – Faculdade da Universidade de Brasília. Brasília, 2016.

A pesquisa, de cunho teórico, teve por objetivo delinear, a partir do pensamento complexo, princípios epistêmicos teórico-estratégicos orientadores nas discussões sobre Questões Sociocientíficas (QSC) em aulas de Ciências.

- SILVA, E. L. da. *Contextualização no ensino de Química: ideias, proposições de um grupo de professores*. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/marco2012/quimica_artigos/contex_ens_quim_dissert.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2020.

A pesquisa teve como objetivo investigar as ideias e as proposições de um grupo de professores a respeito da contextualização no ensino de Química.

- SOLÉ, I. *Estratégias de leitura*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

O objetivo desse livro é instrumentalizar educadores e profissionais a promover a utilização de estratégias de leitura que permitam interpretar e compreender melhor textos escritos.

- TRIVELATO, S. L. F.; SILVA, R. L. F. *Ensino de Ciências*. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

O livro aprofunda a discussão conceitual sobre temas atuais e de limites menos disciplinares e indica, ao final de cada capítulo, diversas referências bibliográficas sobre o ensino de Ciências.

- UNESCO. *Educação para os objetivos de desenvolvimento sustentável*: objetivos de aprendizagem, Brasília: Unesco, 2017.

O guia oferece orientações e sugestões que os educadores podem selecionar e adaptar para encaixar em contextos de aprendizagem concretos.

- VARGAS, D. S. O plano inferencial em atividades escolares de leitura: o livro didático em questão. *Revista Intercâmbio*, v. XXV, p. 126-152, 2012.

O artigo analisa materiais didáticos de Língua Portuguesa, no que diz respeito ao trabalho desenvolvido com os alunos em relação aos seus processos de inferenciação em leitura.

- WILSON, C.; GRIZZLE, A.; TUAZON, R.; AKYEMPONG, K.; CHEUNG, C. *Alfabetização midiática e informacional:* currículo para a formação de professores. Brasília: Unesco, 2013. 194p

A publicação faz uma abordagem sistemática e abrangente na preparação deste currículo de Alfabetização midiática informacional para formação de professores.

- WING, J. Pensamento computacional – Um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender e usar. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 9, n. 2, p. 1-10, maio/ago. 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/4711>. Acesso em: 20 maio 2020.

O artigo traz exemplos de como elementos do pensamento computacional estão presentes no cotidiano e evidencia a importância do favorecimento do pensamento computacional na compreensão de conceitos e no enfrentamento de desafios cotidianos.

MODERNA

UNIDADE 1 Explorando o Universo e a vida

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Identificar e analisar as condições favoráveis ou desfavoráveis que podem influenciar o surgimento e a manutenção da vida.
- Identificar, analisar e debater a necessidade de fatores essenciais (água, gases, elementos químicos, temperatura, pressão, etc.) e suas interações em condições apropriadas para o surgimento e a manutenção da vida em um planeta, relacionando-os aos mecanismos de evolução e manutenção da vida na Terra.
- Analisar as condições de habitabilidade que a distância do Sol (ou da estrela correspondente) impõe para tornar a vida possível.
- Refletir sobre os objetivos da exploração espacial, os indícios que poderiam trazer novas perspectivas sobre a possibilidade de haver vida fora da Terra e as ameaças que as mudanças nas condições ambientais podem causar para a vida neste planeta.
- Refletir sobre os materiais e as inovações tecnológicas necessários para a colonização espacial.

Subsídios para o planejamento

A abertura proposta na Unidade pode ser trabalhada por qualquer um dos professores da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Nela, é abordada a possibilidade de existirem formas de vida em outros planetas e a ideia de que algum dia poderão ser colonizados. Ao explorar conceitos físico-químicos e biológicos essenciais ao surgimento, à manutenção e à evolução da vida na Terra, é possível analisar e discutir a probabilidade de haver condições de sustentar a vida em outros corpos do Sistemas Solar. O surgimento da vida, bem como sua manutenção e o aumento da complexidade dos organismos como os que conhecemos hoje, foi possível graças às condições físico-químicas que permitiram interações moleculares importantes, em presença de um solvente como a água, além das propriedades dos elementos químicos em um ambiente favorável. A abordagem desses conteúdos na abertura favorece o trabalho com as habilidades **EM13CNT201**, **EM13CNT202** e **EM13CNT209**.

Inicie a aula questionando os estudantes: "Se você fosse um explorador espacial viajando para procurar vida em outro planeta, que fatores buscaria como indicativos de existência de vida?" ou "Você foi escolhido para habitar um planeta em outro sistema solar. O que você levaria e por quê?". Dê algum tempo para reflexão e solicite aos estudantes que, em grupo, anotem as respostas em uma folha.

Em seguida, solicite que façam uma leitura de imagem da possível estrutura interna de Europa, um dos satélites de Júpiter, e do projeto das instalações de uma colônia espacial fictícia e leiam a legenda. Questione-os: "Vocês já ouviram falar de Europa?"; "Qual é o interesse dos cientistas em enviar uma missão para Europa?"; "Será que existe vida lá?". Incentive-os a descrever o que veem na imagem da estrutura de Europa e qual deve ser sua relação com o surgimento e a manutenção da vida com base nas anotações. É esperado que, de forma natural e retomando conhecimentos prévios, eles reconheçam a existência de elementos químicos capazes de interagir (água na fase líquida, gases, núcleo metálico) e condições físicas de temperatura, pressão e atmosfera favoráveis à manutenção da vida como a conhecemos na Terra. Oriente-os a indicar o maior número possível de fatores essenciais necessários à vida, levantando questões e mobilizando conhecimentos prévios sobre como surgiram e funcionam alguns dos mecanismos de manutenção da vida na Terra (fotossíntese, respiração, água, luz, calor, gravidade etc.).

Trabalhe com eles a importância da posição dos planetas no Sistema Solar e sua influência para a vida. Peça aos estudantes que investiguem a distância de Júpiter e seu satélite Europa em relação ao Sol, pedindo que busquem na internet uma imagem do Sistema Solar e analisem-na. Indique a existência de outros satélites naturais de Júpiter com características semelhantes às de Europa, como Encélado, que orbita Saturno, e Ganimedes. Para isso, consulte a página da Agência Aeroespacial Norte-americana (Nasa), indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Peça que comparem o satélite Europa com os outros satélites de Júpiter e também os outros planetas entre si. Incentive-os a observar com cuidado a que distância os variados planetas estão do Sol. Questione-os sobre como essas distâncias interfeririam no surgimento de vida nesses planetas e qual(is) dele(s) teria(m) maior probabilidade de possuir alguma forma de vida.

Explore com os estudantes a imagem das instalações da colônia espacial e busque elementos nas suas experiências culturais, como filmes, séries, histórias em quadrinhos e *videogames* de ficção científica. Se julgar pertinente, sugira que assistam ao filme *Viagem à lua de Júpiter* no período extraclasse e, posteriormente, explore em sala de aula os aspectos mais interessantes. Esse filme permite debater desde a forma como a narrativa não linear é construída e o roteiro que simula um documentário (*found footage,* em inglês) até os riscos impostos pelas condições de vida em Europa. Ou, ainda, aproveite para explorar o texto jornalístico escrito por Rincon (2017), da BBC News Brasil, intitulado "Lua de Júpiter vira aposta de cientistas na busca por vida extraterrestre no Sistema Solar", indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Ao trabalhar as imagens e o filme com a turma, pode ser estabelecida uma parceria com o professor do componente curricular **Língua Portuguesa**, para trabalhar a habilidade **EM13LGG103**, pois os estudantes vão

REPRODUÇÃO PROIBIDA

utilizar diferentes linguagens visuais e verbais para a análise de ficções científicas com as quais estão familiarizados.

O trabalho em conjunto dos componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias se dá pelo debate das inúmeras condições físico-químicas necessárias para que exista vida. É importante também retomar conceitos já trabalhados no Ensino Fundamental, sobretudo nas unidades temáticas Vida e evolução e Terra e Universo, do 9º ano, por meio dos quais os estudantes já tiveram conhecimento de conceitos e ideias evolucionistas e da viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra.

É possível trabalhar as questões sobre macromoléculas que indicam a possibilidade de vida, bem como as reações químicas que permitem que essas moléculas existam. Há estudos recentes que mostram, por exemplo, a presença de glicídios essenciais para a vida em meteoritos. Para entender melhor essa questão, leia a reportagem da BBC News intitulada "O que a descoberta de açúcar em meteoritos revela sobre a origem da vida", indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Discuta com os estudantes as hipóteses sobre a possibilidade de existência de microrganismos em outros planetas, sabendo que eles podem ser encontrados vivendo em condições extremas, como em grandes altitudes, grandes profundidades ou locais com altas temperaturas. Aproveite para discutir com eles algumas das condições físico-químicas que sustentam esse tipo de vida.

No contexto da busca por vida fora da Terra, verifique se os estudantes conhecem a existência de planetas fora do Sistema Solar, os chamados exoplanetas. Traga para essa discussão notícias sobre o sistema Trappist-1, a 40 anos-luz da Terra. Utilize esse momento para refletir com eles sobre as inovações tecnológicas e os investimentos necessários para que a exploração espacial atinja o ponto de construir uma base habitável em outro planeta. Na seção *Apoio ao trabalho pedagógico* há a indicação de uma dissertação de mestrado (BARBOSA, 2015) que aborda de forma concisa e didática a tecnologia envolvida na busca por planetas em zonas habitáveis e os critérios que os tornam candidatos à exploração espacial.

Ao refletir sobre a possibilidade de exploração espacial, focando na busca por vida ou por locais possíveis para a colonização humana, além de estimular o pensamento científico, exercita-se a imaginação, a curiosidade e a criatividade, mobilizando conhecimentos de acordo com as **Competências Gerais 1 e 2**. Questione os estudantes sobre os benefícios que a humanidade poderia adquirir tendo em mente o cenário estudado, favorecendo assim o desenvolvimento da **Competência Geral 7**. Finalize a discussão sugerindo uma reflexão sobre como seriam as possíveis formas de vida encontradas em Europa, em outro planeta do Sistema Solar ou em um exoplaneta.

• Objetivos e avaliação diagnóstica

Durante a abertura da Unidade, trabalhe os objetivos a que ela se propõe e também as questões de cada um dos Temas indicados no boxe **Pense nisso!**. Aqui indicamos o professor de Ciências da Natureza que se sentir mais confortável para realizar essas ações.

As questões do boxe **Pense nisso!** podem ser usadas para o levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes a respeito dos conteúdos que serão desenvolvidos em cada um dos Temas. Compartilhe com os outros professores da área de Ciências da Natureza as dificuldades encontradas pelos estudantes. Essas questões foram concebidas com base nas habilidades do Ensino Fundamental e servem de avaliação diagnóstica para que o professor desenvolva o Tema.

A questão do **Tema 1** visa investigar a compreenssão dos estudantes sobre a composição e a estrutura do Sistema Solar, conhecimento associado à habilidade **EF09CI14**. Esse conhecimento é importante para embasar as discussões que envolvem os diferentes corpos do Universo explorados nesse Tema, que trata da Cosmologia.

Na questão do **Tema 2** são explorados os conceitos de construção de modelos na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em consonância com a habilidade **EF09CI03**. A compreensão de modelos é importante para que os estudantes possam prosseguir nos estudos sobre constituição da matéria e compreender historicamente o processo de formação dos átomos e sua estrutura, conceitos que serão explorados nesse Tema.

O **Tema 3** trata de Evolução estelar e Sistema Solar, assunto associado à habilidade **EF09CI17**. Os conhecimentos dos estudantes sobre etapas de vida de uma estrela, utilizando o ciclo evolutivo do Sol, são importantes para a comparação entre o ciclo de vida do Sol e a compreensão da evolução estelar de diferentes tipos de estrela e sua relação com sua massa.

O **Tema 4** trabalha com as macromoléculas, as condições essenciais para a vida e os conceitos de ligações químicas. A habilidade **EF09CI16** serve de subsídio para sondar os conhecimentos prévios necessários para o estudo desse Tema, retomando a importância da água líquida, baseando-se nos argumentos que os estudantes apresentam sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra e permitindo aprofundar o conhecimento sobre macromoléculas.

Na questão do **Tema 5**, os estudantes retomarão conceitos trabalhados na habilidade **EF09CI11** sobre ideias evolucionistas, fundamentais para aprofundar o conteúdo acerca do conceito de vida e da evolução dela na Terra.

Tema 1 – Cosmologia

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Reconhecer a teoria do Big Bang como aquela que fornece explicações científicas mais plausíveis sobre o surgimento da Terra e do Universo.
- Discutir, com base em fatos e informações confiáveis, teorias propostas em diferentes épocas para compreender diferentes explicações sobre a evolução da Terra e do Universo.
- Analisar os movimentos da luz e de objetos na Terra e no Sistema Solar com base na interpretação das interações gravitacionais.
- Elaborar hipóteses e previsões a respeito da evolução do Universo sob uma perspectiva científica.
- Utilizar diferentes linguagens para comunicar ideias científicas e promover debates sobre o surgimento do Universo.

EXCLUSIVA

Subsídios para o planejamento

O Tema 1, que aborda a origem e a constituição do Universo, a Lei de Hubble-Lemaître e as Teorias da Relatividade Restrita e Geral, deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física**. Para este Tema, sugerimos o uso da abordagem chamada de Ensino por Investigação. De maneira bastante simplificada, pode-se dizer que as Sequências de Ensino por Investigação têm foco no desenvolvimento de habilidades próximas ao "fazer científico" e são baseadas em uma pergunta orientadora, para solução da qual os estudantes manipulam materiais e ferramentas, observam os dados e comunicam aos demais suas hipóteses e suas sínteses sobre o assunto. Para mais esclarecimentos e detalhes sobre o que são as Sequências de Ensino por Investigação, sugerimos a leitura do material de Sasseron (2012), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. O importante para seguir essa sequência é ter em vista o papel central do problema de investigação, que será o organizador e o promotor de novos conceitos. De início, o professor deve apresentar aos estudantes material e informações, retomar conhecimentos já trabalhados, levantar os conhecimentos prévios e explicitar regras e práticas dessa investigação.

Como o objetivo do ensino por investigação é aproximar a cultura escolar do fazer científico, o professor poderá sugerir a utilização de materiais que vão desde o Livro do estudante até artigos de revistas científicas, documentários, entrevistas com especialistas, etc. No entanto, deve ser enfatizada para os estudantes a importância da atenção à confiabilidade das fontes e, sempre que possível, da confirmação da mesma informação em mais de uma fonte. Outra estratégia que deve ser desenvolvida ou mantida pelos estudantes é o hábito de anotar as referências de onde obtiveram algum dado ou informação. Esse procedimento desempenha um papel importante para o desenvolvimento de alguns elementos das **Competências Gerais 1, 2 e 7**.

É importante ter consciência de que, diferentemente de um exercício, o problema de investigação não tem respostas fechadas ou uma resposta única. Assim, a avaliação da aprendizagem, nesse caso, deve ser feita sobre as evidências de aquisição do conhecimento e o desenvolvimento das competências e das habilidades que serão mencionadas aqui.

Inicie a aula propondo aos estudantes que discutam em grupos os questionamentos a seguir, os quais devem orientar a investigação:

1) Olhando para o céu, como você imagina ser o Universo?
2) O Universo sempre existiu ou teve um começo? Se houve um começo, como ele surgiu?
3) O Universo está em expansão? Ou é estático?
4) Do que é feito o Universo? Qual é a sua composição?
5) Qual é o futuro do Universo? Ele existirá para sempre?
6) Para você, qual é a importância de estudar a evolução do Universo?

Os grupos deverão elaborar uma síntese por escrito, respondendo a cada pergunta, considerando essas respostas como suas hipóteses iniciais de investigação. Cada grupo deve apresentar suas hipóteses para toda a turma, e os demais estudantes podem ouvir, perguntar ou incrementar as hipóteses. Promova o debate, questionando durante as apresentações: "De onde vocês acham que veio essa ideia?" e perguntando aos demais grupos: "O que vocês acharam dessas ideias?". Alguns estudantes podem apresentar opiniões com base em crenças religiosas nesse levantamento inicial. Por ser um tema controverso, você pode escolher como vai trabalhá-lo, respeitando sempre as escolhas pessoais dos estudantes, mas destacando que o intuito dessas aulas é que conheçam a maneira como a Ciência responde a essas perguntas. Esse movimento de levantamento de hipóteses iniciais e o desenvolvimento da investigação científica com base nelas é desejável para o desenvolvimento da **Competência Geral 2**.

Sugira que comecem a verificar a viabilidade das hipóteses levantadas, com base na leitura dos tópicos **Como tudo começou? A teoria do Big Bang**; **Modelo Cosmológico padrão: matéria escura e energia escura**; **Lei de Hubble-Lemaître e a expansão do Universo**; e **Cosmologia: visão clássica de Newton *versus* visão relativística de Einstein**. Depois da leitura, proponha aos grupos que reelaborem as hipóteses iniciais, reescrevendo as afirmações e fundamentando-as nessa primeira fonte de pesquisa. Na sala de informática, na biblioteca – ou ainda utilizando os aparelhos celulares dos estudantes – peça a eles que procurem novas fontes e tragam para a sala de aula, para uma nova discussão em grupo. Sugira algumas fontes de divulgação científica que têm credibilidade, como o portal Scielo, o portal da Capes, o buscador da *Revista Pesquisa Fapesp*, entre outros.

É importante estar atento às primeiras hipóteses dos estudantes, não deixar que eles as julguem como certas ou erradas. O conhecimento científico muitas vezes se inicia com observações triviais e vai se aprimorando à medida que são planejados experimentos, coletados dados e testadas as hipóteses. Nesse contexto, é importante enfatizar que as ideias iniciais da Ciência sobre qualquer fenômeno foram formuladas com o que se conhecia naquele momento da história e foram muito importantes para seu desenvolvimento e para o surgimento de novas teorias. Compreender historicamente a evolução das ideias que explicam a evolução do Universo é essencial para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201** e da **Competência Geral 1**.

Nesse momento, sugerimos a apresentação em sala do documentário produzido pela Discovery Channel (2009) intitulado "*The new Big Bang*". Peça aos estudantes que façam anotações sobre as teorias propostas, os fatos históricos, os cientistas citados e a contribuição deles, os modelos que foram utilizados, as datas importantes e o que mais julgarem interessante no documentário, buscando responder à pergunta: "Como se desenvolveu a teoria sobre a origem do Universo?". Disponibilize o vídeo para que eles possam depois retomar as informações com mais tranquilidade, por exemplo, o nome dos cientistas, as datas e as teorias defendidas por cada um. Passe os primeiros dezenove minutos do documentário, e faça uma pausa para levantar os principais pontos que eles encontraram e perguntar se, eventualmente, tiveram dúvidas.

MODERNA

Chame a atenção deles para alguns aspectos, como os fatos que corroboraram a teoria do Big Bang, a teoria da relatividade geral de Einstein (1915), que contribuía para uma ideia de que o Universo estaria em expansão, mas em que o próprio Einstein não acreditava, pois para ele o Universo era estático – modelo também defendido por outros pesquisadores, como Fred Hoyle. Destaque ainda o trabalho desenvolvido em 1929 por Edwin Hubble, que, comparando o brilho de galáxias distantes com o brilho de galáxias próximas, observou que a radiação eletromagnética das galáxias mais distantes era desviada para o vermelho, mas que a correspondência do afastamento dessas galáxias demorou para se constituir como uma evidência de que o Universo estava em expansão, ideia que já havia sido predita pelo matemático russo Alexander Alexandrovich Friedmann, em dois artigos publicados em 1922 e 1924, e pelo padre cosmólogo belga Georges-Henri Édouard Lemaître, em 1927.

Aproveite também a pausa na exibição do documentário para explicar de forma mais detalhada o desvio para o vermelho/azul mencionado na primeira parte do vídeo. Um caminho interessante é fazer uma analogia com o efeito *doppler* (som), pois, nesse caso, as ondas eletromagnéticas têm o mesmo comportamento das ondas sonoras, à medida que estão se aproximando ou se afastando de algo, mudam o seu comprimento de onda e sua frequência. A discussão sobre a Lei de Hubble-Lemaître favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, pois exercita a elaboração de hipóteses e previsões a respeito da evolução do Universo de uma perspectiva científica.

Na sequência, discuta como, a partir da ideia de que o Universo estava em expansão, chegou-se à teoria do Big Bang. Embora a ideia fosse defendida por Lemaître, ela não era tão aceita por Hubble, que evitava discutir as conclusões a que seus dados poderiam levar. O que se sabe hoje é que, considerando que os corpos no espaço estão se afastando, em um passado bem distante, eles estariam bem próximos uns dos outros, contidos em uma singularidade do espaço-tempo, e teriam iniciado a expansão a partir de uma "grande explosão". A ideia do Big Bang pode nos levar a formar imagens e criar cenas em nossa mente, com base nas experiências que temos. Embora não existam representações do que teria sido o Big Bang, converse com os estudantes sobre nossa limitação em imaginar o que teria sido esse fenômeno, e chame a atenção deles para o fato de que não existia um "ovo" que continha toda a matéria que teria explodido e que essa grande explosão não seria algo próximo das que podemos ver aqui na Terra. Se antes do Big Bang não existia o espaço-tempo, essas imagens não fazem sentido. Aliás, esse nome, "Big Bang", foi dado de forma pejorativa pelo cientista Fred Hoyle, que era um dos que não acreditavam que todo o Universo teria tido início dessa maneira. Essa compreensão sobre a teoria do Big Bang favorece o aprofundamento da habilidade **EM13CNT201** e da **Competência Geral 1**.

Enfatize que muitas pessoas que não fazem parte do meio científico pensam que, quando nos referimos à "teoria do Big Bang", estamos tratando-a como uma hipótese, uma vez que ela é apenas uma "teoria" – que no sentido mais popular dá a ideia de que não existe nenhuma evidência que a comprove. Esse é um aspecto importante a ser discutido para a compreensão do que é o trabalho científico. Para discutir as evidências experimentais do Big Bang, apresente aos estudantes dois radioastrônomos, Arno Allan Penzias e Robert Woodrow Wilson, que, em 1964, conseguiram captar a radiação cósmica de fundo, uma onda eletromagnética emitida pelo estado quente do Universo no início de sua formação, que já estava prevista teoricamente por George Gamov, Ralph Alpher e Robert Herman desde 1948. Essa descoberta experimental acabou corroborando, de forma incontestável, a aceitação da teoria do Big Bang. Anos depois, foram colocados em dúvida os limites da anisotropia da radiação cósmica de fundo, mas a anisotropia foi detectada pela primeira vez pelo satélite Cobe, na década de 1990. Esses resultados levaram a uma série de experiências de solo e em balões para medir as anisotropias da radiação cósmica de fundo que foram capazes de indicar uma teoria de formação da estrutura cósmica, baseada na inflação cósmica.

Após essa discussão, retome o vídeo a partir dos 19 minutos. Essa parte do documentário trata de informações importantes, como dados e experimentos científicos que validam a teoria do Big Bang. Peça aos estudantes que anotem os pontos que considerarem mais relevantes e aqueles sobre os quais tiverem dúvidas, buscando embasamento para responder à questão: "Quais são as evidências científicas que dão suporte à teoria do Big Bang?". Destaque como se chegou ao modelo do Universo, bem como o cálculo da idade dele, em seguida fale sobre a construção do LHC (*Large Hadron Collider*, em português Grande Colisor de Hádrons) e a descoberta do bóson de Higgs, com as quatro forças da natureza e como essas forças contribuíram para a formação das galáxias e, consequentemente, das estrelas e dos sistemas planetários, incluindo o Sistema Solar, ao qual pertence a Terra. Se achar viável, utilize o texto "Pesquisadores detectam a ligação do bóson de Higgs com o *quark top*", da Agência Fapesp (ARANTES, 2018). Proponha a leitura e a discussão em sala de aula sobre o que era a proposição do bóson de Higgs e como o experimento do LHC confirma o Modelo Padrão da Física de Partículas.

Para ampliar a compreensão sobre o formato e a dinâmica do Universo, é importante que os estudantes conheçam as teorias da relatividade de Einstein, tanto a restrita como a geral. Para introduzir a teoria restrita, proponha o experimento mental (descrito adiante), isto é, um experimento que exercita a imaginação e pode ser útil para a aprendizagem de fenômenos de difícil observação, além de favorecer o aprofundamento da **Competência Geral 2**. Para saber mais sobre o uso de experimentos mentais para o ensino, leia o artigo de Kiouranis, Souza e Santin Filho (2010), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

"Imagine dois carros movimentando-se um em direção ao outro, com uma velocidade v. Dentro de um dos carros, você vê o outro carro aproximar-se de você com velocidade $2v$, seguindo os preceitos da relatividade galileana". Pergunte aos estudantes: "E se imaginarmos esses dois carros movendo-se com a velocidade da luz (c)? Com que velocidade uma pessoa dentro de um desses carros enxergaria o outro?".

Pela lógica da Física clássica, é provável que os estudantes respondam que enxergaria com $2c$, o que não é viável. Então

você pode questionar: "Quais seriam os efeitos se isso fosse possível?" Peça a eles que levantem hipóteses e tome nota no quadro das ideias que surgirem. Comente que essas hipóteses, que usam por base a Física clássica, aproximam-se do que pensavam os cientistas na época, que se fizeram essas mesmas perguntas e buscavam respostas. Explique aos estudantes que a teoria restrita apresenta dois postulados: i) a velocidade da luz é constante independentemente do referencial inercial; ii) as leis físicas são as mesmas em todos os referenciais inerciais. Depois de apresentar os postulados, pergunte a eles se mudariam as hipóteses iniciais. É provável que por meio dos postulados eles compreendam que um carro veria o outro mover-se com a velocidade *c*, e, se isso não acontecesse, um carro poderia não enxergar o outro, uma vez que a luz demoraria mais tempo do que o próprio carro para alcançá-lo.

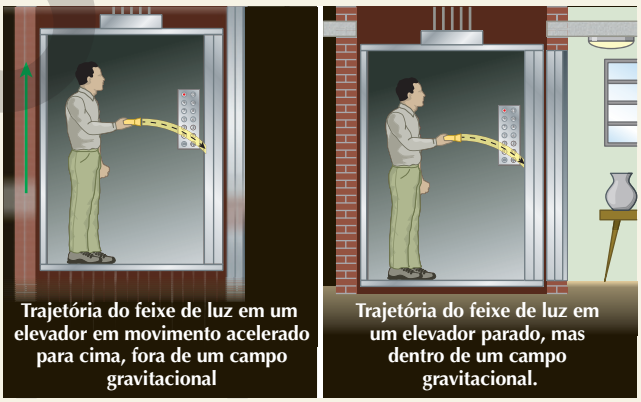
Proponha também outro experimento mental: "Imagine-se de frente para um espelho e que ambos estivessem se deslocando na mesma direção e no mesmo sentido, na velocidade da luz.". E pergunte: "Pelo princípio da velocidade relativa da Física clássica, seria possível a formação de imagem no espelho?", "Você conseguiria enxergar sua imagem no espelho?". A resposta dada por Einstein é que pela Física clássica não seria possível enxergar imagem no espelho, porque a luz nunca o atingiria, porém, na prática, a imagem se forma e você a enxerga, porque a velocidade da luz é constante, independentemente do movimento do referencial.

Mencione ainda que experimentos reais também podem ser feitos para comprovar a teoria da relatividade, como é o caso do experimento realizado em 1964, no laboratório CERN, no qual utilizaram o decaimento de uma partícula píon, que sofre decaimento emitindo duas partículas gama. Uma vez que píons podem ser produzidos em laboratório, sua produção ocorreu com uma velocidade muito próxima à velocidade da luz – cerca de 99,975% da velocidade da luz. O objetivo do experimento era medir a velocidade dos raios gama, emitidos pelo decaimento, no referencial do píon, e o resultado foi: $c = 2{,}9977 \cdot 10^8$ m s^{-1}, o que é idêntico ao medido em laboratório, quando o píon estava em repouso. Consequentemente, pelo fato de a luz se manter com a velocidade constante independentemente do referencial, o espaço e o tempo é que precisam ser alterados, nos fenômenos conhecidos como dilatação temporal e contração espacial.

A seguir, proponha aos estudantes que leiam o tópico **Relatividade restrita** e anotem as principais ideias, discutam em duplas e depois exponham suas conclusões para toda a turma. Faça uma síntese no quadro, garantindo o diálogo com os estudantes, organizando tanto os conceitos quanto as fórmulas que permitem calcular o tempo e o espaço em velocidades próximas à da luz. Ainda em duplas, proponha que resolvam as questões da seção **Atividades** sobre o assunto. Circule pela sala de aula esclarecendo as dúvidas. Verifique a compreensão conceitual e a aplicação das fórmulas matemáticas. Faça uma dinâmica de correção coletiva dessas questões a fim de compartilhar a assimilação desse tópico, visando também desenvolver nos estudantes a habilidade **EM13CNT301**, tendo em vista que a teoria da relatividade também nos ajuda a interpretar e analisar a evolução do Universo sob uma perspectiva científica, e a **Competência Geral 4**, uma vez que os estudantes terão de utilizar a linguagem verbal e os conhecimentos científicos para expressar a aprendizagem de modo que cheguem a um entendimento mútuo. Esse é um momento oportuno para identificar as dificuldades e os acertos na aprendizagem da turma. Aproveite-o para coletar dados importantes para replanejar sua ação pedagógica.

Definida a relatividade restrita, passe a explorar a teoria da relatividade geral utilizando um questionamento semelhante ao desenvolvido por Einstein: "Se uma pessoa cai livremente, ela não sentirá o próprio peso?". Esse raciocínio o levou ao chamado princípio da equivalência.

Proponha aos estudantes o experimento mental do elevador de Einstein. Considerem uma pessoa dentro de um elevador com uma lanterna na mão, fora de qualquer campo gravitacional. Imaginem esse elevador subindo com uma aceleração igual à aceleração da gravidade, o que faria com que a pessoa no interior tivesse a mesma sensação de força gravitacional percebida na superfície da Terra. Considerando agora o feixe de luz que sai da lanterna, a pessoa dentro do elevador veria o feixe de luz atingir a sua frente, porém, em razão do movimento acelerado, o feixe de luz atingirá o lado oposto a uma altura ligeiramente abaixo da lanterna (observe a figura a seguir), pois, ao mesmo tempo que a luz atravessava o interior do elevador, este se desloca para cima em movimento acelerado. Logo, a pessoa dentro do elevador observa a luz se curvar graças ao movimento acelerado do elevador. Se o movimento é observado por quem está dentro do elevador, pelo Princípio da Equivalência, o mesmo movimento – da curvatura da luz – também deveria ser observado dentro de um campo gravitacional. Desenhe esta figura para os estudantes e, se for o caso, faça a analogia com um pequeno objeto, como uma bolinha, que estivesse sendo solto pela pessoa dentro do elevador.



ADILSON SECCO

Trajetória de um feixe de luz dentro de um elevador acelerado e dentro de um elevador parado, mas inserido em um campo gravitacional.

Apresente aos estudantes a informação de que, a partir de 1914, com a publicação da Teoria da Relatividade Geral, vários cientistas que tomaram conhecimento dela passaram a procurar evidências observáveis aqui da Terra. Procuraram incansavelmente por eclipses solares a fim de verificar se seria possível enxergar estrelas que estivessem atrás do Sol e tivessem sua luz desviada ao passar por ele. Muitas dessas tentativas acabaram sendo frustradas pelas condições climáticas desfavoráveis no

REPRODUÇÃO PROIBIDA

momento dos eclipses. Nesse momento você pode apresentar a reportagem sugerida na seção **Fique por dentro**, além de complementar o conteúdo, possibilita o uso de tecnologias digitais, favorecendo o desenvolvimento da **Competência Geral 5**. Comente que, em 1919, o astrônomo inglês Arthur Eddington organizou duas expedições para medir a deflexão da luz por um campo gravitacional. As equipes seguiram, uma para Sobral, no estado do Ceará, e a outra para a ilha de Príncipe, na África. O eclipse solar que ocorreu em 29 de maio de 1919 permitiu observar a deflexão da luz emitida por um conjunto de estrelas, ao passar pelo campo gravitacional do Sol. Diante de condições meteorológicas desfavoráveis, os melhores dados foram obtidos aqui no Brasil. Einstein previu um desvio de 1,74 segundo, já os valores dos desvios medidos foram 1,98 segundo em Sobral e 1,61 segundo na ilha de Príncipe, o que estava dentro da previsão, considerando o erro experimental.

Embora o próprio Einstein não estivesse tão preocupado com comprovações experimentais, por acreditar no construto matemático de sua teoria, considera-se que o eclipse de Sobral tenha sido o evento que o elevou à categoria de um dos maiores cientistas de todos os tempos. O tema do eclipse de Sobral representa um importante marco para a história da Ciência brasileira e pode ser aprofundado por meio da leitura do artigo "A deflexão da luz pela gravidade e o eclipse de 1919" (ZYLBERSZTAJN, 1989).

Assim, de acordo com a teoria de Einstein, o Universo sofre deformações em seu espaço-tempo, provocadas pelos corpos celestes massivos que estão contidos nele. O entendimento do raciocínio de Einstein, com seus cálculos, suas previsões e suas explicações a respeito do movimento dos corpos no universo, favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT204**.

Com isso, já deve ser possível que os estudantes realizem uma síntese do que investigaram desde o princípio do trabalho. Retome as perguntas e as hipóteses iniciais com eles e peça que escrevam uma síntese final, respondendo a cada uma das questões iniciais e procurando incorporar os conhecimentos e os conceitos desenvolvidos ao longo das aulas. Em seguida, proponha que avaliem as mudanças de pensamento ao longo do trajeto de estudo. Faça desse momento uma possibilidade de avaliação formativa dos estudantes, considerando a autoavaliação que fizeram da própria aprendizagem e percebendo se, de fato, os conceitos passaram a ser utilizados por eles nas respostas. Essa proposta de autoavaliação está alinhada aos objetivos da seção **Reflita sobre seu aprendizado!** que, por trabalhar as dimensões da metacognição e da autoavaliação, promove o desenvolvimento das **Competências Gerais 1 e 6.**

Para finalizar o trabalho com o Tema, proponha aos estudantes a *Atividade complementar* e com ela promova um evento científico-cultural na escola. Como o objetivo dessa abordagem didática – a sequência de ensino por investigação – é mesclar aspectos da cultura científica com a cultura escolar, propomos que, além dos pôsteres, seja promovida a encenação da peça teatral para que os estudantes experimentem a comunicação científica por duas vias distintas. O foco é discutir a origem e a evolução do Universo, a fim de apresentar os dois tipos de comunicação, podendo, na sequência, promover um debate entre os convidados e a(s) turma(s) que estudou(aram) o assunto.

Atividade complementar

Nesta atividade os estudantes terão a oportunidade de vivenciar e utilizar dois tipos de comunicação bastante diferentes em relação à linguagem e à formalidade, mas que podem ser complementares para o aprendizado sobre a origem e a evolução do Universo. Assim, esta estratégia favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 3, 4 e 9** e das habilidades **EM13LGG104**, **EM13CNT201**, **EM13CNT204**, **EM13CNT301** e **EM13CNT302** quando esses dois tipos de linguagem e formalismo são utilizados para comunicar e discutir temas científicos. Esta atividade deve realizada em grupos de quatro a sete integrantes e ocorrerá em duas etapas.

Comunicando Ciência

A comunicação científica pode ser realizada de diversas formas. Nos eventos de divulgação, geralmente, usam-se meios de comunicação mais formais, como palestras, seminários, mesas-redondas, pôsteres e outros. Esse tipo de comunicação, em geral, assemelha-se mais às aulas e às atividades mais comuns no ensino de Ciências. Tendo em vista a importância da diversidade de linguagens e vivências no ambiente escolar, textos teatrais sobre Ciências podem constituir uma fonte riquíssima para comunicar ideias científicas de forma mais humanizada, criativa e não formulista.

Essa atividade consiste na realização de um evento científico-cultural composto de dois momentos: uma comunicação científica no formato de pôster e uma encenação de uma conversa entre cientistas.

- **Etapa I: Elaboração de pôster com base nas sínteses sobre a evolução do Universo**

Pesquisem os seguintes temas na internet: Universo estático; Universo em expansão; Estado Estacionário e Big Bang. Em seguida, discutam as informações encontradas e façam uma síntese das principais ideias no caderno. Compartilhem os conhecimentos com os demais integrantes do grupo e negociem quais são as informações mais relevantes para a construção do pôster. Com base nas decisões tomadas pelo grupo, elaborem um pôster para comunicar aos demais grupos a síntese que vocês prepararam sobre os temas relacionados à evolução do Universo. Nesse tipo de comunicação científica, é importante que sejam utilizadas linguagem adequada e estrutura organizada, assim como ocorre em eventos científicos.

Para contribuir na apresentação dos pôsteres aos demais estudantes, vocês podem elaborar modelos que representem o Universo e o movimento de expansão. Atualmente, utiliza-se com alguma frequência, de acordo com a literatura da área, uma analogia da expansão do Universo com o ato de inflar um(a) balão (bexiga). Vocês podem usar essa analogia, desde que consigam enxergar as limitações dela, ou a criatividade para desenvolver outra forma de fazer a representação.

CÓPIA

- **Etapa II: Encenação da peça *O Big Bang Brasil***

Agora vocês vão comunicar Ciência de foma artística encenando a peça *O Big Bang Brasil*. Essa peça consiste em texto lúdico sobre a história da Cosmologia no século XX, desde a criação da relatividade geral, por volta de 1917, até as descobertas do satélite Cobe, na década de 1990. É inspirada em um *reality show*, em que um apresentador de um programa de TV dialoga com personagens da história da Cosmologia: Einstein, Friedmann, Lemaître, Gamow, Hoyle, Penzias e Smoot. Em meio às controvérsias, surge a disputa entre a teoria do Big Bang, segundo a qual o Universo teve um começo, defendida por George Gamow, e a teoria do Estado Estacionário, segundo a qual o Universo sempre existiu, defendida por Fred Hoyle.

A peça é dividida em 3 momentos e pode ser encenada com três grupos diferentes: 5 integrantes na primeira parte, 4 na segunda e 7 na terceira, totalizando 16 estudantes atuando. Os outros grupos podem se responsabilizar pela produção da encenação, como figurino, cenário, divulgação, apoio técnico, sonoplastia, composição das torcidas que aparecem nos momentos de "eliminação" dos personagens do jogo. Para acessar o artigo de Henrique e Colombo Júnior (2011), o qual apresenta o texto da peça, digite em um navegador o título "Big Bang Brasil: uma peça teatral com abordagem histórico-filosófica para o ensino de Cosmologia". Ele está disponível nas Atas do I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (*link* para acesso: <https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2017/03/SNEA2011_TCO1.pdf>. Acesso em: 26 maio 2020.).

Tema 2 – A formação dos átomos

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Explicar os processos de formação dos elementos químicos a partir do processo de fusão nuclear.
- Discutir criticamente sobre as modificações dos modelos de constituição da matéria baseado em observações empíricas.
- Explicar a origem da variação isotópica dos elementos químicos e sua distribuição diferencial no Universo.
- Interpretar e representar modelos explicativos da constituição da matéria para construir, avaliar e justificar conclusões sob uma perspectiva científica.
- Discutir as teorias envolvendo a distribuição eletrônica dos elementos químicos e a lei periódica propostas em diferentes épocas comparando com as teorias e organização periódica aceitas atualmente.
- Utilizar a representação da tabela periódica para explicar o agrupamento dos elementos químicos de acordo com suas características comuns relacionadas aos modelos subatômicos e utilizar suas informações para o entendimento da Vida, da Terra e do Cosmos.
- Comunicar, por meio da linguagem científica, os resultados das teorias envolvendo a distribuição eletrônica dos elementos químicos e sua representação periódica, interpretando tabelas, símbolos, códigos e sistemas de classificação.

Subsídios para o planejamento

O Tema 2 deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Química**. O foco deste Tema é discutir a formação dos átomos no Universo que compõe a matéria. Sua abordagem requer a apreensão de uma quantidade de conceitos abstratos e considerados de difícil apreensão pelos estudantes, conforme vem sendo discutido pela literatura especializada.

O estudo do Tema será dividido em três etapas: a leitura e discussão do tópico **A fusão nuclear e a formação dos núcleos atômicos**; a explicação dialogada dos tópicos **Constituição atômica** e **Espectros atômicos** utilizando recursos multimídia; e uma metodologia ativa que envolve a simulação e encenação de uma conferência científica para trabalhar o tópico **Tabela periódica e configuração eletrônica.**

- **1ª etapa**

Inicie a abertura do Tema mostrando uma tabela periódica aos estudantes e questione de que forma eles pensam que uma variedade grande de elementos naturais, encontrados na Tabela, foram formados ao longo da história do Universo. Acolha as respostas oralmente e faça a mediação das hipóteses levantadas explicitando que as respostas a esses questionamentos serão encontradas ao longo da unidade. Essa dinâmica de sondagem inicial ativa os conhecimentos prévios dos estudantes, proporcionado uma aprendizagem mais significativa, porque parte do que ele já sabe ou supõe sobre o assunto. Deixe claro que nesse momento não há certo ou errado, todas as hipóteses são bem-vindas.

Solicite aos estudantes a leitura e o resumo das principais ideias do tópico **A fusão nuclear e a formação dos núcleos atômicos** e do texto "Fonte de ouro e régua do universo" indicado na seção **Fique por dentro.** Em seguida, oriente-os a formarem grupos para partilharem suas anotações e responderem aos seguintes questionamentos: "De onde vem a energia das estrelas?"; "Como o sol nos ilumina todos os dias?"; "Como núcleos mais pesados que o hélio são gerados?"; "Qual o significado da **figura 2.1**?"; "Como é possível a formação de átomos mais pesados que ferro?"; "Todos os elementos químicos são formados pelo processo de fusão nuclear?".

Na sequência promova uma discussão questionando os estudantes sobre o que entendem por nucleossíntese e fusão nuclear. Deixe claro que a formação dos elementos leves no Universo primordial e dos elementos mais pesados nas estrelas ocorreram por um processo de reação nuclear denominado fusão nuclear – um processo que agrega prótons e nêutrons formando elementos químicos mais complexos. Ou seja, desde a produção de energia pelo Sol que nos ilumina à explosão das supernovas, reações nucleares acontecem formando núcleos de elementos químicos mais complexos, em um processo à damos o nome de nucleossíntese. Para uma discussão mais detalhada e aprofundada sobre a nucleossíntese dos elementos químicos, consulte o trabalho de Guimarães e Hussein (2004), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico.*

Pergunte também aos estudantes se entendem a notação para os núcleos dos átomos, lembrando que estes são

MODELO

constituídos por nêutrons e prótons de massas relativas iguais. Peça a eles que comparem os núcleos dos átomos de hidrogênio, deutério e hélio quanto à quantidade dessas partículas subatômicas, e explique que o número inferior indica a quantidade de prótons e o superior a soma da quantidade de prótons e nêutrons. Utilize o exemplo do Sol para mostrar como núcleos de hélio podem ser formados, recorrendo a representação desses processos presentes no Livro do estudante, e faça o mesmo para a formação dos núcleos de carbono, explicando que essas passam a ocorrer quando os núcleos de hidrogênio cessam no meio estelar. Mostre que essas reações nucleares seguem acontecendo em cadeia até a formação do ferro. Utilize a **figura 2.1** para mostrar que as diferenças nas massas das estrelas influenciam em até qual ponto a nucleossíntese pode evoluir. Comente com os estudantes que a matéria presente no Universo, em termos de abundância relativa, corresponde a 73% de hidrogênio, 25% de hélio, 1% de oxigênio e os outros elementos químicos juntos correspondem a 1%. Aproveite o contexto para apresentar a sugestão da seção **Fique por dentro** mostrando que a formação de elementos químicos mais complexos é um evento mais raro e mais demorado no Universo. Compare a composição elementar do Universo com a composição elementar do corpo humano, comentando a famosa frase de Carl Segan na série *Cosmos*, a qual diz que, com exceção do hidrogênio, somos feitos de poeira estelar. Dessa forma, além de complementar o conteúdo abordado no livro-texto, as sugestões do **Fique por dentro**, por propiciarem o uso de tecnologias digitais, promovem o desenvolvimento da **Competência Geral 5**. Depois de toda a discussão, peça aos grupos para revisarem suas respostas iniciais e compartilharem com a turma. Nesse momento tire dúvidas e fique atento aos possíveis equívocos. Essa discussão é um momento de avaliação contínua, que deve ser registrado a partir de sua observação ou do registro escrito dos estudantes nos grupos, após a solução de dúvidas. As habilidades aqui contempladas são **EM13CNT101** e **EM13CNT209**, já que permitem ao estudante compreender os processos de formação dos elementos químicos a partir do processo de fusão nuclear e analisar a evolução estelar associando-a à distribuição de elementos químicos no Universo. Além disso, o trabalho em grupo visa promover a **Competência Geral 9**, já que, em grupos, os estudantes podem exercitar a empatia, o diálogo e a cooperação.

- **2ª etapa**

Para trabalhar os tópicos **Constituição atômica** e **Espectros atômicos** e favorecer o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, será desenvolvida uma explicação dialogada utilizando recursos multimídia com os estudantes, como sugerido por Silva, Machado e Silveira (2015), para facilitar a visualização desses em um assunto tão abstrato. A ideia é trabalhar com vídeos e simulações, e, portanto, você deve utilizar o laboratório de informática de sua escola. Esses recursos devem ser explorados pelos estudantes divididos em duplas sob sua orientação. Caso isso não seja possível, peça que os estudantes assistam aos vídeos e explorem as simulações em casa e depois faça as discussões posteriormente em sala. O estudo será dividido em sete passos que envolvem a utilização de um ou mais recursos multimídia seguida de discussão promovida por você. São eles: a evolução dos modelos atômicos; a natureza elétrica da matéria; o conceito de radioatividade; o átomo de Rutherford; o conceito de isótopos; os espectros atômicos; e o modelo de Bohr-Sommerfeld.

No primeiro passo, relembre as características dos modelos atômicos já estudados no Ensino Fundamental. Para isso, utilize a simulação interativa *Show Atômico*, do repositório virtual LabVirt, da USP, e o vídeo da CCEAD da PUC-RJ intitulado "Tudo se transforma, história da Química, história dos modelos atômicos", ambos indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. A ideia da simulação e do vídeo é apresentar a evolução dos modelos atômicos até a teoria atômica de Bohr. Em duplas, peça para os estudantes assistirem ao vídeo e depois explorarem a simulação. Depois, faça os seguintes questionamentos: "O que é e para que serve um modelo científico?"; "As representações apresentadas na simulação e nos vídeos são iguais aos modelos científicos propostos pelos cientistas?"; "Podemos afirmar que essas representações e modelos existem no mundo real?"; "Quais as principais características, avanços e limitações de cada modelo?".

Explique que a formulação de modelos é essencial para o desenvolvimento e validação do conhecimento científico. Mas deixe claro que um modelo é uma representação parcial de uma ideia com o propósito de facilitar a visualização ou possibilitar explicações e previsões sobre a ideia modelada e, portanto, tem limitações. Chame a atenção dos estudantes de que o átomo não é exatamente igual às representações que visualizam nos livros ou as propagadas pela mídia.

Para evitar reducionismos às ideias atômicas dos estudantes, valorize a história da Ciência destacando as dificuldades e o trabalho moroso dos cientistas ao longo do tempo para aceitar e entender os modelos atomistas. Cite, por exemplo, algum episódio da história da Ciência, de modo a contemplar ideias como a colaboração entre cientistas, a existência de controvérsias, a influência de fatores extracientíficos (social, econômico e político etc.). O artigo de Vasconcelos e Forato (2018), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, pode auxiliar nesse exercício. Utilize o tópico III, que narra com detalhes como se deu a apresentação do modelo atômico proposto por Bohr, considerando suas relações pessoais, o contexto e as concepções da época, os estudos e apontamentos de outros cientistas que também propuseram seus modelos – pouco conhecidos – e que certamente o influenciaram, etc. É importante que os estudantes reflitam sobre episódios históricos como esse para entenderem a complexidade da construção da Ciência, desmistificando assim concepções simplistas e inadequadas sobre o conhecimento científico, como a ideia de que ele segue uma trajetória linear e acumulativa que fatalmente conduziu à Ciência atual ou, ainda, que a Ciência é feita por gênios. Faça os estudantes refletirem, discutirem e explicarem os problemas, as interpretações e as conclusões alcançadas por cada cientista. Essa perspectiva permite que o estudante pense criticamente sobre o modelo proposto em vez de apenas memorizá-lo. Essa discussão também permite a apreensão da habilidade **EM13CNT201** e das **Competências Gerais 1 e 2**, valorizando

PROVA

os conhecimentos historicamente construídos, em especial, o de discutir as modificações dos modelos de constituição da matéria, seus limites e possibilidades, e reconhecendo aspectos da natureza da Ciência.

Nesse momento também é importante atentar às concepções alternativas dos estudantes, pois isso pode ajudar na discussão. Muitos estudos relatam que os estudantes podem conceber o átomo com ausência de partículas subatômicas e sem regiões, expressando um apego à ideia de indivisibilidade, como propôs Dalton. Esse fato acaba prejudicando a forma como os estudantes compreendem a formação dos íons. Logo, no segundo passo, para superar essa dificuldade, utilize a simulação do *site* educacional PhET Simulações Interativas "Balões e eletricidade estática", indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Questione os estudantes sobre como eles podem explicar a natureza elétrica da matéria usando apenas o modelo proposto por Dalton. Discutam a ponto de chegar à ideia de que existem partículas menores que o átomo e questione-os sobre quais evidências utilizaram na simulação para chegar a essa conclusão. Também chame atenção para o fato de essas partículas serem carregadas eletricamente e se movimentarem.

O terceiro passo consiste na utilização de alguns vídeos do canal Pontociência, também dispostos entre as sugestões do *Apoio ao trabalho pedagógico,* como "O experimento de Becquerel", "O mistério de Rutherford", "Alfa e beta: dois tipos de radiação" e "Desvio da partícula beta". Esses vídeos curtos servem para introduzir o conceito de radioatividade e de emissão de partículas alfa e beta e as diferenças entre elas. Discuta a partir dos vídeos que os núcleos de alguns átomos, de forma espontânea, podem emitir radiação, que é a propagação de energia por ondas eletromagnéticas ou partículas. No caso dos vídeos, os estudantes podem conhecer dois tipos de emissão, a emissão de partículas alfa (positivas, com dois prótons e dois nêutrons e baixo poder de penetração) e a emissão de partículas beta (negativas, constituídas de um elétron, com maior poder de penetração). Comente que o uso da radioatividade pode ser usado beneficamente na medicina, na conservação de alimentos e na datação de materiais. Em contrapartida, coloque como contraponto que essa também pode ser usada de forma inadequada, como no caso do Projeto Manhattam e nos testes nucleares que se intensificaram durante a guerra fria. Ainda, os acidentes em usinas nucleares e o aumento da quantidade de lixo nuclear colocam em debate se esse tipo de energia é viável para ser explorada. Caso queira se aprofundar em uma abordagem histórica do conceito e das consequências da descoberta da radioatividade, consulte o trabalho de Merçon e Quadrat (2004), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico.*

No modelo de Rutherford, os estudantes podem pensar que há espaços vazios no núcleo e dizer que a maior parte do átomo se encontra nessa região, em vez de fazer essa associação com a massa e a densidade. Para ampliar e melhorar a visão dos estudantes quanto a esse modelo, no quarto passo, utilize a simulação "Espalhamento de Rutherford" do site PhET Simulações Interativas para demonstrar a interação entre a radiação alfa e o átomo. Então, compare como seria a interação se utilizássemos o modelo proposto por Thomson, mostrando a limitação deste último. Quando se seleciona o modelo de Rutherford, pode-se visualizar uma região pequena e densa no centro do átomo, e outra região difusa em volta do núcleo. Discuta com os estudantes quais deveriam ser as características do núcleo e da eletrosfera para que as partículas alfa, positivas, sejam desviadas apenas pelo núcleo. Depois de discutir os resultados dessa simulação, utilize a **tabela 2.1** presente no Livro do estudante para enfatizar a diferença entre as partículas subatômicas, principalmente em relação à massa. Conceitue elemento químico a partir do número atômico (Z) explicando os experimentos de Moseley e Aston. Uma abordagem histórica do conceito de elemento químico favorecerá um aprofundamento da habilidade **EM13CNT201** e da **Competência Geral 1** e pode ser realizada com base no trabalho de Oki (2002). Retome os conceitos de mistura, substância simples, substância composta fazendo uma diferenciação com o conceito de elemento químico, pois tem sido retratada na literatura a confusão dos estudantes em relação a esses conceitos estruturantes. Utilize a sequência de situações proposta por Rocha e Cavicchioli (2005) para representar as entidades constituintes das substâncias e consolidar a aprendizagem dos estudantes em torno desses conceitos.

Outra dificuldade que os estudantes apresentam em relação ao tópico **Constituição atômica** é não conceber a movimentação das partículas em espaços vazios, pois desconsideram o vácuo nos modelos atômicos. Há estudantes que concebem o átomo apenas em entidade viva e o representam com a mesma estrutura de uma célula, demonstrando dificuldade em relação à magnitude de sua dimensão. Há também estudantes que podem pensar que o átomo se comporta como se fosse o material em si, confundindo átomo e matéria (o átomo dilata, por exemplo).

Para ter mais informações detalhadas sobre as concepções alternativas atomistas dos estudantes, consulte os artigos de Souza; Justi e Ferreira (2006); França; Marcondes e Carmo (2009); Melo e Lima Neto (2013) indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Para abordar o conceito isótopos, no quinto passo, utilize a simulação "Isótopos e massas atômicas" presente na seção **Fique por dentro**. Essa simulação permite construir o núcleo de diversos isótopos, mostrando quais existem naturalmente, sua estabilidade e sua ocorrência na natureza e pode ser utilizada também para calcular a massa atômica dos elementos químicos com base na sua abundância isotópica. Questione os estudantes sobre o que muda no núcleo de cada elemento químico ao se mudar o número de nêutrons. Questione também qual partícula nuclear é modificada quando se altera o elemento químico. Enfatize que isótopos se caracterizam como uma variedade de átomos de mesmo número atômico (Z) mas com diferentes números de nêutrons, e, portanto, de massas diferentes. Mostre como cada isótopo de cada elemento químico pode ser representado e peça para os estudantes formarem aqueles que podem ser encontrados na natureza. Essa abordagem mobiliza a **Competência Geral 5**, por propiciar uso de ferramenta digital, bem como favorece o desenvolvimento e aprimoramento da habilidade **EM13CNT209**, pois permite compreender a origem da variação isotópica dos elementos químicos. Consulte o artigo de Medeiros (1999) se optar por

ESTE É UMA AMOSTRA

uma abordagem utilizando a história da Química para desenvolver o conceito de isótopos a partir do trabalho de Aston. Essa perspectiva desenvolve a habilidade **EM13CNT201** e da **Competência Geral 1**. Retome a questão da radioatividade discutindo que alguns isótopos, por terem núcleos instáveis, emitem espontaneamente radiação, transformando-se em núcleos estáveis do mesmo ou de outro elemento químico. Comente o caso do C-14 e sua importância na datação de fósseis e rochas, sendo um isótopo importante para o estudo da evolução da vida e da formação geológica da Terra.

Para iniciar o estudo dos **Espectros atômicos**, o sexto passo, utilize o vídeo "Teste atômico" do canal Pontociência indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, no qual é realizado o teste de chama para várias substâncias contendo cátions metálicos, mostrando suas colorações características.

A partir do vídeo, conceitue o espectro eletromagnético da luz e mostre que diferentes materiais podem emitir luz após vaporizados e aquecidos. Explore a **figura 2.4** para mostrar como foi feito o experimento de Bunsen e Kirchhoff e como aparecem os espectros de linhas característicos dos átomos. Após essa discussão e, a partir do vídeo, mantenha os estudantes em duplas e peça que cada um elabore um questionamento e sua respectiva resposta envolvendo o conceito de espectros atômicos. Depois, ainda em duplas, cada um deve questionar ao outro suas perguntas e tentar responder à do colega. Estabeleça um tempo para que as duplas possam interagir entre si. Depois desse procedimento, as discussões devem progredir para toda a sala. Peça aos estudantes que compartilhem o que aprenderam de novo, quais foram suas dificuldades e o que ainda possuem de dúvidas. Este momento também se caracteriza como uma oportunidade de avaliação contínua, em que você deve escolher a melhor maneira de registrar: por sua observação, atribuindo pontos a cada grupo, ou solicitando o registro escrito de cada grupo após as discussões.

Se julgar adequado, construa um espectrômetro para aprofundar a discussão sobre a natureza da luz e o desenvolvimento da Física e da Química modernas, ressaltando a contribuição desse tipo de análise para o surgimento de modelos atômicos. O artigo de Cavalcante e Tavolaro (2002), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, apresenta um roteiro para construir esse dispositivo de maneira simples e com baixo custo.

Neste passo, você pode ainda realizar a atividade experimental sugerida adiante no tópico *Atividade complementar* no lugar da utilização do vídeo, tendo o objetivo de discutir o modelo atômico de Bohr-Sommerfeld, o conceito de espectroscopia e suas aplicações em Astroquímica.

Antes de iniciar o experimento, divida a turma em grupos de 4 a 5 integrantes e peça que leiam o objetivo e o roteiro do experimento, os cuidados de segurança, os materiais que serão utilizados e peça que respondam às perguntas do tópico *Prepare-se!* Discuta as respostas dadas às questões e tire as possíveis dúvidas dos estudantes a respeito do procedimento experimental. Aqui cabe uma discussão mais detalhada sobre a espectroscopia. Para isso, baseie-se no artigo de Filgueiras (1996) para contextualizar o desenvolvimento e as consequências históricas da espectroscopia. Discuta com os estudantes que a luz solar pode ser decomposta por um prisma nas cores do arco-íris, experimento demonstrado primeiramente por Newton. Fraunhofer, utilizando grades de difração e prismas, constatou que o espectro solar contém centenas de linhas negras sobre as cores, também nas regiões invisíveis do espectro (infravermelho e ultravioleta). Além disso, sabe-se há muito tempo que diversos materiais podem emitir luz quando aquecidos e vaporizados. Fraunhofer notou que, ao passar a luz emitida por esses materiais por um prisma, o resultado eram espectros discretos, que coincidiam exatamente com as linhas negras do espectro solar. Além disso, o espectro do sol se diferenciava do de outras estrelas. Questione, então, os estudantes de que forma esse importante campo do conhecimento poderia colaborar com o conhecimento humano sobre o espaço, temática da Unidade. Ao finalizar essas primeiras discussões, realize o procedimento experimental com os estudantes. A partir da observação e das tabelas construídas por eles, peça que respondam às questões do tópico *Discuta com seus colegas*. Aproveite para aprofundar as discussões dos experimentos de Bunsen e Kirchhoff. Este último perceberá que os espectros de absorção e de emissão do sódio são iguais e coincidem com linhas negras características presentes no espectro solar. A conclusão é que o sódio emite luz em uma energia específica, discreta, de cor amarela, e provavelmente deve haver vapor de sódio na atmosfera solar. Isso porque a luz que chega à Terra consiste no espectro contínuo subtraído dos componentes absorvidos na atmosfera do Sol. Exercício análogo pode ser feito para outros elementos químicos, gerando um poderoso instrumento de detecção de elementos químicos na Terra e em outros corpos celestes. Inclusive os elementos césio e rubídio foram descobertos e caracterizados por essa técnica. Para a explicação dessas observações, leve os estudantes a necessitarem de um novo modelo atômico, mais apropriado para explicar essas observações, fazendo uma ponte com o sétimo passo. Note que, caso não seja possível realizar este experimento, as mesmas discussões podem ser feitas por meio de uma demonstração do experimento ou do próprio vídeo sugerido no início deste passo.

Para discutir o modelo atômico de Bohr e os modelos quânticos mais recentes, último e sétimo passo, utilize a simulação "Modelos do átomo de hidrogênio" do PhET Simulações Interativas, indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Peça a cada dupla que ligue o canhão de luz e então questione o que acontece e se o resultado da simulação é compatível com a discussão anterior a partir do vídeo ou do experimento. Depois, peça que os estudantes selecionem os diferentes modelos para o átomo de hidrogênio e questione quais modelos são capazes de explicar os resultados da simulação e os espectros atômicos estudados anteriormente. Com isso é possível fomentar a aprendizagem dos estudantes em relação às cinco características do modelo de Bohr-Sommerfeld presentes no Livro do estudante e comparar com as ilustrações da **figura 2.5**. Caso opte por utilizar modelos de ensino ou analogias (como a analogia do planetário ou sistema solar) para a explicação do modelo de Bohr-Sommerfeld, deixe claro aos estudantes que essas ilustrações são apenas tentativas didáticas para representar os modelos científicos. Os trabalhos originais de Bohr e Sommerfeld são estritamente matemáticos.

EM ORDEM

Com o modelo bem caracterizado, questione se os estudantes são capazes de explicar as diferentes cores dos fogos de artifício com os novos conhecimentos adquiridos e explorando a **figura 2.6**. Com as discussões sobre os modelos, é esperado o aprimoramento da habilidade **EM13CNT201**. Em seguida, peça aos estudantes que resolvam as questões da seção **Atividades**. Verifique se existem dúvidas e corrija os equívocos caso seja necessário.

- **3ª etapa**

O tópico **Tabela periódica e configuração eletrônica** deve ser trabalhado por meio de uma metodologia ativa baseada em um *role-playing*, em que os estudantes representarão papéis de pesquisadores (chefes de pesquisa e estudantes de pós-graduação) e simularão, junto com você, um congresso de pesquisa. Essa estratégia desenvolve os elementos da **Competência Geral 2**, exercitando a curiosidade intelectual do estudante, o pensamento crítico, científico e a criatividade.

Oriente a formação de grupos, entre três ou quatro integrantes, de modo que um estudante represente o papel de um chefe de pesquisa e seus colegas representem os papéis de seus respectivos estudantes de mestrado e doutorado, formando assim uma equipe que simulará um grupo de pesquisa acadêmica.

O papel do chefe de pesquisa será um personagem histórico que contribuiu de alguma forma para o entendimento atual da tabela periódica e da distribuição eletrônica dos elementos químicos e suas relações. Cada grupo deverá escolher apenas um personagem histórico, como Döbereiner, Chancourtois, Newlands, Mendeleev, Meyer, Bunsen, Kirchhoff, Lewis, Langmuir, Broglie, Schrödinger, Heinsenberg, Borh, Pauling e Moseley.

Todos os integrantes do grupo deverão pesquisar sobre o trabalho desenvolvido por seu personagem histórico focando na sua colaboração para o entendimento da tabela periódica e da distribuição eletrônica dos elementos, destacando os problemas, os dados, as interpretações dos dados e as conclusões alcançadas pelo cientista. Enfatize aos grupos, que devem evitar se concentrar em datas, nomes históricos e dados biográficos. Recomende a leitura e discussão do tópico **A organização da tabela periódica** em sua integralidade pelos grupos e peça que complementem fazendo pesquisas em *sites* confiáveis, favorecendo a apreensão das **Competências Gerais 5 e 7**, que visam ao uso de tecnologias digitais, à argumentação e à autogestão. Oriente as pesquisas dos estudantes e, caso tenham dificuldades, forneça alguns materiais para sua melhor compreensão. Uma boa opção é o trabalho de Tolentino, Rocha-Filho e Chagas (1997), que traz a história bem completa desse desenvolvimento.

Ao final, os estudantes deverão apresentar o programa de pesquisa de seu grupo para a sala no formato de um congresso de pesquisa. Simule e encene com os estudantes uma conferência fictícia, como se cada um desses personagens históricos e seus estudantes de pós-graduação estivessem se encontrando e compartilhando suas ideias de pesquisa. Seu papel será o de mediador do congresso apresentando cada um dos grupos, chamando-os à frente da plateia, que é a própria sala, para encenar seus papéis. Os grupos devem eleger quem representará o chefe e quem serão os estudantes de mestrado e doutorado. Assim, eles devem se organizar para que todos falem sobre a contribuição do cientista, inclusive o estudante que o está representando. Cada grupo terá 5 minutos para expor suas conclusões, e mais 5 minutos serão reservados para as perguntas da plateia. Estimule a participação da plateia. Encerradas as perguntas, passe para o próximo grupo. A apresentação funcionará como um momento de aprendizagem dos estudantes e de avaliação de sua parte, percebendo os conteúdos que faltaram nas explicações e os possíveis equívocos. Essa simulação favorece a apreensão das **Competências Gerais 4 e 7** e da habilidade **EM13CNT302**, já que pode exercitar a argumentação com base em informações confiáveis para formular, negociar e defender ideias e seus pontos de vista, além da comunicação e linguagem científica.

Ao final, sistematize todas as ideias apresentadas, exalte os acertos e corrija os equívocos. Verifique se ficou claro para os estudantes que a tabela periódica está organizada de forma em que se observe uma repetição regular e periódica de suas propriedades físicas e químicas. Questione quais as limitações de organizar a tabela em ordem crescente de massa atômica em vez de usar o número atômico. Pergunte se eles sabem reconhecer quais as principais informações que podem ser tiradas da tabela periódica de um dado elemento químico e como ela é organizada atualmente. Verifique se os estudantes sabem distribuir os elétrons dos elementos químicos das várias formas indicadas no Livro do estudante, em especial usando o diagrama de diagonais, tanto para átomos quanto para íons. Questione-os se eles sabem relacionar os elétrons de valência dos elementos químicos com suas posições na tabela periódica, observando que há um padrão para a configuração eletrônica em que o número de elétrons de valência é igual para todos os elementos de um grupo. A partir disso, verifique se relacionam essa repetição com as propriedades periódicas presentes no Livro do estudante. Essas discussões visam ao desenvolvimento e aprimoramento das habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT209**.

Essa abordagem escolhida pretende evitar que os estudantes desenvolvam concepções simplistas sobre a tabela periódica. São elas: que é preciso memorizar a tabela, que ela foi construída por apenas um cientista ou que esteja finalizada e não apresente mais espaços para novos elementos químicos. Além disso, eles podem desenvolver uma compreensão sobre uma das características principais do trabalho científico: a comunicação e validação pela comunidade dos cientistas. O artigo de Vianna, Cicuto e Pazinato (2019), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, traz uma revisão de trabalhos sobre diferentes estratégias didáticas encontradas na literatura que podem ajudar você a trabalhar de outras formas esse conteúdo. Esses trabalhos envolvem jogos didáticos, história da Ciência, utilização de TDICs e educação especial. Ainda, no Quadro 1 desse artigo, são feitas diversas afirmações sobre concepções sobre a tabela periódica que podem ajudar você a avaliar a compreensão dos estudantes sobre o conteúdo. Para avaliar a aprendizagem sobre os conceitos trabalhados no Tema, peça aos estudantes que resolvam as questões da seção **Atividades**. De maneira a complementar a avaliação continuada da aprendizagem dos estudantes, proponha a reflexão sobre a

REPRODUÇÃO

questão disposta na seção **Reflita sobre seu aprendizado!**. Dessa forma, o trabalho com essa seção proporciona a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Atividade complementar

A proposta desta atividade experimental é realizar o teste de chama utilizando materiais de fácil acesso e sem custos elevados, para trabalhar com os estudantes os conteúdos da espectroscopia, do modelo de Bohr-Sommerfeld e da Astroquímica. Tal atividade permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** e das **Competências Gerais 1 e 2**.

Investigando a luz emitida pelos materiais por meio do teste de chama

Sabemos desde muito tempo que a luz do sol pode ser decomposta nas cores do arco-íris e o conjunto de cores decompostas por um prisma, como demonstrado por Newton no século XVII, é conhecido como espectro da luz solar. Além disso, experimentos realizados nesse século demonstraram que, além das cores visíveis, o espectro solar também apresenta radiações invisíveis ao olho humano. As cores possuem energias mais altas à medida que caminhamos do vermelho ao violeta no espectro solar, e a região invisível para além dessa, apresenta uma radiação de energia mais alta que a luz violeta, chamada de ultravioleta. Ao caminharmos para energias mais baixas, para próximo da extremidade vermelha e para além dessa, a temperatura de um termômetro de mercúrio, por exemplo, acusa maiores temperaturas, já que essa radiação invisível, chamada de infravermelho, coincide com a faixa de energia necessária para fazer vibrar átomos e moléculas de uma substância, aumentando sua agitação térmica.

É sabido desde muito tempo também que muitos materiais podem emitir luz quando excitados. Esse é o princípio dos fogos de artifício e da iluminação pública, por exemplo. Como os átomos do mesmo elemento químico apresentam propriedades químicas e físicas iguais, é possível identificar a presença de certos átomos em uma amostra de material, por meio de sua luz emitida pelo uso de chamas. Além disso, o jovem Fraunhofer notou que, ao obter o espectro da luz emitida por esses materiais, o resultado era um espectro discreto e não contínuo como o espectro solar. Ainda notou que cada estrela apresentava um espectro particular, diferente do espectro solar. Será que é possível obter a impressão digital de uma amostra ou de uma estrela em termos de sua composição química por meio do estudo de sua radiação?

Antes de iniciar a atividade, peça à turma que se reúna em grupos, leia todo o procedimento e consulte o infográfico **Segurança no laboratório**, no início do livro do estudante.

Objetivos

- Avaliar o efeito do teste de chama em diferentes sais metálicos.
- Relacionar os resultados do teste com os conteúdos de espectroscopia, modelos atômicos e exploração espacial.

Cuidados: segurança e descarte

Segurança

Todos devem utilizar avental e luvas simples, além de óculos de segurança. O álcool isopropílico é inflamável e irritante aos olhos, por isso deve ser manipulado com cuidado e longe da chama da vela. Caso seja espirrado nos olhos, lavar com água corrente imediatamente e consultar um especialista. Utilize-o em pequenas quantidades e em local ventilado, pois sua inalação prolongada pode causar vertigem e sonolência. Após a realização do teste de chama, lavar bem as mãos com água e sabão.

Descarte

Os copos plásticos podem ser lavados e reutilizados; os clipes utilizados devem ser descartados a cada teste, e podem ser descartados em lixo comum; os resíduos de álcool isopropílico podem ser juntados e guardados em uma garrafa de vidro para posterior reutilização e possível descarte em instalação aprovada de destruição de resíduos; alguns dos sais podem ser descartados diretamente na pia ou no lixo comum, porém, para alguns deles a descarga em meio ambiente deve ser evitada. Para isso, peça que os estudantes utilizem a mínima quantidade de sais possível, apenas a ponta de uma colher ou espátula, e coloquem sobre um papel com identificação, assim eles podem ser reutilizados em outros testes de chama e os objetos metálicos podem ser lavados em pia comum e reutilizados.

Material

- Vela
- Fósforos ou isqueiro
- Clipes comuns de papel (metálicos)
- Álcool isopropílico de concentração de pelo menos 70% (v/v)
- Copos plásticos descartáveis
- Pinça metálica ou de madeira
- Colher ou espátula metálica
- Sais sólidos de metais: NaCl, LiCl, KCl, $BaCl_2$, $CaCl_2$, $SrCl_2$ e $CuSO_4$ (podem ser adquiridos em lojas de materiais de construção, lojas de produtos para tratamento de água para piscinas ou farmácias).

Prepare-se!

1. Pesquise sobre o espectro eletromagnético da luz solar e reconheça as regiões de maior e menor energia.
2. Pesquise sobre as cores dos fogos de artifício e da iluminação pública. A que se devem essas cores?
3. Relembre os modelos atômicos já estudados e registre suas principais diferenças.

Procedimento

- Acenda e posicione a vela em uma superfície plana e em um local com boa ventilação.
- Distorça o clipe de papel de maneira a formar um fio longo. Faça uma pequena volta em uma das extremidades do fio. Esta será a parte a ser mergulhada no álcool e nos sais, e encostada na chama. Distorça uma quantidade de clipes suficiente para cada teste.

EDITORIA

- Molhe o clipe distorcido em uma amostra de álcool isopropílico dentro de um copo plástico descartável e então em uma amostra sólida de sal metálico. Coloque-o verticalmente na chama da vela, deixando queimar até extinguir a chama produzida.
- No primeiro teste, utilize apenas o fio embebido de álcool isopropílico para observação da sua chama. Nos testes subsequentes, utilize um novo clipe distorcido para cada sal diferente, para não contaminar seus frascos.
- Para evitar que parte do sólido quente respingue em sua mão, utilize uma pinça metálica para segurar o bastonete, afastando sua mão da chama da vela.
- Observe a chama produzida e anote o que aconteceu em seu caderno em cada situação.

Discuta com seus colegas

1. No teste de chama, utilizamos diferentes sais como amostras. A quais elementos químicos você atribui as cores emitidas nesse teste? Faça uma tabela relacionando as cores obtidas com o elemento químico apropriado.
2. Por que foi feito um primeiro teste apenas com o álcool isopropílico?
3. Elementos químicos diferentes emitem radiações eletromagnéticas de forma diferente. Que implicação importante você sugere que esta propriedade apresenta para a exploração espacial?
4. Desde muito tempo, sabe-se que o cloreto de prata, um sal branco, escurece por ação da luz. Isso se deve a uma redução (ganho de elétrons) do cátion Ag^+, formando prata, Ag, de coloração escura. A redução é ainda mais fácil à medida que caminhamos no espectro solar, da cor vermelha à violeta, e ainda mais fácil nas regiões do ultravioleta. Isso porque radiações mais elevadas em energia são capazes de realizar reações químicas que promovem transições eletrônicas. Sabendo disso, e tendo realizado o teste de chama, elabore uma explicação para o que ocorre, no nível atômico molecular, para que cada elemento químico emita luz de energia diferente, de forma discreta e não contínua. Pense nos modelos atômicos já estudados e na configuração eletrônica de cada elemento químico.

Fontes consultadas: FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a Química. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/historia.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020. GRACETTO, A. C.; HIOKA N.; SANTIN FILHO, O. Combustão, chamas e testes de chama para cátions: proposta de experimento. *Química Nova na Escola*, n. 23, 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc23/a11.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020. MESSEDER, J. C.; SANTOS, R. L. L.; CASTRO, D. L. Variações de ensaios de chamas como propostas experimentais para o ensino de Química. *Educação Química en Punto de Vista*, v. 2, n. 1, 2018. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/1132/1147>. Acesso em: 12 jun. 2020.

• Resoluções da Atividade complementar

Prepare-se!

1. Espera-se que os estudantes relembrem e pesquisem sobre a natureza ondulatória da luz, sobre o espectro solar, que vai do infravermelho, de menor energia e maior comprimento de onda, ao ultravioleta, de maior energia e menor comprimento de onda. Também devem relacionar esse espectro a um espectro de luz contínua e que a luz branca pode ser decomposta por um prisma nas cores do arco-íris.
2. Espera-se que os estudantes relacionem as diferentes cores produzidas às substâncias químicas que estão presentes nesses materiais. Não é preciso que, os estudantes elaborem uma explicação no nível atômico molecular nesse momento, apenas que reconheçam que ao redor deles, há diversas substâncias emitindo luz quando é fornecida energia.
3. Essa pergunta busca acessar os conhecimentos prévios dos estudantes. Será importante para realizar a ponte entre o fenômeno que será observável no teste de chama com a construção de um modelo atômico apropriado que explique essa observação.

Discuta com seus colegas

1. Espera-se que os estudantes reconheçam que as espécies químicas responsáveis pela emissão de luz no teste de chama foram os cátions metálicos, já que os ânions presentes nos sais estudados são sempre quase os mesmos. Eles podem construir uma tabela com duas colunas relacionando o cátion com a cor emitida. Espera-se que com esse teste os estudantes reconheçam as seguintes cores produzidas nas bordas mais extremas da chama: Na^+: amarelo; K^+: violeta; Li^+: vermelho; Ca^{2+}: vermelho alaranjado; Sr^{2+}: vermelho; Ba^{2+}: verde amarelado; Cu^{2+}: verde.
2. Assim como os cátions metálicos, a queima do álcool isopropílico também produz uma coloração característica de chama. Espera-se que os estudantes discutam que esse primeiro teste serviu como um teste de controle. Para esse primeiro teste deve produzir-se uma chama de coloração azul logo na ponta do fio e mais alaranjada na extremidade. A chama então deve permanecer a mesma no teste dos sais, com a diferença de que aparecerá a luz emitida pelos cátions metálicos logo na extremidade dessa. Ou seja, a diferença entre os testes se deve à presença dos cátions metálicos que são vaporizados e emitem luz, descontando as cores produzidas pela queima do álcool.
3. Espera-se que os estudantes discutam essa questão considerando que, já que se pode identificar a presença de certos átomos em amostras por sua cor emitida (radiação eletromagnética), talvez seja possível detectar essas radiações de estrelas e determinar sua composição química, temperatura, distância da Terra etc. Devem também concluir que a olho nu não é a melhor maneira para uma detecção dessa magnitude. Este seria então um bom momento para introduzir, a partir da história da Ciência, o conceito de espectroscopia, baseado no trabalho de Filgueiras (1996), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, e discutir as possibilidades dela para "tirar a impressão digital" de estrelas e outros corpos celestes em termos de sua composição química, constituindo-se um importante campo do conhecimento para a exploração espacial.

EM MODERNA

4. Essa pergunta tem o objetivo de funcionar como uma ponte entre o experimento (nível fenomenológico da Química) e a construção de um modelo atômico apropriado que explique o que os estudantes observaram. Os estudantes podem retomar o conhecimento adquirido sobre o modelo atômico de Bohr no Ensino Fundamental para explicar o fenômeno, servindo como um bom momento de avaliação do conhecimento. Caso os estudantes não possuam esse conhecimento prévio, a discussão passa a ter o propósito de introduzir esse modelo a partir de suas experiências e de suas hipóteses geradas. De qualquer forma, com as pistas dadas, os estudantes devem relacionar que o fenômeno tem relação com a energia eletrônica dos átomos e com sua configuração eletrônica. Além disso, devem compreender que é necessária a formulação de um modelo adequado que explique as observações.

Tema 3 – Evolução Estelar e Sistema Solar

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Analisar diferentes modelos propostos em épocas distintas sobre o surgimento da Terra e do Sistema Solar.
- Interpretar e comunicar fatos da história da Ciência utilizando diferentes linguagens.
- Reconhecer as condições ambientais favoráveis para que haja manifestação de vida na Terra.
- Analisar a evolução estelar, o modelo da distribuição de elementos químicos, a sua relação com o surgimento de sistemas planetários e a possibilidade de surgimento de vida.
- Reconhecer modelos explicativos para avaliar e justificar conclusões a respeito da evolução de estrelas sob uma perspectiva científica.

Subsídios para o planejamento

O Tema 3, que trata de evolução estelar, diagrama HR, surgimento do Sistema Solar, exploração espacial e conceito de zona habitável, deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física**.

Para dar subsídios à abordagem didático-metodológica deste Tema, vamos nos apoiar na ideia de atividade discursiva do professor, proposta por Mortimer e Scott (2002), artigo indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. De maneira bastante sintética, podemos entender que as aulas de Ciências, em geral, têm a função de desenvolver conceitos científicos com os estudantes, por meio do processo de significação, isto é, da criação e do compartilhamento de significados que se iniciam na interação social para, em seguida, serem internalizados por cada estudante. Vale ressaltar que o trabalho mencionado analisa uma interação discursiva em sala de aula, tendo em vista que vamos propor uma sequência de ensino baseada nesses pressupostos, com algumas adaptações. Dessa maneira, precisamos inicialmente definir os focos de ensino, dentro dos aspectos da análise proposta.

A primeira etapa consiste em evidenciar as intenções do professor, dentro de seis aspectos: (1) criando um problema; (2) explorando a visão dos estudantes; (3) introduzindo e desenvolvendo a "estória científica"; (4) guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas e dando suporte ao processo de internalização; (5) orientando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso, transferindo progressivamente para eles o controle e a responsabilidade por esse uso; e (6) mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da "estória científica".

A segunda etapa, que consiste na definição do conteúdo, será dividida em três partes: descrição, explicação e generalização. A própria sequência apresentada no Livro do estudante já a contempla a divisão proposta, uma vez que começa com a definição do que é uma estrela, destacando suas características, como cor, elementos constituintes e temperatura, em seguida, passa à explicação, apresentando um modelo que define o movimento de nascimento, geração de energia e morte das estrelas, além do diagrama HR, e finaliza generalizando os conhecimentos obtidos sobre estrelas para explicar o nosso Sol e a formação de todo o Sistema Solar.

Lembrando que, dentro dessa proposta didática, a análise do problema e da "estória científica" deve privilegiar sempre a abordagem comunicativa, tanto do professor com os estudantes como entre os próprios estudantes, com diferentes finalidades, como levantamento de ideias, seleção e compartilhamento de significados, checagem do entendimento e, sempre que necessária, a retomada da "estória científica". Assim, o professor poderá promover diferentes comunicações, de acordo com a finalidade que deseja alcançar. Essas comunicações vão desde as dialógicas e não dialógicas – em que se deseja considerar vários pontos de vista ou apenas um ponto de vista – até as interativas ou autoritárias – em que se deseja a participação de mais de uma pessoa ou apenas de uma pessoa.

• Criando um problema

Nesse momento inicial, deve-se engajar os estudantes a fim de desenvolver a "estória científica" relacionada ao Tema, aguçando neles a curiosidade intelectual e favorecendo, dessa maneira, o desenvolvimento da **Competência Geral 2**. O Tema em questão sugere o seguinte problema: "Como se deu a formação do Sistema Solar e de seus diferentes corpos celestes?". A partir daí, podemos nos perguntar: "Como nascem as estrelas?"; "Como o processo de evolução estelar influencia nas características de estrelas e dos sistemas planetários?".

O professor pode apresentar o problema logo que iniciar o Tema ou realizar primeiro o levantamento das concepções prévias dos estudantes. O importante é que, ao apresentar o problema, identifique também o que os estudantes já sabem sobre o assunto – o levantamento de ideias – tomando nota no quadro de giz. Em seguida, deve-se fazer a seleção de algumas ideias e descartar outras que são menos interessantes ao desenvolvimento do conteúdo. Os estudantes serão orientados a anotar as ideias para que possam perceber sua evolução ao longo das aulas e das atividades.

MODERNA

- **Explorando a visão dos estudantes**

Inicie a discussão com base em um levantamento de ideias sobre a observação das estrelas e dos outros objetos celestes, por meio de algumas perguntas como: "O que observamos quando olhamos para o céu à noite?" e "O que observamos quando olhamos para o céu de dia?". É provável que a maioria dos estudantes responda, à primeira pergunta, estrelas e planetas e, à segunda, o Sol. Também é provável que eles digam que observam a Lua na resposta às duas perguntas. Nessa abordagem, é possível verificar duas concepções espontâneas dos estudantes, que se formam por causa da falta de frequência de atividades de observação do céu: uma sobre o Sol e outra sobre a Lua. É comum que eles digam que: o Sol é uma estrela diferente das demais que eles observam à noite, definindo-o como muito maior ou muito mais quente do que as outras estrelas. Em geral, os estudantes não associam essas características ao fato de o Sol estar mais próximo da Terra. A segunda concepção é de que a Lua só pode ser observada à noite. No entanto, o horário de observação depende da fase em que ela está. Com base nas respostas dadas, questione os estudantes: "Qual é a diferença entre o Sol, as estrelas observadas à noite e a Lua?". Espere que eles relembrem que a Lua é um satélite; por isso não tem luz própria e reflete em sua face a luz que vem do Sol.

Em seguida, peça aos estudantes que desenhem, em uma folha à parte, como imaginam ser uma estrela e como eles supõem ser o Sol, utilizando uma escala de tamanho, as formas e as cores que eles imaginam. Na seleção de significados, observe se eles utilizam o formato esférico e se não fazem desenhos das estrelas com pontas – uma vez que essa é uma concepção equivocada bastante comum no desenho das estrelas.

Amplie as discussões para promover o compartilhamento de significados, trazendo informações de que à noite é possível observar não somente estrelas, mas planetas, satélites, cometas e asteroides; se possível, oriente os estudantes a observar objetos celestes visíveis de suas residências. Para identificar esses objetos, pode-se usar o *software* Stellarium ou pedir que baixem em seus *smartphones* aplicativos que auxiliem na orientação celeste, como o Skymaps, ambos indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Solicite que observem também a coloração aparente das estrelas, bastando que fiquem olhando para elas por algum tempo, para que percebam a presença das cores avermelhadas ou azuladas. Dependendo das condições climáticas – principalmente da ausência de nuvens e poluição – vários objetos celestes mencionados acima podem ser observados a olho nu, basta que a turma seja orientada para que lado deve olhar e como poderá identificar os objetos.

Após essa atividade, peça aos estudantes que relatem o que perceberam nessas observações do céu e sugira a leitura do texto "Observando as cores das estrelas", da UFMG, disponível na seção **Fique por dentro**, que, além de complementar o conteúdo, mobiliza a **Competência Geral 5**, ao incentivar o uso de dispositivos digitais para a aprendizagem. Depois da leitura e do debate sobre as ideias principais, para a checagem do entendimento, sugira a eles que voltem a observar o céu noturno e tragam para a sala de aula um relato sobre a cor de pelo menos uma das estrelas observadas e a relação que isso deve ter com as suas características, como tamanho, temperatura etc.

- **Introduzindo e desenvolvendo a "estória científica"**

Para compartilhar significados, proponha a leitura e o registro das ideias principais dos tópicos no Livro do estudante: **Cores das estrelas**; **Nascimento e fonte da energia das estrelas**; e **Morte das estrelas.** Sobre as cores das estrelas, o mais importante é que os estudantes destaquem que a cor tem relação com a temperatura de sua superfície. Sobre a origem das estrelas, é importante que compreendam que a formação de uma estrela acontece a partir de uma imensa nuvem de gás, formada majoritariamente por átomos de hidrogênio e de hélio, que se unem por atração gravitacional e formam um disco, cujo centro contém a protoestrela. Essas nuvens são chamadas nebulosas e também são objetos observáveis no céu, embora isso dependa de boas condições de visualização. Após sua formação, as estrelas serão constituídas de uma imensa esfera de gás incandescente, com um núcleo que, inicialmente, gera energia por meio do processo de fusão nuclear, de átomos de hidrogênio que se fundem e formam átomos de hélio. Esse processo libera grande quantidade de energia, resultando em diversos tipos de radiação, entre elas a luz que enxergamos e a energia térmica, que podemos sentir em forma de calor, no caso do Sol. Para a checagem do entendimento, com base no exemplo dado sobre o tempo que o Sol demoraria para consumir todo o seu combustível, peça aos estudantes que definam o que é o ciclo de vida das estrelas e como elas morrem.

Ao analisar a evolução estelar, sua relação com a origem de sistemas planetários e a possibilidade de surgimento de vida, inicia-se o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT209**.

- **Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas e dando suporte ao processo de internalização**

Segundo Mortimer e Scott (2002), nesta etapa é essencialmente importante que o professor intervenha, introduza novos termos e novas ideias para fazer a "estória científica" avançar. Tenha em mente que o levantamento das concepções prévias deve seguir em direção ao conhecimento científico, em um movimento que precisa ser provocado pelo professor.

Relembre com os estudantes os diferentes tipos de estrela – gigante vermelha, supergigante vermelha, anã branca, entre outras, peça-lhes que expliquem "Quais são os fatores que determinam o tipo de morte de uma estrela?". Analise as respostas para promover o compartilhamento da compreensão do assunto, ficando atento ao uso de ideias e termos científicos. Peça também que formulem explicações por escrito, troquem ideias com um colega e depois exponham-nas para toda a turma.

Ao analisar os conceitos e as ideias iniciais sobre evolução estelar para elaborar explicações sobre o tipo de morte de uma estrela, os estudantes estarão desenvolvendo as habilidades **EM13CNT209** e **EM13CNT301**.

É importante destacar nessas explicações que as mudanças de fase de uma estrela estão diretamente ligadas à quantidade de massa dela, que toma a massa do Sol como

EDIÇÃO DE PROVA

referência, e que, quanto menor a massa de uma estrela, maior será seu tempo de vida. Solicite aos estudantes que tentem explicar isso também, tendo em vista que, intuitivamente, nos parece que, quanto menor uma estrela, menos "combustível" ela teria, portanto mais depressa ela morreria.

Promova um diálogo visando à seleção de significados, pedindo a diversos estudantes que expliquem os diferentes ciclos evolutivos, de acordo com a **figura 3.6**. Além da descrição dos ciclos, solicite que façam uma breve pesquisa que explique os processos de fusão nuclear e as diferentes possibilidades de formação de novos átomos – o próprio Livro do estudante pode servir porque trata do assunto no Tema 2. Adicionalmente, eles podem explicar os processos que resultam em quedas de temperatura, perda de energia e de massa, bem como perda da força gravitacional. Essa compreensão é o que nos leva a entender por que algumas estrelas terão aumento de tamanho – passando de gigantes vermelhas a supergigantes vermelhas – enquanto outras simplesmente tornam-se anãs brancas. Neste último caso, ao fundir átomos de hélio, formando átomos de carbono, a estrela perde o equilíbrio de forma irreversível: o núcleo se contrai e as camadas externas se expandem, mas a temperatura no centro não atinge o valor necessário para fundir o carbono. Em contrapartida, as estrelas mais massivas conseguem sustentar as altas temperaturas em seus núcleos, fundindo átomos de diferentes elementos até a formação do ferro. Não conseguindo mais manter a força gravitacional, acontece o que é chamado de colapso gravitacional, e a estrela pode explodir, tornando-se uma supernova, cujo centro pode transformar-se em uma estrela de nêutrons ou um buraco negro, dependendo de sua massa inicial.

O conceito de buraco negro merece ser trabalhado com algum cuidado, uma vez que é fonte de diversas concepções equivocadas, desenvolvidas principalmente por materiais de divulgação científica de pouca qualidade, por exemplo, a ideia de que o buraco negro atrai para dentro de si toda a matéria ao seu redor, o que representaria um efeito devastador. Peça aos estudantes que leiam também o texto "Buraco negro", produzido pelo Observatório Astronômico Frei Rosário, da UFMG, especificado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Para o levantamento de significados, proponha aos estudantes que troquem ideias entre si sobre o que é um buraco negro e, depois, para o compartilhamento desses significados e a checagem do entendimento, promova uma discussão com toda a turma. Não deixe de esclarecer dúvidas e verificar a compreensão dos estudantes acerca desse conceito. Ao final, peça a eles que sintetizem as ideias, individualmente e por escrito, promovendo assim um momento de reflexão e interiorização do conceito.

- **Guiando os estudantes na aplicação das ideias científicas e na expansão de seu uso**

O foco nesse momento é dar suporte aos estudantes para aplicar as ideias centrais sobre a evolução estelar já ensinadas, passando da descrição dos objetos para a explicação do conteúdo e transferindo para os estudantes o controle e a responsabilidade pelo uso dessas ideias. Para isso, inicie apresentando os modelos teóricos que explicam a constituição desses objetos.

Em seguida, sugira a leitura e a realização da atividade experimental proposta no artigo de Marranghello e Pavani (2011) "Utilizando a câmera fotográfica digital como ferramenta para distinguir as cores das estrelas", da revista *Física na Escola*, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Proponha aos estudantes que retomem a observação das estrelas em suas moradias, conforme foi indicado em *Explorando a visão dos estudantes*, no início deste tópico. Desta vez, peça que se voltem especificamente para as constelações de Escorpião e Cruzeiro do Sul e estejam munidos da câmera fotográfica do telefone celular (é importante, para a atividade funcionar, que a definição da câmera seja superior a 12 MP). Oriente os estudantes para que, antes de iniciar a atividade, verifiquem se essas constelações estarão visíveis na localidade onde eles moram e, caso estejam, qual deve ser o melhor horário para observação, utilizando-se dos *softwares* Stellarium ou Skymaps. As cores de cada estrela deverão ser obtidas por meio de fotografias e comparadas com as propriedades de cada uma por meio da tabela de classificação das estrelas, relacionando a cor com a temperatura aproximada e, em seguida, seu resultado deverá ser confirmado por meio de análise das propriedades de cada estrela apresentadas no artigo.

Essa sequência de atividades, desde as leituras sobre evolução estelar até esta última atividade de observação do céu, permite o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT209** e da **Competência Geral 2**, que tratam da análise da evolução estelar, do modelo da distribuição de elementos químicos, da sua relação com o surgimento de sistemas planetários e da possibilidade de surgimento de vida, bem como o reconhecimento dos modelos explicativos para avaliar e justificar conclusões a respeito da evolução de estrelas de uma perspectiva científica.

Por fim, nesse momento, inicia-se o processo de generalização, que é um dos passos mais importantes porque visa à elaboração das explicações sobre a formação do Sistema Solar após a aplicação – na atividade de observação do céu – e a expansão dos conceitos estudados. É importante que o foco aqui seja conduzir os estudantes para que eles compreendam como os conceitos de evolução estelar estudados nos ajudam a compreender o processo de formação e evolução do Sistema Solar, como sugere a habilidade **EM13CNT209**.

Para iniciar a discussão sobre a formação do Sistema Solar, peça aos estudantes que leiam e façam um levantamento, em grupos, sobre "Quais são as principais características dos primeiros modelos de Sistema Solar e de Universo", apresentados no tópico **Surgimento do Sistema Solar** do Livro do estudante.

É interessante que os estudantes notem que o debate entre o modelo geocêntrico e o heliocêntrico ultrapassou a Ciência e propunha, na verdade, uma nova visão de mundo. Com isso, não apenas cientistas, mas também a Igreja Católica, tiveram papel decisivo nas discussões entre os modelos. A questão pode trazer um aprofundamento desejável para as discussões sobre História e Filosofia da Ciência, portanto, se assim desejar, sugira também a leitura do artigo "A revolução copernicana: aspectos históricos e epistemológicos" (PORTO, 2020). Com base nesse texto, explore com os estudantes um

PROVISÓRIA

pouco dessa história, o que são consideradas posições realistas e instrumentalistas da Ciência, bem como os impactos dos avanços científicos para o desenvolvimento de toda a sociedade. Essa estratégia favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 1**, pois coloca o conhecimento científico como uma construção histórica e social, discutindo as limitações de cada época na compreensão e na explicação da realidade. Proponha aos estudantes, como atividade, que escrevam como foi que se deu historicamente a transição do modelo geocêntrico para o heliocêntrico, trazendo as considerações históricas e os embates científicos e sociais presentes nela.

Para aprofundar a habilidade **EM13CNT201** e se julgar apropriado, sugira aos estudantes que assistam, em casa, ao filme *Giordano Bruno*, com *link* disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Ele mostra a história do astrônomo e filósofo Giordano Bruno, que foi injustiçado, condenado à morte pela Inquisição por ter defendido o heliocentrismo e a infinitude do Universo em 1600. Peça-lhes que anotem os pontos mais importantes do filme para, posteriormente, fazerem uma breve discussão em sala de aula sobre as dificuldades do desenvolvimento científico naquele momento histórico.

Para que os estudantes não fiquem com a impressão de que o heliocentrismo é o modelo de Universo aceito atualmente, no momento de compartilhar os significados, é importante que se faça uma discussão sobre como as ideias de modelo de Universo já evoluíram em relação ao heliocentrismo. Embora Kepler tenha sido um de seus defensores, ele mesmo já propunha órbitas elípticas, e não mais circulares, excluindo o Sol do centro. E, mais recentemente, além de levar em conta uma infinidade de estrelas e sistemas planetários, sabemos que o Universo não tem centro, devendo considerar teorias mais complexas, ponderando, por exemplo, as implicações da Relatividade Geral para explicar a deformação do espaço-tempo, favorecendo uma compreensão científica mais atual.

Em seguida, sugira aos estudantes que organizem as características dos planetas do Sistema Solar; depois de feita essa lista e compartilhada com a turma, eles devem levantar hipóteses sobre a questão: "Na formação do Sistema Solar, como podem ter surgido planetas com características tão diferentes?". Ouça as hipóteses levantadas por eles e tome nota no quadro de giz. Ao mesmo tempo, peça que retomem os conhecimentos sobre evolução estelar e vejam quanto isso pode ter relação com a formação do Sistema Solar. Pergunte a eles: "De onde teriam vindo os átomos de ferro que constituem o núcleo dos planetas rochosos, por exemplo?". Essa pergunta serve como levantamento de ideias e para retomar a estória científica, ligando a formação do Sistema Solar à evolução estelar. É importante que, ao longo da discussão, eles percebam que elementos com maior número atômico e, consequentemente, mais pesados, como o carbono ou mesmo o ferro, foram produzidos no interior das estrelas.

Proponha aos grupos que, utilizando o Livro do estudante como fonte de pesquisa, criem um roteiro, no formato de tópicos, para explicar a origem do Sistema Solar e, como forma de checar o entendimento deles. Espera-se que falem sobre a formação do Sol a partir de uma nuvem de gás e poeira e que mencionem as duas forças principais: a gravidade, que provocava a contração na nuvem, e a pressão dos gases, que provocava a expansão da nuvem; o acúmulo de matéria fez com que a força gravitacional aumentasse e atraísse cada vez mais matéria, o que, por sua vez, fez aumentar a pressão e a temperatura, originando um núcleo brilhante, nessa fase ainda chamado de protossol. Quando sua temperatura atingiu 15 milhões de graus Celsius, iniciou-se a fusão entre átomos de hidrogênio e hélio, determinando assim o nascimento do Sol.

Já a formação dos planetas pode ser explicada pela colisão de matéria que sobrou em volta do Sol, resto da poeira que não foi atraída para o núcleo, mas que continuava sob a ação de seu campo gravitacional. À medida que os grãos de poeira colidiam, formavam um aglomerado de matéria cada vez maior, resultando na formação do que foi chamado de protoplanetas, cuja composição dependia da distância do Sol, por causa da variação da temperatura. Com o aumento de matéria, que continuou se aglutinando aos protoplanetas, originaram-se os chamados núcleos planetários. Acerca da formação dos planetas, é importante questionar os estudantes sobre a diferença de tamanho dos planetas, pois os gasosos – mais distantes – são bem maiores que os rochosos. Questione-os sobre as hipóteses deles sobre o assunto. Caso não consigam chegar à resposta sozinhos, apresente a ideia de que isso acontece porque nas regiões mais afastadas do Sol havia grande quantidade de silicato e gelo, que, em razão do aglutinamento, formaram os núcleos até dez vezes maiores que a Terra, acabando por atrair o gás à sua volta, por causa de sua grande força gravitacional; já as regiões mais próximas do Sol continham mais silicato e os gases acabaram por evaporar graças às altas temperaturas, o que fez os núcleos nessa região ficarem menores. Além disso, relembre aos estudantes que o Sistema Solar não é constituído apenas dos planetas e do Sol; há também os asteroides e os cometas, geralmente formados pelos restos de poeira que não se aglutinaram na formação do Sol nem dos planetas.

Com a discussão sobre a formação do Sol e de todo o Sistema Solar, com base na perspectiva histórica, trabalha-se principalmente com a habilidade **EM13CNT201** e com a **Competência Geral 1**, que trata de uma visão dos conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo para entender e explicar a realidade.

- **Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da "estória científica"**

Neste último momento da sequência aqui proposta, é hora de desenrolar a "estória científica" para ajudar os estudantes a perceber seu desenvolvimento até aqui e a entender a relação da formação do Sistema Solar com a teoria da evolução estelar. Inicie a aula fazendo uma retomada da "estória científica", perguntando aos estudantes quais foram os principais conceitos abordados até aqui e também fazendo uma checagem do entendimento deles sobre a evolução estelar e a formação do Sistema Solar. Anote os conceitos apresentados por eles no quadro de giz e, se achar viável, proponha organizá-los como um mapa conceitual coletivo pedindo-lhes que proponham maneiras de ligar os conceitos apresentados, escolhendo aqueles que são centrais para o entendimento da questão "Como se formou o Sistema Solar?". Embora os próximos assuntos pareçam distantes do tema,

REPRODUÇÃO

eles estão intimamente relacionados com a compreensão da evolução do Sol e são uma forma de expandir as ideias científicas construídas até aqui.

Comece o levantamento de ideias sobre a questão da existência de vida fora da Terra: "Vocês acham que existe vida fora da Terra?". Essa questão tem motivado a Ciência e vem sendo objeto de elevados investimentos financeiros, por isso pode-se complementar a abordagem com as perguntas: "Por que a Ciência tem tanto interesse em procurar a vida fora da Terra?" e "Como vocês fariam para procurar vida fora da Terra?". Para essas perguntas não existem respostas prontas nem corretas. Em relação aos investimentos em Ciência, a resposta é ampla, mas vai na direção de procurarmos entender melhor as condições que teriam originado e mantido a vida no nosso planeta. Quanto aos métodos de procura, são vários, e pode-se sugerir que os estudantes se aprofundem no estudo fazendo uma pesquisa na internet. Comente com a turma que, atualmente, a área da Ciência que estuda o assunto, e tem se mostrado muito promissora, é a Astrobiologia. Para aprofundar o tema, sugira a leitura da matéria "De dentro da USP, grupo estuda a vida fora da Terra" (PACHECO, 2018), que descreve tanto a área de Astrobiologia quanto os métodos e as motivações para a pesquisa.

Sugira a leitura do tópico **Zona habitável** do Livro do estudante e peça que, em duplas, escrevam quais são as características dessa região. Em seguida, faça uma síntese dessas características no quadro de giz. Desafie os estudantes propondo estas questões: "Quais seriam as consequências para a zona habitável se o Sol fosse maior, por exemplo?" e depois "Como a evolução estelar influencia a zona habitável?". Com isso, pode-se mencionar que é provável que Marte já tenha tido características bem parecidas com as da Terra, pois, por causa do efeito estufa que o planeta sofria, havia água líquida em sua superfície, o que permitiria a existência de vida.

Além da busca por água líquida, é importante destacar que a busca por vida fora da Terra traz a necessidade de encontrar outros elementos químicos, responsáveis pela formação dos aminoácidos, que formam as moléculas vitais. Abreviados pela sigla "CHONPS", são eles: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre. Uma abordagem interessante para aprofundar o assunto pode ser feita por meio de leitura e exploração do Paradoxo de Fermi, que trata da aparente contradição entre as altas estimativas de probabilidade de existência de civilizações extraterrestres e a falta de evidências ou contato com elas. Se desejar aprofundar o assunto, sugira a leitura e promova discussão das ideias principais do artigo: "Paradoxo de Fermi: Ei! Via Láctea! Tem alguém aí?" (SANTOS *et al.*, 2018). Com as atividades propostas, trabalha-se a habilidade **EM13CNT202**, pois elas têm o potencial de desenvolver a capacidade de reconhecer as condições ambientais favoráveis e as limitantes para que haja manifestação de vida na Terra.

Então proponha aos estudantes que reflitam sobre os avanços científicos em relação às pesquisas sobre o Sistema Solar. Faça um levantamento inicial das ideias e sugira a leitura do tópico **Exploração do Sistema Solar** do Livro do estudante, fazendo com a turma uma retomada histórica desses avanços. É importante mencionar informações sobre como a corrida espacial entre Estados Unidos e a antiga União Soviética, no período da Guerra Fria (1945-1991), foi importante para o desenvolvimento científico e tecnológico do mundo. E alguns fatos que podem chamar atenção, como a largada dos soviéticos, que lançaram o primeiro satélite em 1957, Sputnik 1, o primeiro objeto a orbitar a Terra por três semanas. Um mês depois, lançaram o Sputnik 2, que ficou em órbita por 162 dias e também levou o primeiro ser vivo para fora da superfície da Terra – a cadela Laika. Se achar pertinente, proponha aos estudantes que discutam as questões éticas referentes ao envio de um animal para o espaço, considerando que não havia intenção de preservar a vida do animal nem de mensurar o sofrimento pelo qual ele passaria. Por fim, o maior triunfo soviético, que ocorreu em 1961, quando o astronauta Yuri Gagarin foi enviado para o espaço, ficando em órbita por 108 minutos.

Em relação aos Estados Unidos, deve-se mencionar os programas espaciais Apollo, cujo objetivo consistia em mandar um ser humano à Lua, o que só ocorreu em 1969, na missão Apollo 11, quando três astronautas pisaram na Lua e lá permaneceram por duas horas aproximadamente. Ainda sobre os avanços científicos, pode-se destacar o envio de dois veículos não tripulados a Marte (Spirit e Opportunity), que pousaram em diferentes localidades do planeta, com objetivo principal de estudar o solo marciano e determinar a composição das camadas da superfície de Marte, detectando até mesmo evidências da presença de água no passado.

Vale ressaltar que, atualmente, não são apenas os Estados Unidos, por meio da NASA (National Aeronautics and Space Administration), que contam com um programa espacial. A sonda Rosetta, desenvolvida pela Agência Espacial Europeia (European Space Agency – ESA), ficou famosa em 2014 por ser a primeira sonda a orbitar e pousar no núcleo de um cometa para estudar sua atividade enquanto ele se aproximava do Sol.

Pode-se sugerir aos estudantes que pesquisem mais sobre essas missões de exploração do Sistema Solar para reunir as informações de aonde elas chegaram e quais descobertas conseguimos obter por meio delas. Proponha à turma que faça um grande cartaz, com o Sistema Solar, ainda que fora de escala, colocando nele essas missões, onde elas pararam (ou estão atualmente) e qual a função delas. Além das ilustrações – dos planetas, dos objetos celestes e das sondas –, poderão colocar no cartaz informações básicas das missões de exploração, como ano de lançamento, tempo de operação, principais descobertas, país de origem, entre outras que acharem relevantes. Se possível, exponha o cartaz em algum local em que os outros estudantes da escola possam ver e ampliar sua perspectiva a respeito do Sistema Solar.

Por fim, peça aos estudantes que construam, em forma de texto narrativo, a história de origem do Sistema Solar, contemplando desde a formação do Sol até os planetas e os demais corpos celestes. Para isso, eles podem utilizar como base o roteiro de formação do Sistema Solar proposto anteriormente. A história pode ser apresentada em quadrinhos ou ainda ter um formato artístico com um esquema com as informações mais relevantes desse processo. Lembre a turma de considerar desde a origem do Sol, que provavelmente decorreu de uma estrela anterior que explodiu, até o surgimento dos planetas

EDIÇÃO DE PROVA

e dos demais corpos celestes. Assim, poderão explicar a presença dos elementos químicos que compõem a estrutura dos planetas e dos outros objetos do Sistema Solar.

A proposta da história em quadrinhos e da utilização das artes é um movimento importante para o desenvolvimento das **Competências Gerais 1, 2, 3 e 4**, pois os estudantes utilizam a linguagem artística para expressar e partilhar informações científicas, bem como para produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo. Além disso, essa atividade deve ser compartilhada entre os demais estudantes da turma e pode servir como um dos instrumentos de avaliação.

Para a checagem do entendimento e a retomada final da "estória científica", proponha aos estudantes as questões da seção **Atividades**. Nesse momento, circule pela sala de aula observando se eles estão conseguindo retomar os conhecimentos adquiridos ao longo das aulas para a resolução dos problemas. Discuta coletivamente as respostas e as conclusões a que eles conseguiram chegar. De maneira a complementar a avaliação continuada da aprendizagem dos estudantes, proponha a reflexão sobre a questão disposta na seção **Reflita sobre seu aprendizado!**. O trabalho com essa seção proporciona a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Tema 4 – A química da vida

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Discutir diferentes hipóteses e teorias sobre o surgimento da vida na Terra propostas em diferentes épocas e compará-las com as teorias científicas aceitas atualmente, reconhecendo os limites explicativos de modelos científicos.
- Analisar a estrutura química provável da primeira célula, assim como as condições ambientais favoráveis e limitantes à sua formação.
- Reconhecer que as alterações na Ciência são lentas, graduais, coletivas e difusas, sendo capaz de perceber essas características no episódio histórico da síntese da ureia.
- Explicar as possibilidades de existência de vida em diferentes pontos do Universo relacionando a sua composição e estrutura química.
- Reconhecer a Ciência como mutável, percebendo os limites explicativos de modelos científicos que podem ser substituídos, notando essa característica nos modelos de ligação química.
- Relacionar as propriedades dos materiais com suas estruturas e interações químicas para explicar e avaliar a adequação de seus usos em diferentes aplicações.

Subsídios para o planejamento

O Tema 4 deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Química**. Tem como foco discutir o papel da água e compostos orgânicos na origem da vida e na formação da primeira célula na Terra, contextualizando o estudo das propriedades das substâncias moleculares, relacionando com suas estruturas, formação de ligações químicas e interações intermoleculares.

A sugestão didática para este Tema é inspirada nos ciclos da metodologia ativa da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). Portanto, para o desenvolvimento da atividade, divida a turma em grupos e proponha questões-problema que deverão ser solucionadas por eles. Essa estratégia visa desenvolver a **Competência Geral 2** da BNCC, já que estimula os estudantes a exercitarem sua curiosidade intelectual e se envolverem em atividades próprias das Ciências, como a geração de hipóteses e a investigação e resolução de problemas.

O desenvolvimento da atividade deve ser dividido em três momentos:

- Primeiro momento: os estudantes deverão ser apresentados a um cenário que contextualiza o Tema a ser estudado e a questão-problema que eles deverão investigar. Deverão depois identificar o que já sabem sobre o cenário apresentado e gerar algumas hipóteses para a resolução das questões-problema. A partir dessas hipóteses, os estudantes deverão, com a sua ajuda, identificar quais as informações e os conteúdos que eles precisam estudar e pesquisar para resolver as questões levantadas.
- Segundo momento: tradicionalmente é caracterizado pela aprendizagem autodirigida dos grupos. No caso dessa atividade, para orientar melhor a aprendizagem dos estudantes, utilizaremos uma dinâmica inspirada nas diretrizes do *World Café*. Os estudantes serão apresentados a alguns questionamentos-chave que nortearão seus estudos em casa, utilizando o Livro do estudante como material base e complementando o estudo com pesquisas realizadas em fontes confiáveis. Os estudos e pesquisas dos estudantes deverão ser compartilhados com os grupos para discussão e conexão de ideias. Depois disso, será realizada uma conversa em que todos compartilharão suas ideias e descobertas. Por fim, você sintetizará as ideias e realizará um fechamento para que os estudantes compreendam os conteúdos necessários para a aprendizagem do Tema, que resolvam as lacunas daquilo que eles precisam saber para resolver as questões-problema.
- Terceiro momento: munidos das novas informações e conteúdos que foram estudados e investigados nos momentos anteriores, os estudantes deverão aplicar, compartilhar, debater e avaliar até que o grupo alcance uma ou mais conclusões sobre as questões-problema. Se as questões forem resolvidas, o grupo deve compartilhar suas conclusões com a sala. Caso não consigam resolver, um novo ciclo deve iniciar.

Essa estratégia também pode mobilizar elementos das **Competências Gerais 4, 7 e 9**, já que ela envolve a cooperação dos estudantes em torno de um problema em que precisam utilizar a linguagem científica para comunicar, argumentar, negociar e defender ideias por meio do diálogo com o outro.

Peça para que os estudantes registrem em cada momento as atividades realizadas, que podem ser usadas por você como elemento de avaliação. O seu papel em todo o processo é, em

MANUAL DO PROFESSOR

cada encontro em sala de aula, verificar o andamento dos grupos, sugerir caminhos possíveis, fontes de pesquisa e, principalmente, direcionar os estudantes para que cheguem às respostas das questões-problema utilizando os conteúdos trabalhados no Livro do estudante, o que propiciará o desenvolvimento de conhecimentos e, portanto, a **Competência Geral 1.**

- **Primeiro momento**

Inicialmente, apresente o seguinte cenário aos estudantes que contextualiza e realiza a abertura do Tema:

A água é considerada uma substância essencial para a vida na Terra, constituindo mais de 70% da massa da maioria dos organismos vivos, sendo a substância mais abundante nesses sistemas. Sem dúvidas, o primeiro organismo nasceu em um ambiente que continha água, e suas propriedades foram essenciais para a evolução da vida na Terra. Por esse motivo, muitas pesquisas relacionadas à busca por vida extraterrestre procuram evidências da presença de água em vários pontos do Universo. As primeiras civilizações emergiram sempre à margem desse componente importante e indispensável. A água também significa vida aos seres humanos, pois tivemos que desenvolver mecanismos para retê-la em nosso corpo, regulando nossa temperatura e sendo essencial para a maioria de nossas funções vitais. Também usamos a água para o preparo de alimentos, na agricultura, nas indústrias, para consumo, limpeza e higiene.

Depois, apresente as seguintes questões-problema que deverão nortear os estudos dos estudantes:

Europa, uma das quatro principais luas de Júpiter, consiste em um importante campo de estudo da Astrobiologia, já que uma das características mais marcantes deste satélite é a presença de água. Por que são importantes as pesquisas sobre corpos celestes que contenham água? Quais as propriedades da água que conferem a ela importância para a descoberta de vida extraterrestre? Qual a importância da água na origem e manutenção da vida na Terra?

- No surgimento da primeira célula, além da água, compostos orgânicos foram importantíssimos para sua formação. Biomoléculas como aminoácidos, carboidratos e lipídios são encontradas em concentrações muito pequenas na crosta da Terra, na água e no ar. Como então o primeiro organismo vivo adquiriu seus blocos de construção orgânicos necessários para formar a primeira célula?
- Muitos cientistas, que defendem as células, como as primeiras criações, argumentam que é muito difícil imaginar o surgimento de uma estrutura tão complexa que não esteja separada de seu meio ambiente. Nesse sentido, qual o papel e a estrutura química provável das primeiras membranas capazes de separar a célula de seu meio extracelular?

Fontes consultadas: DUARTE, H. A. Água – uma visão integrada. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 4-8, 2014. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/08/03-CTN1.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020. NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. ZAIA, D. A. M.; ZAIA, C. T. B. V. Algumas controvérsias sobre a origem da vida. *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1599-1602, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v31n6/a54v31n6.pdf>. Acesso em: 19 maio 2020.

Depois de apresentadas as questões-problema, oriente os estudantes a se organizarem em grupos e a construírem uma tabela com 2 colunas, preenchendo-as da seguinte forma:

- O que eu sei sobre o assunto? Instigue os estudantes a registrarem seus conhecimentos sobre a problemática para que tomem consciência da aprendizagem já adquirida.
- O que preciso saber sobre o assunto? Incentive-os a listarem os conteúdos que deverão aprender, a formular perguntas e elaborar hipóteses relativas ao problema investigado.

Neste momento, visite cada um dos grupos observando o engajamento dos estudantes na construção das tabelas. Em seguida, peça para os grupos compartilharem suas respostas, enquanto você toma nota das palavras-chave no quadro, promovendo uma discussão com toda a turma. Para melhor orientá-los e direcioná-los para a aprendizagem dos conteúdos presentes neste Tema, faça alguns questionamentos-chave para que os grupos realizem pesquisas em fontes confiáveis e estudem em casa: "Quais são as hipóteses e controvérsias sobre a origem da vida que permitem explicar o surgimento da primeira célula?"; "Qual a estrutura provável dessa primeira célula?"; "Quais as propriedades da água que explicam seu papel no surgimento da vida e na manutenção da vida na Terra?"; "Quais as propriedades dos compostos orgânicos que explicam seu papel no surgimento da vida?"; "Por que o conceito de composto orgânico já foi problemático na Ciência?"; "O que é Astrobiologia e o que ela estuda?"; "Recentemente, notícias têm reportado sobre a descoberta de açúcares em meteoritos que caíram na Terra. Quais as evidências de que os açúcares tenham sido trazidos de fora da Terra?"; "Do ponto de vista químico, o que explica as propriedades de materiais como a água e os compostos orgânicos?". O debate dessas questões pode contribuir no desenvolvimento da capacidade de argumentação dos estudantes, favorecendo, assim, a **Competência Geral 7**.

Essa estratégia favorece que os estudantes caminhem do mundo macroscópico para o mundo submicroscópico. Para responder às questões-problema, espera-se que os estudantes compreendam as propriedades dos materiais que fazem parte dos sistemas que estão estudando. Para entender essas propriedades, deverão entender como as moléculas presentes nesses materiais se formam, se estruturam no espaço e interagem entre si. Dessa forma, espera-se que os estudantes compreendam o Tema em sua integralidade, mas caminhando a partir das propriedades observáveis das substâncias (nível fenomenológico) para então compreender os modelos de ligação e interação (nível atômico-molecular) que podem explicar os diferentes comportamentos dos materiais.

- **Segundo momento**

O segundo momento é destinado ao estudo e discussão dos questionamentos-chave propostos no primeiro momento utilizando a dinâmica do *World Café*. Para iniciar essa atividade, oriente aos estudantes para que estudem e pesquisem em casa as respostas dos questionamentos-chave. Sugira o Livro do estudante como material base de fonte de estudo além de outras fontes confiáveis de pesquisa, como a plataforma da Scielo, o Portal da Capes, as plataformas de busca das

EM PROVA

revistas *Química Nova* e *Química Nova na Escola*, da Revista *Pesquisa Fapesp*, entre outras. Para ajudar o aprofundamento conceitual e a aprendizagem dos estudantes, segue uma lista de textos que podem ser sugeridos a eles que estão presentes na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*: Sobre a origem da vida, formação das células e membranas: Os trabalhos de Zaia (2003), Zaia e Zaia (2008) e Rampelotto (2012); Propriedades da água: O artigo de Duarte (2014), "Água – uma visão integrada"; Compostos orgânicos: Os dois relatos históricos extraídos do artigo de Vidal e Porto (2011); Fórmulas químicas: O artigo de Mortimer (1996), "H_2O = água: o significado das fórmulas químicas" e sobre Interações intermoleculares: O texto de Rocha (2001).

No segundo passo, reúna os estudantes em seus grupos formados no primeiro momento e peça para que eles debatam e discutam as respostas para os questionamentos-chave. Estimule a contribuição de todos, encorajando que cada integrante de cada grupo traga sua contribuição. Idealmente, os grupos devem conter de 4 a 5 integrantes, sendo que uma delas deve ser o "anfitrião" do grupo. O anfitrião permanecerá na mesa a cada rodada, sendo os outros integrantes os "viajantes", que trocam de mesa a cada rodada. Estabeleça rodadas de conversação e trocas entre 10 a 15 minutos, suficientes para que o debate seja desenvolvido. Explique para os estudantes que a função do anfitrião é dar boas-vindas aos novos membros do grupo, estimular que expressem suas ideias e estabelecer a conexão entre eles. Na última rodada, os viajantes voltam ao seu grupo inicial, devendo sintetizar suas descobertas e seus aprendizados. Ao final do processo, realize uma roda de conversa em que todos os grupos compartilhem suas experiências e aprendizados, cabendo a você realizar uma síntese e um fechamento, explorando as lacunas, equívocos, concepções alternativas e dificuldades conceituais dos estudantes desenvolvidos durante o processo.

Veja a seguir comentários sobre os conteúdos abordados no Tema 4 que poderão auxiliar você na discussão final com os estudantes.

Sobre a origem da vida, questione os estudantes sobre suas diferentes hipóteses, teorias, consensos e controvérsias. Ainda, verifique se compreendem o caráter de evolução do pensamento científico e que existem lacunas nas hipóteses explicativas da Ciência sobre esse assunto, favorecendo a apreensão da habilidade **EM13CNT201** e a **Competência Geral 1**. Fique atento às concepções alternativas dos estudantes, que, normalmente, tendem a confundir a origem da vida com a origem do Universo e dão pouca importância à evolução química. Para mais discussões, consulte o artigo "Origem da vida: como licenciandos em Ciências Biológicas lidam com este tema na seção" (NICOLINI; FALCÃO e FARIA, 2010), disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Leve-os a compreenderem o conteúdo como complexo e que possui uma pluralidade de teorias e hipóteses. Oriente-os a observar alguns consensos: (1) há a hipótese de existência de vida em outros pontos do Universo, visto que moléculas orgânicas simples têm sido encontradas fora da Terra; (2) a hipótese química prebiótica tem sua base na conjunção de que vários eventos abióticos teriam dado origem a moléculas orgânicas simples; e (3) a formação das primeiras biomoléculas pode ter tido mais de uma origem. Também leve-os a considerar que cientistas apontam que membranas foram importantes no processo de evolução celular devido à sua propriedade de criarem microambientes dentro das células capazes de manter uma composição interna diferente da do meio extracelular. Essas membranas podem ter sido inorgânicas ou orgânicas, essas últimas formadas principalmente por fosfolipídios. Verifique também se os estudantes compreendem o papel da água na solubilização e solvatação de íons e moléculas orgânicas pequenas e polares no surgimento da primeira célula. Também verifique suas compreensões sobre a proposta de que a adsorção de biomoléculas por argilas e areia, abundantes na Terra primitiva, serviram como os primeiros catalisadores na formação de RNA. Essas discussões favorecem a apreensão das habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT209**, já que permitem que o estudante compreenda as condições ambientais favoráveis e limitantes à formação da primeira célula, sua provável estrutura e as condições necessárias para a existência de vida em outros pontos do Universo.

Sobre os açúcares encontrados em meteoritos (ribose, arabinose e xilose), utilize como exemplo que, na Terra, a vida prefere isótopos de C-12 em relação ao C-13. Entretanto, os açúcares encontrados nos meteoritos tinham uma composição mais enriquecida de C-13 comparada com os açúcares terrestres, dando corpo à hipótese de que esses vieram do espaço. O trabalho de Rampelotto (2012) pode ser analisado com os estudantes para discutir como nossa visão sobre a vida à base de água e carbono pode ser limitada, sendo que outras "químicas da vida" podem ser possíveis em outros pontos do Universo, reconhecendo os limites explicativos da Ciência.

Evite que os estudantes desenvolvam compreensões fragmentadas desnecessárias entre a Química Orgânica e Inorgânica, o que pode prejudicar uma visão mais integrada do estudante sobre o assunto. Leve-os a admitir que as propriedades dos materiais estão relacionadas aos modelos de ligações químicas e às interações intermoleculares, independentemente de classificações. Ao discutir as propriedades da água, leve os estudantes a compreender suas várias propriedades específicas que poderão utilizar para explicar diferentes fenômenos relacionados a ela, como seu alto calor específico e alta condutividade térmica na forma líquida, seu elevado calor de fusão e baixa condutividade térmica na forma sólida, sua menor densidade na forma física em relação à forma líquida, seu calor de vaporização elevado, a importância do ciclo das chuvas, sua alta tensão superficial, baixa viscosidade e alta constante dielétrica. Além disso, por meio dessa discussão, conduza os estudantes a perceberem que essas propriedades específicas têm relação com o modo como as moléculas de água se formam, se ligam, se estruturam no espaço e interagem entre si e com outros materiais. Oriente-os a generalizarem essa conclusão para todos os materiais, já que suas propriedades estão atreladas às suas interações químicas (interações entre os átomos e entre as moléculas). As discussões sobre as propriedades dos materiais visam desenvolver a habilidade **EM13CNT307**, haja vista que as propriedades da matéria e suas possíveis aplicações são contempladas.

SEM MODERNA

Utilize os exemplos mencionados da ribose, arabinose e xilose para iniciar o estudo dos compostos orgânicos relacionando com os açúcares encontrados nos meteoritos. Depois, ao discutir o significado das fórmulas químicas, utilize esses exemplos para discutir que a fórmula molecular de uma substância é uma representação limitada para representar a complexidade dos materiais, já que os três açúcares mencionados possuem a mesma fórmula mínima. Essa ponte entre os conteúdos mostra aos estudantes a continuidade do aprendizado e como os assuntos podem ser interligados. Além disso, o trabalho científico apresentado sobre os meteoritos relaciona diferentes assuntos de Ciências da Natureza, como a detecção de espécies químicas em materiais de origem extraterrestre que podem estar relacionadas à origem da vida na Terra e, possivelmente, em outros corpos celestes. Você pode explorar esse assunto de modo que os estudantes percebam a integração entre os diversos temas abordados nessa Unidade.

Para a discussão sobre os compostos orgânicos, o professor pode se aprofundar nesse tema fazendo leitura do artigo de Vidal e Porto (2011), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Destaque a importância de os estudantes compreenderem que o conceito de composto orgânico e sua distinção entre os inorgânicos sempre foi problemático e apresentava algumas contradições desde o início de suas primeiras definições. O artigo aponta que em 1819, Berzelius, químico sueco, publicou, em seu livro *Ensaio sobre a teoria das proporções químicas*, que todos os compostos orgânicos deveriam possuir oxigênio em sua estrutura, levando a crer que o gás carbônico poderia ser considerado orgânico. Jean Baptiste Dumas, químico, político e acadêmico francês, defendeu em 1828 que o naftaleno e o gás carbônico eram compostos inorgânicos. O químico alemão Eilhard Mitscherlich, por sua vez, em 1835, considerou a amônia e o gás carbônico como compostos de natureza orgânica. A própria teoria da força vital apresentava um conjunto grande de concepções diferentes, como, por exemplo: 1) os seres vivos poderiam produzir compostos orgânicos devido à sua composição instável e complexa; 2) as transformações que envolviam compostos orgânicos eram orientadas por forças diferentes das transformações dos compostos inorgânicos; e 3) a afinidade química era responsável pelas transformações inorgânicas e a força vital era responsável pelas transformações orgânicas. Leve os estudantes a compreenderem que o episódio histórico da síntese da ureia não foi suficiente para derrubar uma teoria tão complexa e abrangente como o vitalismo (a defesa da teoria da força vital). Afinal, um único experimento não é suficiente para descartar uma teoria complexa e expressiva em uma comunidade de cientistas. Outros experimentos na época contribuíram para o declínio da teoria da força vital, como, por exemplo, a síntese do ácido acético a partir de substâncias simples de origem inorgânica, experiência esta realizada em 1845 pelo químico alemão Adolph Hermann Kolbe. Deixe claros os construtos históricos da Ciência, de modo que os estudantes percebam que sua evolução é lenta, gradual, coletiva e difusa. Isso favorece o aprimoramento da habilidade **EM13CNT201** e da **Competência Geral 1**. Questione os estudantes se o termo "orgânico" na linguagem da Química tem um significado diferente de quando usado para se referir aos resíduos sólidos orgânicos. Leve-os a reparar que, apesar do declínio do vitalismo, esse termo continua sendo usado para se referir ao "que vem de organismos vivos". Ele é empregado, por exemplo, para mencionar resíduos orgânicos, aqueles formados por restos de seres vivos como plantas e animais. No entanto, outros tipos de materiais como plásticos e borracha, que não são considerados resíduos sólidos orgânicos, também fazem parte dessa classe de compostos. Ressalte que nem todas as substâncias que apresentam átomos de carbono são orgânicas e que essa diferenciação é feita pela análise das propriedades físicas e químicas dos compostos. Para que isso fique claro, apresente exemplos de alguns compostos inorgânicos, como óxidos e sais, que apresentam átomos de carbono em sua composição e questione se esses deveriam ser considerados orgânicos ou inorgânicos.

Espera-se que essas leituras e discussões levem os estudantes a compreenderem que, para explicar adequadamente as propriedades dos materiais, devem estudar seus modelos de interações químicas. A abordagem didática escolhida para este Tema, pretende mostrar os modelos de ligação química e de interação como modelos que explicam o comportamento dos materiais sem que apareçam de forma descontextualizada. Isso evita que os estudantes pensem que as ligações químicas podem ser vistas, permitindo-lhes a partir de sua visualização classificar os materiais. Na verdade, é a partir do comportamento observável das propriedades das substâncias que os modelos são construídos.

Questione os estudantes então como podemos explicar a ligação entre os átomos e a formação de diferentes moléculas no Universo. Evite que eles expliquem o modelo de ligação covalente pela regra do octeto. O conceito de octeto deve ser estudado pela sua importância histórica, mas leve os estudantes a perceberem e elencarem suas limitações, aprimorando o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201** e da **Competência Geral 1**. Entre as limitações, sugira que pesquisem as descobertas sobre a reatividade do gás xenônio pelo químico inglês Neil Bartlett. A motivação dos experimentos de Bartlett surgiram da observação de que o PtF_6 pode oxidar o O_2 para formar o sólido vermelho $O_2^{+}[PtF_6]^{-}$. Como sabia que a energia de ionização do xenônio é similar à do gás oxigênio, conduziu a reação entre o PtF_6, um gás vermelho, e o Xe, um gás incolor. O resultado foi a formação de um sólido laranja-amarelo inicialmente identificado como $XePtF_6$ (hoje sabemos que a reação é complexa e leva a um produto, ou produtos, de composição que ainda não é clara). A descoberta de Bartlett abriu caminho para a descoberta da química dos gases nobres e estima-se que hoje se conheçam mais de 100 compostos formados por esses gases. Outras exceções, que já haviam sido encontradas por Lewis, são moléculas estáveis com números ímpares de elétrons de valência como NO, NO_2 e ClO_2, com 11, 17 e 19 elétrons, respectivamente. Nesses casos, um dos átomos não completa o octeto, ficando com um elétron desemparelhado. Questione-os então como podemos explicar a estabilidade das ligações químicas. Leve os estudantes a preferirem as abordagens relacionando a formação da ligação química ao abaixamento da energia potencial do sistema, sendo esse o responsável pela estabilidade da ligação. Para mais discussões sobre essa crítica, leia o trabalho de Mortimer, Mol e Duarte

MANUAL DO PROFESSOR

(1994). Sobre o modelo de ligação covalente, reforce que a ideia de superposição de orbitais para a formação de ligações químicas engloba o modelo de compartilhamento de pares de elétrons de Lewis. Como Lewis, em seus trabalhos, acabou abordando muito do que é apresentado nesse Tema, sugere-se, para seu aprofundamento, a leitura do trabalho de Filgueiras (2016). Esses trabalhos estão disponíveis na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Deixe claro que fórmulas químicas são representações gráficas das moléculas e não suas estruturas reais. A ideia inicial de fórmula química surgiu como forma de representar as quantidades das substâncias elementares que se combinam para a formação de uma molécula, para depois começar a representar suas ligações químicas e como elas se estruturam no espaço. Apesar de não ter nenhuma evidência de como era a realidade molecular, os cientistas passaram a imaginá-las dessa forma, o que permitia explicar algumas propriedades das substâncias. Verifique se os estudantes associam as fórmulas químicas à sua importância para explicar várias de suas propriedades. No entanto, assegure que eles compreendem que a fórmula não passa de uma representação da substância, devendo ser usada apropriando-se das informações que ela nos fornece, tomando cuidado para não confundir sua representação com sua realidade complexa, muito mais que aquilo que traços, letras e números representam.

Atente à compreensão dos estudantes sobre a polaridade das ligações químicas, geometria das moléculas e sua polaridade. Estudos mostram que os estudantes têm dificuldades de visualização tridimensional e confundem o arranjo dos pares de elétrons e geometria molecular, esquecendo-se da contribuição dos elétrons não ligantes para a geometria da molécula. O uso de modelos concretos tridimensionais pode auxiliar a visualização das estruturas 3-D. Incentive, durante o estudo desse assunto, que os estudantes construam os próprios modelos tridimensionais, selecionando os materiais mais adequados com base em fatores como disponibilidade, custo e durabilidade do material. O modelo elaborado também deve ser de fácil manuseio e visualização. Outra estratégia é utilizar a simulação presente na seção **Fique por dentro** sobre Geometria molecular, que possibilita, além da mobilização da **Competência Geral 5**, a construção de diferentes moléculas e a visualização tridimensional de sua geometria. Outra concepção alternativa dos estudantes é a de que ocorre o compartilhamento igualitário dos elétrons em todas as ligações covalentes. Para isso é necessário retomar o conceito de eletronegatividade e se assegurar da compreensão dos estudantes. Comente com eles que a eletronegatividade está relacionada a duas propriedades dos átomos isolados: a energia de ionização e a afinidade eletrônica. Se possível, verifique se os estudantes lembram e sabem interpretar essas propriedades, apresentadas no Tema 2. Mencione também que a existência de diferentes escalas de eletronegatividade, como a proposta em 1934 pelo químico estadunidense Robert Mülliken, é um exemplo da pluralidade de abordagens e soluções que um problema científico pode apresentar, mas frise que é comum os livros didáticos trabalharem com a escala proposta por Pauling. Por fim, os estudantes costumam confundir a polaridade da ligação química com a da molécula, apresentando dificuldades com a soma de vetores. Para mais discussões sobre as concepções dos estudantes sobre esse assunto, consulte o trabalho de Fernandez e Marcondes (2006), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

No estudo das interações intermoleculares, uma importante discussão a ser feita com os estudantes é que a molécula de determinado material não possui suas propriedades. A molécula não congela, não ferve e não dissolve outras moléculas. Os materiais têm propriedades que são manifestadas pela interação entre inúmeras entidades em sua constituição, já que os constituintes de todas as substâncias químicas não são encontrados isolados. É da interação entre eles que são manifestadas as propriedades de todas as substâncias que conhecemos. Atente para as possíveis confusões que os estudantes podem estabelecer sobre esse conteúdo. É comum que eles confundam ligações químicas com interações intermoleculares, principalmente em termos de magnitude. Os estudantes também não costumam relacionar as propriedades físicas e químicas das substâncias com suas interações e apresentam dificuldade em interpretar o significado da ligação de hidrogênio. Consulte a revisão de Miranda, Braibante e Pazinato (2018) para mais discussões a respeito. Aproveite os sistemas estudados para instigar os estudantes a relacionarem as propriedades das substâncias com suas interações características. As propriedades da água podem ser discutidas em termos da formação de ligações de hidrogênio mais intensas que as interações do tipo dipolo-dipolo, características de moléculas polares. A hidrofilicidade de fosfolipídios pode servir para a discussão das interações do tipo íon-dipolo e sua lipofilicidade, em termos de interações do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido. Apesar disso, leve os estudantes a generalizarem suas conclusões para outros sistemas, tanto para moléculas simples como para as biomoléculas.

- **Terceiro momento**

O terceiro e último momento destina-se à resolução das questões-problema. Munidos das novas informações, os estudantes devem aplicar o conhecimento aprendido e debater até chegarem às suas conclusões. Esse momento de debate favorece a habilidade **EM13CNT302**, pois os estudantes são instigados a se comunicarem sobre temas científicos, posicionando seus argumentos, ideias e dúvidas. Como forma de apresentação final e instrumento de avaliação para o aprendizado, oriente os estudantes a fazerem uma apresentação na forma de *pitch* (breve apresentação). Cada grupo deve produzir um vídeo curto, de três a cinco minutos, com foco na resolução final para as questões-problema. Os vídeos podem ser no formato de apresentação de *slides* explicativos, no formato de um documentário com um narrador apresentando as soluções finais, ou até a filmagem de uma reunião em que os integrantes debatem as conclusões alcançadas. Para a edição dos vídeos, os estudantes podem usar o programa *Movie Maker* ou similares. Depois da elaboração dos vídeos, os estudantes devem publicar seus vídeos em plataformas gratuitas e enviar o *link* para toda a turma, para que todos tenham acesso a cada um dos vídeos. Para a avaliação dos vídeos, prepare um

EM MODERNA

formulário eletrônico no qual os estudantes possam analisar os vídeos dos outros grupos e do próprio grupo em uma escala variando entre Excelente, Regular e Precisa Melhorar segundo os seguintes critérios: criatividade, linguagem, qualidade do vídeo e conteúdo. Verifique se os estudantes conseguem mobilizar os conhecimentos aprendidos para a resolução dos problemas. Assegure-se de que nas questões os estudantes: se basearam principalmente na ideia de que as biomoléculas surgiram primeiro por evolução química, trazendo suas hipóteses e controvérsias; compreenderam o papel da água como solvente; compreenderam o papel da água na regulação do clima no planeta e da temperatura dos organismos vivos; compreenderam as diferenças entre a água na forma líquida e a água na forma sólida, principalmente a capacidade dessa última de manter a vida em ambientes muito frios; compreenderam a importância da alta tensão superficial da água e sua baixa viscosidade, principalmente para sua capacidade de penetração em membranas semipermeáveis; compreenderam sua alta constante dielétrica, sendo capaz de solubilizar muitos sais minerais importantes para a manutenção da vida; compreenderam a importância da formação de moléculas de RNA, que podem ter sido os primeiros genes e catalisadores; compreenderam o papel das interações químicas na formação de membranas com base em fosfolipídios, que possuem uma região polar e outra apolar, permitindo assim sua estabilidade e a criação de microambientes aquosos isolados do meio extracelular.

Ao final, sugira a resolução das questões da seção **Atividades** para avaliação da compreensão dos estudantes sobre o Tema. Também utilize as anotações dos educandos ao longo dos três momentos e as discussões finais para realizar eventuais correções e aprofundar alguns tópicos caso seja necessário. Verifique em todos os momentos a postura dos estudantes e sua evolução contínua. Para complementar a avaliação continuada da aprendizagem dos estudantes, proponha a reflexão sobre a questão disposta na seção **Reflita sobre seu aprendizado!**, dando oportunidade para a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Tema 5 - Origem e evolução da vida na Terra

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Compreender as teorias sobre o surgimento e a evolução da vida propostas em diferentes épocas e culturas.
- Discutir explicações distintas sobre o surgimento e a evolução da vida, comparando-as com teorias científicas aceitas atualmente.
- Identificar as diversas formas de vida e seus diferentes níveis de organização ao longo da evolução geológica.
- Entender os efeitos de intervenções nos ecossistemas, seus impactos nos seres vivos, com base nos mecanismos de manutenção da vida.
- Compreender os princípios da evolução biológica, considerando a origem da vida, a diversificação e a dispersão das espécies pela Terra.
- Elaborar hipóteses sobre o mecanismo de seleção natural com base em resultados experimentais, de modo a justificá-las sob uma perspectiva científica.

Subsídios para o planejamento

O conteúdo deste tema deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Biologia**. Levar os estudantes a compreender a evolução como um dos aspectos unificadores da Biologia é um dos desafios do ensino das Ciências. Assim, considerando a densidade dos assuntos e sua importância fundamental para o estudo da vida, são apresentadas algumas sugestões para o trabalho com o conteúdo, que incluem atividades que objetivam dinamizar as aulas e evitar que elas sejam puramente expositivas. Contudo, as atividades propostas requerem planejamento antecipado para que os estudantes possam se preparar adequadamente.

• 1ª etapa: Origem da vida e suas teorias

Inicie o estudo desses conteúdos utilizando o método da sala de aula invertida. Explique aos estudantes que nesta etapa serão abordados os eventos que levaram ao surgimento dos primeiros seres vivos e das primeiras células, bem como as teorias que embasaram esse conhecimento. Recomende aos estudantes que leiam o texto de Damineli e Damineli (2007), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* os seguintes tópicos: "O que é vida?", "A química prebiótica" e "Quando ocorreu a origem da vida?". No Livro do estudante, eles devem fazer a leitura dos tópicos **Teorias da origem da vida** e **Indícios dos primeiros seres vivos**. Os estudantes devem utilizar essas indicações para criar uma lista das transformações físico-químicas pelas quais o planeta passou, relacionando-as aos eventos que culminaram na origem da vida na Terra. Essas atividades devem ser realizadas em período extraclasse. Em sala de aula, discuta com os estudantes as informações adquiridas por eles e esclareça as dúvidas. Faça um pequeno resumo dos principais eventos que influenciaram na origem da vida e construa no quadro de giz uma lista colaborativa compilando as informações encontradas pelos estudantes sobre as transformações ocorridas no planeta, bem como a relação destas com a origem da vida. Em seguida, solicite aos estudantes que utilizem a lista conjunta para comparar com a própria lista e identificar informações faltantes ou equivocadas. Complemente esse estudo realizando uma atividade no laboratório de informática, onde a turma terá a oportunidade de utilizar uma simulação de computador para compreender os passos da origem da vida. Peça que acessem o *site* do jogo "Cell to Singularity – Evolution never ends", indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Vale ressaltar que o jogo está disponível tanto na internet quanto em lojas de aplicativos para *smartphones*.

Caso opte por utilizar a versão para *smartphones*, solicite apoio do professor do componente curricular **Língua Inglesa**, pois o jogo em aplicativo está disponível apenas nesse idioma. Utilizando a versão na *web*, os estudantes terão oportunidade de fazer uma simulação sobre a evolução da Terra e a origem

e evolução da vida. De forma geral, eles precisam dar cliques na tela para coletar entropia e utilizar essa entropia para conquistar ramos da "árvore tecnológica da vida". Cada ramo conquistado apresenta um cartão informativo do seu papel na origem da vida. Cada item adquirido com a entropia eleva o ganho de entropia por clique. O jogo é contínuo e, além de trabalhar as mudanças essenciais para o aumento do nível de complexidade da vida na Terra, permite aos estudantes trabalhar com acontecimentos recentes, como a origem do ser humano, o surgimento da agricultura e a revolução industrial. Introduzir o jogo nesse momento inicial do estudo do Tema 5 será de grande valia para que os estudantes se familiarizem com acontecimentos importantes na evolução da vida, que serão trabalhados posteriormente neste Tema.

Na hipótese de a atividade com o jogo ser realizada com o uso de aplicativo para *smartphones,* ela favorecerá a interação com o professor de Língua Inglesa, desenvolvendo a habilidade **EM13LGG403**, uma vez que os estudantes serão convidados a utilizar o idioma inglês para compreender o jogo. Nesta etapa do estudo do Tema, também é trabalhada a habilidade **EM13CNT202**, porque a atividade integra os conteúdos relacionados à organização dos seres vivos, utilizando tecnologias digitais, e favorece o levantamento e as interpretações de questões relacionadas ao planeta. As **Competências Gerais 5 e 10** são exploradas por meio da utilização de tecnologias digitais para acessar conhecimentos e exercer protagonismo no aprendizado.

Continue as atividades desta etapa propondo aos estudantes a elaboração e a encenação de uma peça teatral sobre as teorias de origem da vida. Peça que formem seis grupos e distribua entre eles o nome do cientista – Aristóteles, Helmont, Redi, Needham, Spallanzani e Pasteur – que cada grupo deverá pesquisar. Informe que a peça deverá durar até 15 minutos e versar sobre a vida, a obra e a hipótese científica defendida pelo cientista pesquisado. Lembre aos estudantes de destacar as crenças desses pesquisadores e como elas influenciaram suas escolhas e suas descobertas. Além da encenação, o grupo também deve entregar um texto com o resumo do enredo e as principais ideias do pesquisador em sua hipótese sobre a origem da vida.

Ao final das encenações, promova um debate com a turma sobre as ideias apresentadas, ressaltando os conceitos de biogênese e abiogênese. Aproveite o momento para discutir a importância dos experimentos realizados por Pasteur para evidenciar que, nas condições atuais da vida na Terra, os seres vivos só se originam a partir de outros preexistentes, o que constitui o conceito de biogênese. Comente também que a geração espontânea só tinha força quando era embasada por uma crença em uma força sobrenatural responsável por criar a vida. Esse é um momento oportuno para que os estudantes relembrem como são desenvolvidos os procedimentos experimentais científicos: levantamento e teste de hipóteses e experimentos controlados e com repetições amostrais. Peça aos estudantes que identifiquem esses procedimentos nas informações pesquisadas para as apresentações. Aproveite o momento de discussão sobre dinamicidade e o caráter mutável da Ciência para abordar outras formas de explicação da origem da vida e do Universo. Sugira a leitura do **boxe +**, que trata da origem do Universo e da vida por populações indígenas, possibilitando a valorização do conhecimento tradicional e, consequentemente, mobilizando a **Competência Geral 3**.

Finalize esta etapa pedindo aos estudantes que respondam às questões da seção **Atividades** do Livro do estudante e verifique se eles compreenderam o conteúdo estudado. Esta etapa do estudo do Tema 5 trabalha diretamente as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT301** e as **Competências Gerais 1 e 2**, uma vez que aborda as hipóteses da origem da vida, os fatores históricos que influenciaram os cientistas que as preconizaram e o percurso científico para propor leis e teorias.

As encenações também permitem desenvolver parcialmente a habilidade **EM13LP16**, uma vez que requer a análise e a produção de textos orais e o emprego de elementos relacionados à fala, como entonação, modulação e ritmo, bem como aos elementos da postura corporal, como os movimentos, a gestualidade e a expressão facial. Esses aspectos favorecem o desenvolvimento das **Competências Gerais 3, 4 e 9**, pois elaboram uma produção artística, na qual são utilizadas diferentes linguagens para expressar o conhecimento sobre os cientistas que propuseram hipóteses sobre a origem da vida. Os estudantes também são convidados a conhecer o momento cultural em que o cientista estudado viveu e como isso impactou suas concepções, além do trabalho em equipe que fomenta o exercício do diálogo, da empatia e da cooperação.

Não deixe de incentivar os estudantes a buscar as sugestões de materiais disponíveis no **Fique por dentro**. Além de complementarem e aprofundarem os conteúdos apresentados no livro-texto, favorecem o uso de tecnologias digitais e, portanto, auxiliam no desenvolvimento da **Competência Geral 5**.

- **2ª etapa: Primeiras células**

Para desenvolver esta etapa, utilize a aula dialogada com foco na leitura compartilhada e na interpretação de texto. Pergunte aos estudantes se eles sabem como varia a relação entre a superfície e o volume de um sólido. Se eles apresentarem dificuldades, peça-lhes que imaginem (ou leve para mostrar) duas esferas de tamanhos distintos e, a partir daí, eles devem inferir como varia a relação superfície-volume de forma bem simplificada. Anote no quadro de giz as respostas dadas por eles. Recomende que registrem no caderno as respostas compiladas no quadro para que sejam revalidadas posteriormente.

Inicie a dinâmica da leitura compartilhada, que permite desenvolver as **Competências Gerais 7 e 9**, tendo em vista que, por meio da atividade, os estudantes argumentarão com base em dados e exercitarão o diálogo e a cooperação. Nessa dinâmica serão realizados quatro passos: ler, resumir, pedir esclarecimentos e fazer predições. Esses passos devem ser mediados por você. Essa atividade permite desenvolver a capacidade de leitura, a leitura inferencial, a argumentação, a análise e a reflexão, promovendo um contato com a linguagem científica e possibilitando a tomada de decisão diante de situações-problema.

Explique aos estudantes que a leitura do tópico **Como teriam se formado as primeiras células?** será realizada em voz alta e de maneira compartilhada entre você e eles. Para

EM MODERNA

isso, solicite que se voluntariem e faça a mediação dos turnos de leitura, intercale sua leitura com a dos estudantes. Em seguida, peça-lhes que resumam o que entenderam e esclareça as dúvidas que surgirem. Para incentivar a participação, faça perguntas que possam ser respondidas diretamente com algum trecho do texto, por exemplo: "O que são as protocélulas?"; "Como as alterações ambientais afetam o emparelhamento de nucleotídeos?"; "A que se refere a expressão 'mundo de RNA'?"

Proponha a participação do maior número de estudantes na discussão e aproveite o momento para esclarecer conceitos ou dirimir dúvidas. Pode ser interessante sugerir aos estudantes que pesquisem vantagens e desvantagens dos "mundos" de RNA e DNA.

Prossiga com a dinâmica da leitura do tópico **Evolução da célula**, solicitando aos estudantes que realizem a leitura silenciosa e, em seguida, retorne ao questionamento inicial sobre a relação superfície-volume. Peça que reflitam sobre as respostas apresentadas e discuta com eles se foram satisfatórias, como poderiam ser melhoradas e como se relacionam à leitura realizada. Pretende-se que eles concluam que, quanto maior a área, menor a relação entre área superficial e volume, pois o aumento de volume de um corpo é proporcionalmente maior que o aumento de sua superfície. Explique, então, que a área aumenta com o quadrado da dimensão e o volume aumenta com o cubo. Pergunte aos estudantes por que eles acham que existem tantas membranas internas na célula eucariótica. Depois peça que relacionem as membranas presentes ao tamanho da célula eucariótica. Em termos evolutivos, os sistemas que permaneceram por seleção natural foram os que propiciaram adequada relação superfície-volume quanto aos processos de troca célula/meio. Amplie a discussão e questione quais são as diferenças entre as células eucarióticas e as células procarióticas e ajude os estudantes a concluir que a relação superfície-volume é fundamental para explicar a evolução das células eucarióticas, que, em geral, são maiores e mais volumosas do que as procarióticas e mantêm adequada área de troca com o meio em razão do surgimento de dobramentos da membrana, formando as organelas membranosas, com exceção dos cloroplastos e mitocôndrias que surgiram por endossimbiose. Ressalte que, considerando que os materiais necessários para as reações biológicas intracelulares devem entrar na célula e sair dela passando através da membrana plasmática que reveste toda a superfície celular, e considerando que muitas reações importantes ocorrem associadas às membranas, o aumento no volume celular requer aumento na superfície das membranas.

Continue o diálogo abordando a hipótese endossimbiótica. Pergunte o que eles entendem por endossimbiose e, depois de ouvir as respostas, esclareça que muitas evidências têm corroborado a hipótese de que mitocôndrias e cloroplastos derivam, respectivamente, de bactérias aeróbias, que realizavam a respiração celular, e de cianobactérias, que realizavam a fotossíntese oxígena. Esses seres unicelulares foram incorporados às células eucarióticas por endocitose e ali se mantiveram desenvolvendo uma relação endossimbiótica. Peça, então, que se reúnam em duplas, leiam o texto de Santos (2007), "A teoria endossimbiótica", disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* e, com as informações disponíveis no Livro do estudante, discutam e respondam às perguntas abaixo.

1. De acordo com a teoria mais aceita, como teria ocorrido a origem das mitocôndrias?

   Há evidências consistentes de que as mitocôndrias surgiram a partir de um evento único, em que houve a incorporação de uma bactéria aeróbia por uma célula eucariótica. Esse evento teria se dado logo no início do processo evolutivo das células eucarióticas.

2. De acordo com a teoria mais aceita, como teria ocorrido a origem dos cloroplastos?

   Células eucarióticas mitocondriadas teriam ingerido, por fagocitose, cianobactérias com metabolismo fotossintético oxígeno, cuja permanência no citoplasma, por simbiose mutualística, teria dado origem aos cloroplastos primários.

3. Quais são as evidências que suportam a teoria endossimbiótica da orgem de mitocôndrias e cloroplastos?

   Presença de dupla membrana em mitocôndrias e cloroplastos; presença de DNA próprio e diferente do DNA do núcleo da célula eucariótica onde as mitocôndrias e os cloroplastos estão; núcleo da célula eucariótica com trechos do DNA do procariótico endocitado; e replicação das mitocôndrias e dos cloroplastos de modo independente da célula.

Ao finalizar a atividade, explique aos estudantes as relações entre os domínios Bacteria, Archaea e Eucarya utilizando a **figura 5.11** do Livro do estudante. Encerre a atividade esclarecendo as dúvidas que surgirem e, depois, peça que respondam às questões da seção **Atividades**, a fim de verificar se eles compreenderam esse conteúdo. Os assuntos desenvolvidos nesta etapa, bem como as atividades realizadas, favorecem diretamente o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT203**, pois lidam com o fluxo de matéria e energia nos seres vivos, **EM13CNT202**, uma vez que trabalham a organização e a composição dos seres vivos, e **EM13CNT201**, ao lidar com a teoria endossimbiótica, que versa sobre a origem das células eucarióticas e representa um importante passo para a evolução da vida na Terra. Além dessas habilidades, é favorecido o desenvolvimento das **Competências Gerais 1 e 10**, valorizando o conhecimento sobre a evolução da célula e permitindo que os estudantes ajam com autonomia e responsabilidade.

- **3ª etapa: Multicelulares, Terra e evolução**

Solicite aos estudantes que leiam o tópico **Surgimento dos multicelulares eucariontes** e, depois, reúnam-se em grupos de três a cinco integrantes para criar uma escala geológica de acordo com as instruções a seguir. Essa atividade tem por objetivo permitir que os estudantes compreendam como surgiu a multicelularidade e aprendam a lidar com as dificuldades de assimilar intervalos de tempo tão longos como o da história da Terra, desde a sua formação há cerca de 4,6 bilhões de anos, passando pelo surgimento da vida, com base na datação do primeiro fóssil encontrado, de cerca de 3,5 bilhões de anos, até os dias de hoje.

EXCLUSIVO PNA

Material

- 1 tira de papel com 5 m de comprimento
- Fita métrica
- Lápis preto
- Lápis vermelho

Procedimentos

1. Estique a tira de papel no chão e, com o lápis preto, faça uma marca a 5 cm da extremidade. Essa marca vai corresponder aos dias de hoje. Assim, perto dessa marca escreva "Hoje".
2. A partir dela, use a fita métrica para medir um metro de distância e faça outra marca com o lápis preto. Faça outras três marcas da mesma maneira, usando a fita métrica de modo que, ao final, tenham sido feitas quatro marcas, distantes um metro uma da outra. Cada metro vai corresponder a 1 bilhão de anos. Assim, escreva na segunda marca: "1 bilhão de anos"; na terceira marca, "2 bilhões de anos"; na quarta marca, "3 bilhões de anos"; e, na quinta marca, "4 bilhões de anos".
3. A partir de 4 bilhões de anos, meça mais meio metro, escreva com lápis preto "4,5 bilhões de anos" e, junto a essa marca, escreva "Origem da Terra".
4. Entre a marca "Hoje" e a "1 bilhão de anos" faça uma marca, exatamente no meio das duas, e escreva "540 milhões de anos".
5. Agora, com o lápis vermelho marque os seguintes eventos:
   - rochas mais antigas de que se tem registro: cerca de 4,28 bilhões de anos;
   - registro fóssil mais antigo de célula procariótica: cerca de 3,5 bilhões de anos;
   - primeiras células eucarióticas: cerca de 1,8 bilhão de anos;
   - primeiros fósseis de seres vivos multicelulares: cerca de 1,2 bilhão de anos;
   - colonização do ambiente terrestre pelos seres vivos multicelulares: cerca de 420 milhões de anos;
   - extinção dos dinossauros: cerca de 65 milhões de anos;
   - surgimento da espécie humana: cerca de 100 mil anos.
6. Responda às perguntas:
   a) Por quanto tempo, aproximadamente, o planeta Terra foi habitado apenas por procariontes?
   Resposta: *Desde 3,5 bilhões de anos até 1,8 bilhão de anos, ou seja, 1,7 bilhão de anos.*
   b) Por quanto tempo o planeta Terra foi habitado apenas por procariontes e por eucariontes unicelulares?
   Resposta: *Os multicelulares devem ter surgido há cerca de 1,2 bilhão de anos, assim, há pelo menos 600 milhões de anos.*
   c) Foi possível colocar com facilidade na escala do tempo a data aproximada da origem da espécie humana? Justifique a resposta.
   Resposta: *Os estudantes devem perceber que o surgimento da espécie humana é um evento recente em termos evolutivos.*

Se julgar necessário, sugira a realização de uma pesquisa sobre o fóssil de organismo multicelular mais antigo e permita que os estudantes lidem com as incertezas das estimativas sobre a origem da vida diante de novas evidências. Depois de finalizada a atividade, discuta com os estudantes as respostas das perguntas e peça a eles que comparem a escala geológica produzida com as informações disponíveis na **figura 5.12** do Livro do estudante. Na sequência, converse com eles perguntando como entendem a diferença na quantidade de eventos que aconteceram no Pré-Cambriano em comparação com os eventos do éon Fanerozoico.

Aproveite a escala de tempo geológica produzida e peça aos estudantes que façam a leitura da primeira parte do tópico **Dinâmica da Terra e a evolução biológica** (antes de iniciar o tópico **As ideias de Lamarck**). Ao finalizarem a leitura, solicite uma pesquisa sobre as mudanças de posição das placas litosféricas ao longo do Fanerozoico e peça que insiram essas informações na escala que produziram.

Para continuar o trabalho da etapa, peça aos estudantes que, em grupos, façam a leitura dos tópicos **As ideias de Lamarck** e **As ideias de Darwin e Wallace** e criem uma pequena história em quadrinhos que ilustre as explicações apresentadas por esses pesquisadores sobre a evolução das espécies. Comente que eles podem ilustrar cada seção separadamente ou criar uma história em quadrinhos com as ideias apresentadas nas duas seções.

Para trabalhar os conceitos de seleção natural e adaptação, sugira a realização da **Prática investigativa – Jogo presa-predador**, disponível no Livro do estudante. Nessa atividade, serão trabalhados conceitos sobre estratégias de sobrevivência que contribuem para a evolução das espécies. Além disso, a simulação permite aos estudantes lidar com aspectos do método científico, como a coleta e a análise dos dados, a proposição de hipóteses e a produção de conclusões baseadas em evidências.

Esta etapa favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais: 2, 7, 9 e 10** ao motivar os estudantes a utilizarem o diálogo e a empatia para resolver conflitos, além de incentivar a autonomia pessoal e o pensamento científico, crítico e criativo. As habilidades também desenvolvidas nesta etapa são: **EM13CNT301**, uma vez que os estudantes vivenciam uma investigação científica; **EM13CNT203**, pois eles observam os efeitos de diferentes variáveis no equilíbrio de uma população; **EM13CNT202**, que permite aos estudantes compreender como os seres vivos interagem entre eles e com o ambiente; **EM13CNT201**, tendo em vista que o estudo versa sobre evidências que embasam a Teoria da Evolução.

Dando sequência às aprendizagens promovidas pelo jogo, sistematize-as propondo o trabalho com o tópico **Exemplos de seleção natural**. Solicite aos estudantes que formem duplas, troquem ideias e criem exemplos para o mimetismo, a camuflagem e a coloração de advertência. Em seguida, peça que compartilhem as respostas e, com base nelas, oriente-os a formular um conceito para mimetismo, outro para camuflagem e outro para coloração de advertência. Esses conceitos, que nem sempre são bem diferenciados pelos estudantes, representam um papel importante no processo evolutivo.

Esclareça que existem diversos tipos de mimetismo. Dê como exemplo o mimetismo que ocorre quando um organismo se assemelha a outro, de espécie diferente, que é considerada

EM ABERTURA

modelo. Esse tipo de mimetismo, conhecido como batesiano – em referência a Henry W. Bates (1825-1892), que o descreveu – ocorre quando espécies que tenham sabor agradável aos predadores se assemelham a espécies venenosas ou de sabor desagradável para eles. É possível citar também os padrões de anelação e coloração das falsas-corais, semelhantes aos das corais-verdadeiras, estas últimas com veneno potente e letal. Explique aos estudantes que essas serpentes e outros animais venenosos apresentam coloração bem evidente, denominada coloração de advertência (coloração aposemática), que serve de alerta para que o predador os evite.

Depois, comente outro tipo de mimetismo, menos conhecido e bastante curioso, que foi descrito em solo brasileiro: o mimetismo mülleriano, nome dado em referência a Fritz Müller, nascido em 1821, na Alemanha, e que imigrou em 1852 para Blumenau (SC), onde morreu em 1897. Fritz Müller, um curioso doutor em História Natural, ficou intrigado ao descobrir que várias espécies de borboletas não palatáveis, que habitavam Santa Catarina, apresentavam, também, padrões de desenhos e cores de asas semelhantes entre si. Por meio de suas pesquisas, Müller demonstrou a real vantagem desse tipo de mimetismo: o fato de que espécies mais raras teriam um ganho maior, estando assim em vantagem diante da seleção natural. A vantagem desse tipo de mimetismo é que, quando existe um padrão de coloração comum a várias espécies não palatáveis, o predador aprende mais rapidamente a evitar presas com esse padrão e, assim, elas se tornam menos visadas.

Nesse caso, diferentemente do mimetismo batesiano, duas ou mais espécies de sabor desagradável ou venenosas para os predadores e, ao mesmo tempo, com coloração de advertência assemelham-se entre si. Comente com os estudantes que o termo "mimetismo" pode ser usado em várias outras situações, como a presença de manchas semelhantes a olhos nas asas de borboletas e nas nadadeiras de peixes. Leve-os a compreender que a hipótese que busca explicar esses grandes "olhos" sugere que eles dão ao predador a impressão de que a presa é grande, o que o faz desistir de atacá-la.

• 4ª etapa: Síntese moderna da evolução

Nesta etapa do estudo do Tema 5, apresente uma breve introdução à história do pensamento evolutivo e comente, em seguida, as evidências que sugerem que as espécies evoluem. É importante reforçar com a turma que as discussões feitas se referem a evidências e nunca a provas da evolução. Não é possível provar concretamente que a evolução ocorreu, mas estudos nos apontam evidências que sugerem fortemente que foi desse modo que ela aconteceu. Aproveite o momento para enfatizar que a Ciência é dinâmica e tende a acrescentar dados novos, que podem ou não confirmar o que se aprendeu, ou mesmo interpretar de outro modo fatos já conhecidos em razão de aprimoramentos de técnicas e instrumentos. Reforce a importância de compreender que uma teoria científica resulta de um grande corpo de conhecimento acumulado para prover uma explicação sobre um fenômeno e que esta difere do entendimento popular acerca da palavra "teoria", que representa apenas uma opinião que não precisa ser baseada em evidências. Essa reflexão favorece o aprofundamento da **Competência Geral 2** e da habilidade **EM13CNT201**.

O objetivo principal desta etapa é trabalhar os fatores que vão atuar sobre as frequências gênicas das populações, alterando a variabilidade delas – os fatores evolutivos. Nesse contexto, as contribuições da genética foram de extrema importância por apresentarem evidências que corroboram a Teoria da Evolução, reforçando o arcabouço teórico desse paradigma. Apresente a fonte primária da variabilidade, a mutação gênica. Esclareça que, por meio dela, podem surgir novos genes que, quando submetidos ao mecanismo da seleção natural, poderão ser selecionados positivamente ou eliminados de uma população. Reforce o papel da reprodução sexuada no aumento da variabilidade genética, e trabalhe os conceitos envolvidos na deriva genética, explorando os recursos imagéticos disponíveis no livro-texto.

Para finalizar o trabalho com esse tópico, sugira a realização das questões da seção **Atividades** para verificar se os estudantes compreenderam os conceitos trabalhados. Esta etapa favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT201**, pois trabalha aspectos que corroboram a teoria da evolução e permitem comprender modelos científicos; e **EM13CNT202**, ao lidar com os mecanismos que promovem a biodiversidade que observamos atualmente e no passado. Aqui também são desenvolvidas as **Competências Gerais 1 e 2**, tendo em vista que os estudantes utilizam o conhecimento científico construído sobre a teoria da Evolução e exercitam a curiosidade intelectual.

• 5ª etapa: Evidências da evolução

Para desenvolver esta etapa, realize uma dinâmica conhecida como *World Café*. Essa dinâmica é uma metodologia ativa e tem por objetivo criar espaço para que a inteligência coletiva possa emergir e, assim, os estudantes vão obter ideias para aprofundar os conhecimentos sobre o assunto abordado nesta etapa.

Material

- Cartolina
- Bloco de notas
- Canetas

Procedimentos

1. Os estudantes devem formar grupos com quatro componentes. Cada grupo deve ter à disposição um *kit* composto dos materias listados.
2. Cada grupo deve escolher um "anfitrião". Esse estudante ficará responsável por atualizar os novos convidados sobre as ideias propostas pelo grupo anterior. Para isso, as informações devem ser incluídas na cartolina e todos os integrantes devem ser convidados a inserir desenhos ou anotações na cartolina e no bloco de notas ao longo da conversa.
3. Apresente a primeira pergunta para que os estudantes conversem e discutam sobre ela.
4. Disponibilize de 5 a 10 minutos para essa discussão.
5. Ao final dessa rodada, todos, exceto os anfitriões, devem trocar de mesa, passando a integrar outro grupo.

EXEMPLAR

6. Quando os novos integrantes chegarem à mesa, o anfitrião deve atualizá-los sobre as ideias produzidas pelo grupo anterior (assim ocorre o processo de semear ideias).
7. Uma nova pergunta é proposta, e esse novo grupo cria seu cartaz de informações ou acrescenta outras ao cartaz preexistente.
8. Repetem-se as etapas 4 a 7.
9. Ao final da terceira rodada, peça aos estudantes que se sentem em rodas de conversa e comentem o que mais lhes chamou a atenção nas conversas nos diferentes grupos.

A seguir são apresentadas algumas perguntas que podem ser utilizadas para essas rodas de conversa.

I. O objetivo da evolução é gerar complexidade?
II. O que são fósseis e qual é a importância deles para a evolução?
III. Como é possível saber se todas as espécies são relacionadas?

Lembre-se de que o objetivo da atividade é aflorar a inteligência coletiva. Após a discussão das respostas e das ideias apresentadas, sugira aos estudantes que complementem os conhecimentos deles realizando uma pesquisa sobre evidências da evolução e os apresentem aos colegas de turma em forma de seminário. Nas respostas esperadas para a questão 1, reforce com os estudantes que a evolução não tem objetivo e que há casos de perdas de características, sendo um exemplo o caso de fungos do gênero *Saccharomyces*, em cuja evolução ocorreu a perda da condição multicelular e retorno à unicelularidade.

Esta etapa favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 1, 7 e 9** porque valoriza os conhecimentos historicamente construídos sobre a evolução das espécies e a origem da vida, permite argumentar, negociar, defender ideias e exercitar o diálogo e a cooperação. Esta atividade também desenvolve as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT301** que versam sobre teorias científicas e métodos de investigação.

Finalize o estudo do Tema 5 recorrendo ao quadro **Reflita sobre seu aprendizado!** e peça aos estudantes que revisitem os objetivos da unidade e identifiquem quais são as partes dele que se relacionam ao conteúdo estudado neste Tema. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando, portanto, a mobilização das **Competências Gerais 1 e 6**.

Em conjunto com a autoavaliação dos estudantes, utilize as elaborações deles em cada uma das etapas dessas orientações como forma de avaliar a aprendizagem continuamente, identificando e dirimindo as lacunas de compreensão.

Reflexões sobre a Ciência

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Debater a falsa dicotomia entre Ciência básica e Ciência aplicada, compreendendo a inter-relação entre elas.
- Produzir uma apresentação oral com conteúdo, clareza e atratividade para explicar a importância do financiamento em Ciência básica, fundamentada em fontes confiáveis de informação.
- Utilizar procedimentos e estratégias de leitura adequados aos objetivos e à natureza do conhecimento em questão.

Subsídios para o planejamento

Esta seção tem por objetivo proporcionar aos estudantes melhor compreensão das relações entre as chamadas Ciência básica e Ciência aplicada. Por se tratar de uma atividade que debate a Ciência em si, ela pode ser conduzida pelos professores dos componentes curriculares **Química**, **Física** ou **Biologia**. Entretanto, é importante estabelecer uma parceria com os professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, pois ao longo da atividade será trabalhada a crítica a conceitos dicotômicos, muitas vezes observada em simplificações dessa área de conhecimento, exercitando assim a habilidade **EM13CHS105**.

A discussão acerca de Ciência básica e Ciência aplicada é relevante no cenário atual, em que a sociedade pouco sabe sobre o funcionamento da atividade científica. Isso se reflete na desvalorização dos construtos históricos, inerentes ao entendimento da Ciência, e na supervalorização da Ciência aplicada em detrimento da Ciência básica, quando, na realidade, é tênue a linha que distingue uma da outra. Elas são igualmente importantes e necessárias para o desenvolvimento científico-tecnológico-cultural. Trazer essas discussões para a sala de aula é favorecer o desenvolvimento das **Competências Gerais 1, 2 e 7**, haja vista que discutir sobre a natureza do trabalho científico é colocar em evidência os conhecimentos historicamente construídos, bem como a curiosidade intelectual dos estudantes, a capacidade de análise crítica, de elaborar e testar hipóteses e de argumentar sobre as questões tecnocientíficas, pertinentes às discussões sobre Ciência básica e Ciência aplicada.

Inicie uma atividade de leitura com os estudantes utilizando as estratégias de leitura propostas por Solé (2008), que se pautam em três momentos: antes da leitura, durante a leitura e após a leitura. Essa forma de abordagem, por concretizar o processo metacognitivo de leitura, favorece o desenvolvimento da leitura inferencial.

- **Antes da leitura**

Leia o título do texto em voz alta e faça uma breve explicação sobre a temática que será trabalhada. Peça aos estudantes que observem a imagem tentando prever qual a relação entre ela e o conteúdo do texto e o que acreditam saber sobre o texto, anotando suas respostas no caderno. Solicite também que respondam à pergunta do título. Como o foco nesse momento é ativar o conhecimento prévio dos estudantes, após essa análise inicial, abra uma roda de conversa pedindo para que todos compartilhem suas anotações, fazendo-os perceber as semelhanças e diferenças entre os conhecimentos prévios apresentados.

Em seguida, peça aos estudantes que leiam o texto individualmente e anotem o que sabem sobre o conteúdo referente à temática abordada e o que compreenderam a partir da

PROIBIDA

leitura. Oriente a formação de duplas para compartilharem suas anotações e escreverem um parágrafo que represente a ideia da dupla sobre o texto. Nesse momento, alguns elementos das **Competências Gerais 1, 2, 4 e 9** são favorecidos, na medida em que os estudantes mobilizam seus conhecimentos prévios e a curiosidade sobre a temática, registram as ideias da dupla usando a linguagem escrita, compartilham, ouvem e negociam ideias com o colega de dupla.

- **Durante a leitura**

Peça às duplas para compartilharem suas anotações e aproveite o momento para destacar as semelhanças e as diferenças entre os dois tipos de pesquisa científica. As relações são exemplificadas pelo desenvolvimento tecnológico associado à transmissão de dados ao longo dos dois últimos séculos. Depois, sugira uma leitura em voz alta. Cada parágrafo pode ser lido por um estudante, de modo que em cada parágrafo haja uma pausa para discutirem e ampliarem os significados. Questione os estudantes sobre qual a ideia principal do parágrafo e se conseguem confirmar, rejeitar ou retificar as antecipações ou expectativas criadas antes da leitura. Pergunte também se há palavras desconhecidas e as esclareça a partir da inferência ou da consulta do dicionário. Estimule-os a falar sobre suas dúvidas e também a propor questionamentos. Quando concluírem a leitura compartilhada, disponibilize um tempo para responderem às questões 1 e 2.

Na sequência, proponha uma nova discussão para corrigirem as respostas. Retome a inter-relação entre os conhecimentos prévios, as dúvidas e ideias estabelecidas antes e durante a leitura e os conteúdos abordados no texto. Motive os estudantes a pensarem no modo pelo qual as inovações tecnológicas revolucionaram a comunicação e a imaginarem o mundo sem elas. Esse momento possibilita a compreensão dos impactos da tecnologia na organização e na visão de mundo e o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS105**.

- **Após a leitura**

Nesse último momento, oriente a formação de grupos para responderem à questão 3, o que favorecerá o desenvolvimento da **Competência Geral 9**. Cada integrante deve reavaliar suas anotações iniciais e escolher uma inovação tecnológica que ele ou sua família já utilizaram ou da qual ainda fazem uso. Depois, devem compartilhar com o grupo para juntos elaborarem uma resposta que os represente e a tecnologia que vão querer apresentar. Em seguida, peça para elaborarem o roteiro da apresentação que orientará o discurso deles. Incentive-os a utilizar metáforas, exemplos, comparações para a fala ter fluidez e ficar descontraída, mas sem perder o rigor científico. Destaque ainda a importância de os estudantes apontarem a natureza complementar e indissociável da Ciência básica e da Ciência aplicada.

Incentive-os a realizar pesquisas em fontes confiáveis, como as plataformas da *Scielo*, do *Portal da Capes*, o buscador da Revista *Pesquisa Fapesp*, entre outros. Essa estratégia promove o desenvolvimento das **Competências Gerais 1 e 7**, pois os estudantes precisam mobilizar procedimentos de curadoria, comparando diferentes conteúdos e o tratamento de informações sobre Ciência básica e Ciência aplicada para elaborar uma apresentação com argumentos fundamentados em dados e informações confiáveis. Você também pode indicar a leitura do texto de Abrahão (2005) sobre o investimento e a importância da pesquisa básica, da revista *Entreteses*, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. E, se desejar se aprofundar no assunto, você encontra também nessa seção a sugestão de leitura de um artigo de Marques (2016), da Revista *Pesquisa Fapesp*, que versa sobre o investimento em pesquisa no Brasil e seus impactos.

Como a apresentação deve ser baseada na competição de comunicação científica do FameLab, que tem como objetivo promover a aproximação entre cientistas e o público em geral, bem como incentivar o desenvolvimento de competências em comunicação, exiba os vídeos dos finalistas do concurso para os grupos tomarem conhecimento das habilidades necessárias e discutirem os critérios de avaliação – clareza, conteúdo e carisma –, adotados no concurso. Essa abordagem, além de mobilizar a **Competência Geral 5**, ao promover o uso de tecnologias digitais para acessar e assistir aos vídeos, favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 4** e a habilidade **EM13LP16** em conjunto com a habilidade **EM13CNT302**. Se possível, durante o planejamento desta seção, estabeleça parceria com o professor do componente curricular **Língua Portuguesa** para auxiliar você nessas orientações, pois uma apresentação oral exige, além do domínio do conteúdo, a capacidade de enunciar um discurso claro e objetivo. E o foco é estimular os estudantes a desenvolverem a capacidade de falar em público utilizando várias linguagens, como a verbal e a corporal.

Outro ponto importante durante as orientações é que você solicite o ensaio das apresentações de cada grupo, disponibilizando tempo para tal. Combine com a turma a gravação das apresentações para depois analisarem o desempenho dos estudantes com base nos critérios da avaliação do FameLab.

Pensamento crítico e argumentação

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Utilizar a linguagem verbal e os discursos argumentativos e explicativos para partilhar ideias e informações de forma ética e bem fundamentada.
- Selecionar evidências de fontes confiáveis para sistematizar informações e fatos relacionados à exploração espacial.
- Argumentar com base em fatos relevantes sobre os investimentos espaciais para defender ideias que considerem ter sido concebidas para o bem comum de forma empática e dialogada.

Subsídios para o planejamento

A seção pode ser conduzida por qualquer um dos professores dos componentes curriculares de Ciências da Natureza. A etapa do planejamento é uma excelente oportunidade para estabelecer parceria com os professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, pois o recorte proposto nessa seção permite refletir sobre as implicações econômicas,

MANUAL DO PROFESSOR

políticas e sociais da exploração espacial por meio da análise de evidências e da construção de argumentos de natureza econômica e sociopolítica. Essa perspectiva permite o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS103**. Adicionalmente, o foco na diferença entre os discursos argumentativo e explicativo permite um planejamento conjunto com a equipe de **Língua Portuguesa**, sobretudo pelo diálogo com a habilidade **EM13LP43** para a produção de comentários na forma de texto em ambientes digitais.

Inicie o trabalho da seção solicitando aos estudantes que façam uma leitura individual do texto introdutório, que traz as diferenças entre os discursos argumentativo e explicativo. Após a leitura, promova o diálogo a fim de acessar a compreensão que eles têm dos conceitos abordados, sobretudo, do que caracteriza cada um dos discursos apresentados. Se houver alguma inconsistência na compreensão deles, esclareça as dúvidas para facilitar o desenvolvimento das etapas seguintes. O texto complementar do autor português Murcho (2003), que aborda as diferenças entre argumentos e explicações e indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, pode contribuir para o aprofundamento prévio no tema.

Peça aos estudantes que elaborem, individualmente, um mapa conceitual com as diferenças e as semelhanças entre os tipos de discurso. A pergunta norteadora para esse mapa pode ser: "O que caracteriza os discursos argumentativo e explicativo?". Como conceitos obrigatórios para os mapas, sugerem-se: discurso argumentativo, discurso explicativo, convencimento, compreensão, justificativa, causa, evidência e conclusão. Caso opte por essa estratégia didática, o texto de Aguiar e Correia (2013), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, contém princípios que podem auxiliar no trabalho pedagógico em sala de aula para a construção de bons mapas conceituais.

Após a elaboração individual dos mapas, peça aos estudantes que, em duplas, compartilhem seus mapas conceituais, discutam semelhanças e diferenças entre eles e construam um mapa que reúna as informações trocadas com o colega. Essa atividade estimula a partilha de ideias entre os estudantes, o que favorece uma visão mais ampla dos assuntos, uma vez que passam a ter contato com diferentes pontos de vista. Além disso, a junção das ideias e a discussão dos pontos importantes para construir um mapa que represente as ideias da dupla favorece a tomada de decisões e a negociação na elaboração de um trabalho em equipe, o que propicia o exercício da **Competência Geral 9**.

Terminada a construção dos mapas, solicite aos estudantes que permaneçam em duplas para responder à primeira questão, utilizando as informações do mapa conceitual como apoio para a realização da tarefa. Após um momento de trabalho nas duplas, abra espaço para que a turma compartilhe as respostas, promovendo uma discussão orientada pelo discurso explicativo do emissor A, sem defender um ponto de vista, e do discurso argumentativo do emissor B, que traz evidências para convencer o receptor sobre seu ponto de vista. Pergunte aos estudantes quais foram as características da fala dos emissores que os levaram a identificar cada discurso. A análise dos tipos de discurso e uma reflexão sobre as evidências científicas no contexto da exploração espacial possibilitam o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT304** e **EM13CHS103**.

Recomende aos estudantes que a leitura do diálogo proposto na segunda questão seja feita de forma que as duplas representem cada um dos jovens que protagonizam a conversa descrita. A resolução plena da questão implica a compreensão do conceito de evidência. Por ser essa uma ideia fundamental no ensino de Ciências, e também para a construção do conceito de argumentação, uma discussão detalhada é indispensável, sobretudo na alternativa b da questão 2. A elaboração de uma tabela para classificar as evidências em três categorias – fortes, medianas e fracas –, conforme indicado nas respostas esperadas, pode ser feita no quadro de giz, ao longo da discussão coletiva com a turma e pelos próprios estudantes. Depois, peça para as duplas retomarem seus mapas conceituais e complementarem com conceitos adicionais que tenham sido identificados durante a leitura do diálogo.

Em relação ao item c da questão 2, proponha um momento coletivo de discussão para além do trabalho em dupla. A construção de uma justificativa para a questão é uma oportunidade que favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 4, 7 e 9**. Informações adicionais sobre o papel das evidências para a construção de argumentos e justificativas pelos estudantes podem ser encontradas no texto de Sasseron e Carvalho (2014), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Por fim, solicite aos estudantes que respondam à terceira questão e compartilhem suas respostas com a turma. O compartilhamento pode ser feito por meio da leitura das respectivas respostas pelos estudantes para a turma ou pela escrita das respostas em papéis a serem compartilhados entre os estudantes, por exemplo. Em qualquer uma das opções, é importante que todos tenham oportunidade tanto de compartilhar quanto de ouvir os diferentes argumentos que foram construídos pelos colegas. Esse é um momento em que as **Competências Gerais 4, 7 e 9** poderão ser favorecidas. Complementarmente, a produção e o compartilhamento dos posicionamentos sobre a exploração espacial, pensados para o ambiente digital, possibilitam o desenvolvimento das habilidades **EM13LP42** e **EM13CHS103**.

A discussão final da seção precisa contemplar os critérios de confiabilidade das evidências previamente discutidos na segunda questão, dada a centralidade desse conceito para a alfabetização científica.

Comunicação

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Investigar e explicar o funcionamento de uma linguagem de programação chamada *Scratch*.
- Desmistificar profissões ligadas à área de exatas, como programação de computadores, por meio de pesquisas com consultas a variadas fontes.

EM ABERTA

- Trabalhar cooperativamente para resolver um problema com linguagem de programação.
- Organizar evento para a comunidade sobre os conhecimentos adquiridos em programação computacional, utilizando diferentes linguagens.

Subsídios para o planejamento

A atividade dessa seção pode ser realizada pelos professores dos componentes curriculares **Biologia**, **Física** ou **Química**. É importante que o planejamento seja elaborado em conjunto com os professores de **Língua Portuguesa** e **Matemática**, de modo que possam discutir a apresentação e as noções da linguagem de programação.

Para o desenvolvimento da atividade, organize a turma em grupos e faça a leitura das instruções indicadas. Tendo em vista que o *Scratch* utiliza o plano cartesiano como forma de localização, é importante retomar os conceitos de plano cartesiano e aprofundá-los.

O uso de um dispositivo eletrônico nesta atividade para programar a linguagem *Scratch* favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 5**, pois coloca o estudante em contato com dispositivos digitais, promovendo uma nova linguagem. No entanto, na organização dos grupos, considere o fato de que, muitas vezes, os estudantes revelam diferentes níveis de aprendizado prévio, principalmente em computadores. Alguns já exploraram por conta própria programações diversas e têm mais facilidade. Se isso ocorrer, debata essa questão com eles e os incentive a formar grupos que sejam compostos de estudantes com níveis distintos de conhecimentos prévios, a fim de fomentar entre eles colaboração e trocas de experiências. Dessa forma, valorizam-se os princípios de convivência social, como o diálogo, o respeito à diversidade e o respeito às opiniões contrárias e, portanto, desenvolve-se a **Competência Geral 9**.

Caso disponha de tempo, deixe que os grupos explorem outros projetos e tutoriais da página posteriormente, auxiliando-os a utilizar a linguagem para criar outros programas, indo, desse modo, além da atividade proposta. Outra sugestão de ampliação da atividade é lançar um desafio final de utilizar as setas do teclado para fazer a nave percorrer todo o cenário, como é feito em diversos jogos de *videogame*. Nesse caso, solicite aos estudantes uma pesquisa nos tutoriais do *Scratch*, que podem ser acessados por meio da própria página do projeto.

Ao se apropriarem do conhecimento, mesmo que básico, de como funciona uma linguagem de programação, os estudantes trabalham a **Competência Geral 2**, bem como as habilidades **EM13CNT308** e **EM13MAT405**. Depois que tiverem compreendido como a linguagem funciona, trabalhe a **Competência Geral 6**, instigando os estudantes a refletir sobre essa profissão (programador), cotejando-a com os próprios interesses e reconhecendo a programação computacional como Ciência importante para o exercício da cidadania. Por fim, organize com os estudantes uma oficina aberta à comunidade, para que divulguem suas descobertas acerca do tema em questão, e incentive a comunidade para o pensamento computacional. Essa estratégia favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 10**, uma vez que os estudantes são incentivados a atuar em prol da comunidade em que vivem, dando oportunidades e melhorando a qualidade de vida. Para isso, é importante:

- Comunicar formalmente à diretoria da escola sobre o evento.
- Escolher o melhor dia e o horário mais apropriado para a realização da oficina.
- Definir a temática da oficina com os estudantes. Como ponto de partida, sugira o tema "pensamento computacional e suas implicações para a comunidade". Em seguida, discuta com os estudantes e, juntos, redefinam o tema com o qual todos estejam de acordo.
- Fazer um cronograma de todo o planejamento da oficina.
- Criar comissões de organização e desenvolvimento da oficina, atribuindo missões para cada comissão, como: comissão responsável pela idealização, confecção e divulgação do evento para a comunidade; comissão responsável pela elaboração de cartazes com os desenhos dos blocos que compõem as sequências de comando; comissão responsável pela filmagem e edição do evento, buscando voluntários que já tenham alguma experiência em trabalhar com vídeos.

É necessário que os integrantes de cada comissão sejam bem orientados por você, tanto na execução de suas missões quanto no incentivo, para que todos colaborem e compartilhem suas experiências dentro da comissão à qual pertencem.

A realização da oficina propicia que as **Competências Gerais 4 e 5** e as habilidades **EM13CNT302** e **EM13LP22** sejam desenvolvidas, uma vez que os estudantes farão uso de diferentes linguagens para compartilhar ideias, sentimentos e aprendizados.

Professor, se quiser aprofundar seus conhecimentos em *Scratch*, realize a oficina *on-line* gratuita oferecida pela plataforma Code IOT. Seu acesso está indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

De modo a dar fechamento ao trabalho com a Unidade, proponha a reflexão sobre as duas questões do **Revise e amplie!**. Essas questões, que são metacognitivas, tem como objetivo a autoavaliação da aprendizagem e o aprofundamento sobre a temática estudada. Dessa forma, o trabalho com essa seção proporciona a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Apoio ao trabalho pedagógico

- ABRAHÃO, K. P. O dilema da Ciência básica. *Entreteses*, v. 3, n. 3, p. 8-9, 2005. Disponível em: <https://www.unifesp.br/reitoria/dci/images/DCI/revistas/Entreteses/entreteses_03_2014.pdf>. Acesso em: 25 maio 2020.

O artigo enumera exemplos de sucesso de financiamento da pesquisa básica e aponta soluções para aumento do investimento.

- AGUIAR, J. G. de; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de*

EXCLUSIVA

Pesquisa em Educação em Ciências, v. 13, n. 2, p. 141-157, 23 out. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4265>. Acesso em: 25 maio 2020.

Neste artigo, os autores sugerem estratégias e parâmetros para auxiliar estudantes e professores a utilizar mapas conceituais de forma mais significativa.

- ARANTES, J. T. Pesquisadores detectam ligação do bóson de Higgs com o *quark top*. *Agência Fapesp*. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/pesquisadores-detectam-ligacao-do-boson-de-higgs-com-o-quark-top/28024/>. Acesso em: 31 ago. 2020.

Este artigo faz uma análise do experimento que levou à detecção do bóson de Higgs e seu impacto para a confirmação do Modelo Padrão da Física de Partículas.

- BARBOSA, R. R. B. *Exoplanetologia – Em busca de um planeta habitável*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Curricular pela Astronomia). Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP). Porto. 2015. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/78508/2/34592.pdf>. Acesso em: 26 maio 2020.

Dissertação de mestrado que contém explicações concisas sobre a tecnologia envolvida na busca por planetas em zonas habitáveis e os critérios que os tornam candidatos à exploração espacial.

- BBC News-Brasil. O que a descoberta de açúcar em meteoritos revela sobre a origem da vida. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-50570607>. Acesso em: 26 maio 2020.

Matéria jornalística sobre a descoberta de macromoléculas em meteoritos e de como essa descoberta pode dar indícios da evolução desses compostos como condição para o surgimento da vida.

- BRITISH COUNCIL BRASIL. *FameLab Brasil*. Como participar. Disponível em: <https://www.britishcouncil.org.br/famelab/participe>. Acesso em: 25 maio 2020.

Site do FameLab Brasil, competição de comunicação científica realizada pelo British Council com o intuito de aproximar cientistas do público em geral. Na seção destacada, encontram-se as regras em que se deve basear a apresentação oral dos estudantes, bem como vídeos de edições antigas para auxiliar na construção do roteiro e da fala.

- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma caixinha para estudo de espectros. *Física na Escola*, v. 3, n. 2, 2002. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol3/Num2/a13.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2020.

O artigo apresenta o passo a passo de como construir um espectrômetro de baixo custo com materiais simples. Esse instrumento permite fazer a observação e a análise do espectro luminoso de uma fonte de luz.

- CELL TO SINGULARITY – Evolution never ends. Jogo *on-line* e disponível em aplicativo para *smartphones*. Disponível em: <https://www.celltosingularity.com/>. Acesso em: 27 maio 2020.

Neste jogo, os estudantes são convidados a criar vida na Terra adicionando os elementos essenciais para que isso aconteça e, ao longo do jogo, observam a evolução das espécies por meio da adição de características essenciais para a conquista dos novos ambientes.

- CHASSOT, A. I. Sobre prováveis modelos de átomos. *Química Nova na Escola*, v. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/ensino.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este trabalho trata de forma sucinta da importância de construir e refletir sobre modelos no ensino de Ciências e o quanto estes são *prováveis* nas palavras do autor. Ainda trata da dificuldade e dos desafios de ensiná-los.

- CODE IOT. Aprendendo a programar. Disponível em: <https://codeiot.org.br/courses/course-v1:LSI-TEC+IOT102+2019_O1/about>. Acesso em: 22 maio 2020.

Oficina gratuita de *Scratch* com noções básicas de programação, que propicia a criação dos próprios programas, a interação na comunidade *on-line* do aplicativo e o compartilhamento dos seus projetos.

- DAMINELI, A.; DAMINELI, D. S. C. Origens da vida. *Estudos Avançados*, v. 21, n. 59, 2007. p. 263-284. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100022>. Acesso em: 27 maio 2020.

Artigo em que é feita uma revisão sobre os principais aspectos relacionados à vida e à sua origem.

- DISCOVERY CHANNEL. *The new Big Bang*. 2009. (39min 5s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=b8C_N07-jkc>. Acesso em: 24 maio 2020.

Este documentário aborda a origem do Universo apresentando a teoria do Big Bang e como os cientistas chegaram a ela.

- DUARTE, H. A. Água – uma visão integrada. *Química Nova na Escola*, n. 8, p. 4-8, 2014. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/08/03-CTN1.pdf>. Acesso em: 1º maio 2020.

Este artigo discute as propriedades físicas e químicas da água em uma perspectiva que relaciona tais propriedades com a natureza quântica das partículas que compõem a molécula.

- *Viagem à lua de Júpiter*, direção de Sebastian Cordeiro. Star Motion Pictures, 2013 (90 min).

Filme de ficção científica que trata de uma missão para a lua Europa de Júpiter, com o objetivo de procurar vida extraterrestre.

- FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, v. 2, n. 24, p. 20-23, 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/af1.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

Este trabalho discute as dificuldades conceituais que os estudantes apresentam sobre o tema ligações químicas e assuntos correlatos por meio de uma revisão da literatura.

- FILGUEIRAS, C. A. L. Gilbert Lewis e o centenário da teoria de ligação por par de elétron. *Química Nova*, v. 39, n. 10, p. 1262-1268, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v39n10/0100-4042-qn-39-10-1262.pdf>. Acesso em: 1º maio 2020.

Este artigo se propõe a mostrar de forma sucinta a vida e o papel de Lewis em ideias e conceitos centrais da Química do século XX que até hoje são de extrema importância no estudo dessa disciplina.

CÓPIA

- FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a Química. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/historia.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

Este trabalho apresenta a história do desenvolvimento da espectroscopia e suas consequências para o entendimento da estrutura da matéria.

- FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. do. Estrutura atômica e formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_4/10-AF-6008.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este artigo tem como objetivo discutir as concepções que os estudantes possuem sobre a estrutura atômica e a formação dos íons e que relações estabelecem entre elas.

- GIORDANO BRUNO - parte 2, 2013 (55min35s). Disponível em: <https://www.dailymotion.com/video/x163gnd>. Acesso em: 28 maio 2020.

Filme sobre a condenação de Giordano Bruno, filósofo, astrônomo e matemático italiano que percorreu a Europa defendendo o heliocentrismo contra os dogmas da Igreja.

- GRACETTO, A. C.; HIOKA N.; SANTIN FILHO, O. Combustão, chamas e testes de chama para cátions: proposta de experimento. *Química Nova na Escola*, n. 23, 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc23/a11.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

Este artigo mostra como obter chamas, de forma simples, de duração prolongada, execução fácil e barata, muito úteis para realizar testes de chamas em cátions em sala de aula.

- GUIMARÃES, V.; HUSSEIN, M. S. Nucleossíntese dos elementos e astrofísica nuclear. *Revista USP*, n. 62, p. 74-87, 2004. Disponível em: < http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13343>. Acesso em: 22 abr. 2020.

Este artigo discute as diversas nucleossínteses de elementos químicos que ocorreram e ocorrem desde o Big Bang no Universo sob o ponto de vista da astrofísica nuclear.

- KIOURANIS, N. M. M.; SOUZA, A. R.; SANTIN FILHO, O. Experimentos mentais e suas potencialidades didáticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 1, p. 1507, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v32n1/a19v32n1.pdf>. Acesso em: 24 maio 2020.

O artigo faz uma revisão da literatura sobre experimentos mentais, sugerindo como o uso de alternativas didáticas que incluem essas experiências podem ser úteis na aprendizagem de fenômenos difíceis de serem observados.

- MARQUES, F. Os impactos do investimento. Revista *Pesquisa Fapesp*. ed. 246, ago. 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/os-impactos-do-investimento/>. Acesso em: 25 maio 2020.

O texto traz algumas questões da Ciência aplicada e da Ciência básica, mostrando o impacto do investimento nessas pesquisas.

- MARRANGHELLO, G. F.; PAVANI, D. B. Utilizando a câmera fotográfica digital como ferramenta para distinguir as cores das estrelas. *Física na Escola*, v. 12, n. 1, 2011. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/cores-estrelas>. Acesso em: 15 jun. 2020.

Este artigo apresenta de forma simples e divertida como, utilizando uma máquina fotográfica digital, identificar as diferentes cores das estrelas e as constelações do Cruzeiro do Sul e do Escorpião.

- MEDEIROS, A. Aston e a descoberta dos isótopos. *Química Nova na Escola*, n. 10, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/historia.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

O artigo apresenta a descoberta dos isótopos por meio dos trabalhos de Aston, sendo decisiva para a história da Ciência.

- MELO, M. R.; LIMA NETO, E. G. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em Química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este trabalho apresenta a aplicação de textos e experimentos para estudantes de Ensino Médio que já tinham sidos expostos ao ensino dos modelos atômicos para identificar a dificuldade de uso da teoria aprendida, bem como as limitações e as possibilidades das estratégias de ensino aplicadas.

- MERÇON, F.; QUADRAT, S. V. A Radioatividade e a história do tempo presente. *Química Nova na Escola,* n. 19, 2004. Disponível em: < http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a08.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

O trabalho traz uma abordagem histórica da descoberta e uso da radioatividade e suas polêmicas consequências.

- MIRANDA, A. C. G.; BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S. Tendências do ensino e aprendizagem de forças intermoleculares a partir da análise de publicações em periódicos nacionais e internacionais. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p. 394-419, 2018.

O trabalho identifica e organiza as principais tendências em periódicos nacionais e internacionais sobre o tema interações intermoleculares e apresenta discussões sobre as concepções alternativas dos estudantes.

- MORTIMER, E. F. H_2O = água: o significado das fórmulas químicas. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 3, p. 19-21, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/conceito.pdf>. Acesso em: 1º maio 2020.

Neste texto, é discutido o significado das fórmulas químicas, tomando como exemplo a água, procurando apontar os limites e possibilidades dos modelos de fórmulas químicas.

- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências.* v. 7, n. 3, 2002. p. 283-306. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/562/355>. Acesso em: 28 maio 2020.

Neste artigo, é apresentado um instrumento de análise da atividade discursiva do professor em que se baseou esta sequência didática.

- MORTIMER, E. F.; MOL, G.; DUARTE, L. P. Regra do octeto e teoria da ligação química no Ensino Médio: dogma ou Ciência? *Química Nova*, v. 17, n. 2, p. 243-252, 1994. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=5481>. Acesso em: 1º maio 2020.

EDIÇÃO PRELIMINAR

O artigo traz uma crítica à abordagem de ligações químicas no Ensino Médio por meio da teoria do octeto para explicar sua estabilidade, argumentando que essa só pode ser explicada em termos do abaixamento da energia potencial do sistema.

- MURCHO, D. Argumento, persuasão e explicação. *Crítica*. Disponível em: <https://criticanarede.com/argforcaexpl.html>. Acesso em: 25 maio 2020.

O autor português traz distinções entre argumentos e explicações, tendo como base a perspectiva filosófica. O texto aborda também pontos a serem considerados para afirmar que um argumento é forte ou fraco.

- NASA. *Moons*. Disponível em: <https://solarsystem.nasa.gov/moons/overview/>. Acesso em: 11 jun. 2020.

Seção do *site* da NASA que mostra por meio de imagens as diferentes luas existentes no Sistema Solar e todas suas informações.

- NICOLINI, L. B.; FALCÃO, E. B. M; FARIA, F. S. Origem da vida: como licenciandos em Ciências Biológicas lidam com este tema? *Ciência & Educação*, v. 16, n. 2, p. 355-367, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v16n2/v16n2a06.pdf>. Acesso em: 1º maio 2020.

Este trabalho discute a representação social do tema origem da vida entre estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas. Apesar de ser uma discussão pautada no ensino superior, muito das concepções dos licenciandos advém das discussões realizadas no ensino médio, principalmente por meio do conteúdo apresentado nos livros didáticos.

- OBSERVATÓRIO Astronômico Frei Rosário – UFMG. Buraco negro. Disponível em: <http://www.observatorio.ufmg.br/pas19.htm>. Acesso em: 28 maio 2020.

Texto de divulgação científica para aprofundar o assunto buracos negros.

- OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. *Química Nova na Escola*, n. 16, 2002. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A06.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

Este artigo apresenta a evolução histórica do conceito de elemento, destacando como a história e a epistemologia da Ciência podem auxiliar na compreensão desse conceito estruturante da Química.

- PACHECO, D. De dentro da USP, grupo estuda a vida fora da Terra. *Jornal da USP*. Publicado em 29 de novembro de 2018. Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/de-dentro-da-usp-grupo-estuda-a-vida-fora-da-terra-2/>. Acesso em: 28 maio 2020.

Artigo que explica como o laboratório de Astrobiologia reúne uma equipe multidisciplinar, além de seus temas de estudo e seus métodos de pesquisa.

- PHET Simulações interativas. *Balões e eletricidade estática*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balloons-and-static-electricity>. Acesso em: 22 abr. 2020.

Nesta simulação produzida pela Universidade do Colorado (EUA), você pode usar um balão de aniversário para explorar os conceitos de eletricidade, principalmente para demonstrar a natureza elétrica da matéria, entre outros conteúdos que envolvem eletricidade estática.

- PHET Simulações interativas. *Espalhamento de Rutherford*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Simulação feita pela Universidade do Colorado (EUA) em que um átomo é incidido por partículas alfa. Há a possibilidade de realizar o experimento de Rutherford utilizando-se o modelo do átomo de Thomson e o modelo do átomo de Rutherford. A simulação exemplifica os resultados que seriam obtidos para ambos os modelos.

- PHET Simulações interativas. *Isótopos e massa atômica*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/isotopes-and-atomic-mass>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Nesta simulação produzida pela Universidade do Colorado (EUA), é possível definir isótopos usando o número de massa e o número atômico, além de usar os números de prótons, nêutrons e elétrons. Também é possível definir a abundância isotópica.

- PHET Simulações interativas. *Modelos do átomo de hidrogênio*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/hydrogen-atom>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Neste simulador feito pela Universidade do Colorado (EUA), é possível simular modelos atômicos para o átomo de hidrogênio, podendo testar os diferentes modelos e comparar as suas previsões com os resultados experimentais.

- PICAZZIO, E. Buraco negro: quem veio primeiro? Videoaula da disciplina Estrelas, Galáxias e Cosmologia. (31m01s). Disponível em: <http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=1207>. Acesso em: 28 maio 2020.

Entrevista com o professor João Steiner (IAG-USP), em que ele fala de sua pesquisa sobre buracos negros e do comportamento dos buracos negros supermassivos, que ficam no centro das galáxias.

- PONTOCIÊNCIA. Alfa e beta: dois tipos de radiação. 2010 (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NOW0yGgvMmI>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este vídeo traz a demonstração das propriedades das partículas alfa e beta com o auxílio de um contador Geiger.

- PONTOCIÊNCIA. *Desvio da partícula beta* – parte 1. 2010 (1min 25s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_ekgOpiImgs>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este vídeo é a primeira parte de uma série de dois vídeos que trazem um experimento e uma animação para demonstrar o desvio de partículas betas na presença de um ímã.

- PONTOCIÊNCIA. *Desvio da partícula beta* – parte 2. 2010 (53s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UE7bz6koUIM>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este vídeo é a segunda parte de uma série de dois vídeos que trazem um experimento e uma animação para demonstrar o desvio de partículas betas na presença de um ímã.

- PONTOCIÊNCIA. *O experimento de Becquerel*, 2010 (6min47s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Do-p-GdWUc0>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este vídeo traz um pouco do contexto histórico por trás da descoberta da radioatividade por meio de ilustrações dos experimentos realizados na época.

EM MODERNA

- PONTOCIÊNCIA. *O mistério de Rutherford* – parte 1, 2010 (1min 34s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qMxqlO2k6q8>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este vídeo é a primeira parte de uma série de dois vídeos que traz um pouco do contexto histórico por trás dos experimentos de Rutherford envolvendo a radioatividade em 1899.

- PONTOCIÊNCIA. *O mistério de Rutherford* - parte 2, 2010 (1min 46s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=egPHDC3uTqg>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este vídeo é a segunda parte de uma série de dois vídeos que traz um pouco do contexto histórico por trás dos experimentos de Rutherford envolvendo a radioatividade em 1899.

- PONTOCIÊNCIA. *Observando espectros descontínuos*, 2011 (2min 16s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6U1KAbexkNI>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este vídeo demonstra a decomposição descontínua da emissão de luz por alguns gases.

- PONTOCIÊNCIA. *Teste atômico*, 2011 (2min51s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9dqFfE1RebA>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este vídeo trata de um teste simples e didático que pode auxiliar a demonstrar o modelo atômico de Bohr-Sommerfeld.

- PORTO, C. M. A Revolução Copernicana: aspectos históricos e epistemológicos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 42. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172020000100706&tlng=pt>. Acesso em: 28 maio 2020.

Texto didático que apresenta a Revolução Copernicana, bem como alguns aspectos da história e da epistemologia da Ciência. Propõe a discussão sobre como as teorias contemplavam novas visões de mundo e o impacto disso para a sociedade.

- RAMPELOTTO, P. H. A química da vida como nós não conhecemos. *Química Nova*, v. 35, n. 8, p. 1619-1627, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v35n8/v35n8a23.pdf>. Acesso em: 1º maio 2020.

O artigo discute outros conceitos de vida, além da bioquímica geocêntrica baseada apenas nas biomoléculas que conhecemos, na qual damos importância apenas à química da água e do carbono.

- RINCON, P. Lua de Júpiter vira aposta de cientistas na busca por vida extraterrestre no Sistema Solar. *BBC News*, 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-39381529>. Acesso em: 26 maio 2020.

Matéria jornalística de Ciências que versa sobre missões de cientistas enviadas para Europa com chance de encontrar vida extraterrestre no Sistema Solar.

- ROCHA, W. R. Interações intermoleculares. *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 31-36, 2001. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/interac.pdf>. Acesso em: 1º abril 2020.

O trabalho traz uma discussão qualitativa dos principais tipos de interações intermoleculares e como essas se relacionam com propriedades macroscópicas observáveis.

- ROCHA, J. R. C.; CAVICCHIOLI, A. Uma abordagem alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, no Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 21, p. 29-33, 2005.

Este artigo relata uma experiência bem-sucedida com estudantes do 1º ano do Ensino Médio, utilizando estruturas simples e de baixo custo feitas de miçangas de cores e tamanhos diferentes para trabalhar os conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta.

- SANTOS, D. M. M. A teoria Endossimbiótica. 2007. Unesp Jaboticabal. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/biologia/DURVALINAMARIAM.DOSSANTOS/TEXTO-96.pdf>. Acesso em: 27 maio 2020.

Este texto apresenta a teoria endossimbiótica, bem como características que dão suporte à teoria e ilustrações de como esses eventos aconteceram e a ordem das etapas que fazem parte dele.

- SANTOS, J. S.; COSTA, A. M. P. V. N.; SILVA, A. J. A.; FERNANDES, I. F. Paradoxo de Fermi: Ei! Via Láctea! Tem alguém aí?. *Caderno de Física da UEFS,* v. 16, n. 1, 2018. Disponível em: <http://dfisweb.uefs.br/caderno/vol16n1/S6Artigo02_Paradoxo-de-Fermi.pdf>. Acesso em: 28 maio 2020.

Este artigo faz uma breve análise do paradoxo de Fermi, destacando fatos históricos relacionados com as propostas da existência ou não de vida em outras partes da galáxia.

- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. A construção de argumentos em aulas de Ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. *Ciência e Educação.* Bauru, v. 20, n. 2, p. 393-410, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000200393&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 maio 2020.

O trabalho traz reflexões importantes sobre a ideia de evidência e a relevância dela para a construção de argumentos por meio da análise de uma situação em sala de aula.

- SASSERON, L. H. Ensino por investigação: pressupostos e práticas. *Fundamentos teórico-metodológicos para o Ensino de Ciências: a sala de aula.* Licenciatura em Ciências, USP/Univesp, p. 117-124. 2012. Disponível em: <https://midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impressos/plc0704_12.pdf>. Acesso em: 24 maio 2020.

Este texto apresenta pressupostos teóricos e metodológicos sobre a abordagem didática Ensino por Investigação.

- *Show* atômico. Disponível em: <http://www.labvirtq.fe.usp.br/applet.asp?time=20:55:41&lom=10848>. Acesso em: 22 abr. 2020.

Nesta simulação interativa produzida pelo Laboratório Didático Virtual, LabVirt, da Universidade de São Paulo, filósofos e cientistas reunidos em um programa de auditório apresentam a história e a evolução dos modelos atômicos até a teoria atômica de Bohr.

- SILVA, G. R.; MACHADO, A. H.; SILVEIRA, K. P. Modelos para o átomo: atividades com a utilização de recursos multimídia. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 106-111, 2015. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_2/06-EQM-83-13.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

EM MODERNA

O trabalho apresenta uma sequência didática para trabalhar com os modelos atômicos no Ensino Médio por meio de atividades que envolvem a utilização de recursos multimídia, todos disponíveis gratuitamente na internet.

- SKYMAPS. Disponível para *download* para sistema Android em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.stardroid&hl=pt_BR>. Acesso em: 28 maio 2020.

Aplicativo que permite a localização de planetas, estrelas e constelações, apontando o *smartphone* para o céu. Faz a localização a partir do GPS do aparelho.

- SOLÉ, I. *Estratégias de leitura*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

O livro trata de algumas questões e reflexões acerca das estratégias de leitura em sala de aula.

- SOUZA, V. C. de A.; JUSTI, R. da S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 11, p. 7-28, 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol11/n1/v11_n1_a1.htm>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Este artigo trata da importância do uso de analogias no ensino de modelos atômicos, das dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre esses modelos e as possibilidades, limites e problemas em relação às analogias no ensino de Ciências.

- STELLARIUM. Disponível para *download* em: <http://stellarium.org/>. Acesso em: 28 maio 2020.

Software gratuito para simulação do céu. Permite a localização e a alteração em datas e horários. Tem diversas funções e funcionalidades, mas auxilia principalmente na identificação de planetas, estrelas e constelações, entre outros astros.

- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. *Química Nova*, v. 20, n. 1, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v20n1/4922.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

O artigo traz uma abordagem histórica detalhada desde as primeiras tentativas de classificação dos elementos químicos, da formulação da lei periódica até a construção da tabela periódica atual.

- TUDO se transforma, história da Química, história dos modelos atômicos. Produção da PUC-Rio. 2012, (13min 30s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY>. Acesso em: 22 abr. 2020.

Nesta produção audiovisual produzida pela PUC-Rio, apresenta-se a história e a evolução dos modelos atômicos, desde o modelo atômico de Dalton até o modelo atômico de Bohr.

- VASCONCELOS, S. S.; FORATO, T. C. M. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. 851-887, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n3p851>. Acesso em: 29 jun. 2020.

O artigo apresenta uma narrativa histórica da construção da Ciência acerca dos modelos atômicos e mostra como diversos cientistas e seus estudos, muitas vezes desconhecidos, contribuíram para que Bohr apresentasse seu modelo.

- VIANNA, N. S.; CICUTO, C. A. T.; PAZINATO, M. S. Tabela periódica: concepções de estudantes ao longo do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 41, n. 4, p. 386-393, 2019. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc41_4/11-AF-40-18.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

O artigo, além de trazer uma pequena revisão sobre como o tema tabela periódica é tratado na literatura educacional, discute a compreensão dos estudantes em relação a esse importante conteúdo.

- VIDAL, P. H.; PORTO, P. A. Algumas contribuições do episódio histórico da síntese artificial da ureia para o ensino de Química. *História da Ciência e Ensino*, v. 4, p. 13-23, 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/6013>. Acesso em: 1º maio 2020.

Este trabalho traz uma proposta para trabalhar o episódio histórico da síntese da ureia no ensino de Química a partir de relatos extraídos de fontes primárias e discussões de historiadores da Ciência sobre o assunto.

- ZAIA, D. A. M. Da geração espontânea à Química prebiótica. *Química Nova*, v. 26, n. 2, p. 260-264, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v26n2/14999.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

O artigo traz uma discussão sobre a passagem do pensamento da geração espontânea para a hipótese de Oparin-Haldane sob o ponto de vista histórico, discutindo os aspectos principais do campo de pesquisa da Química prebiótica. A importância da síntese de biomoléculas, do metabolismo primitivo, da adsorção e do código genético são alguns dos temas discutidos.

- ZAIA, D. A. M.; ZAIA, C. T. B. V. Algumas controvérsias sobre a origem da vida. *Química Nova,* v. 31, n. 6, p. 1599-1602, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v31n6/a54v31n6.pdf>. Acesso em: 1º maio 2020.

O trabalho discute algumas controvérsias sobre a origem da vida, principalmente no que concerne à origem do primeiro ser vivo, do seu metabolismo, código genético, células e papel dos minerais.

- ZYLBERSZTAJN, A. A deflexão da luz pela gravidade e o eclipse de 1919. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis: UFSC. v. 6 n. 3, 1989. p. 224-233. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/9255/15164>. Acesso em: 24 maio 2020.

O artigo analisa tanto as implicações físicas e os dados obtidos quanto as circunstâncias da Ciência em 1919.

MODELO

UNIDADE 2

Humanos, metais e máquinas

Abertura

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao final desta seção, o estudante seja capaz de:

- Relacionar os acidentes com rejeitos de minérios a impactos na saúde da população local, em razão da toxicidade dos compostos.
- Explicar a relação entre avanços tecnológicos e exploração de recursos naturais e realizar projeções para avaliar impactos futuros.
- Relacionar a exploração de recursos naturais, em diferentes períodos históricos, com conceitos de sustentabilidade e preservação da biodiversidade.
- Analisar cadeias produtivas para a produção de bens de consumo, sobretudo tecnológicos, relacionando demanda e impactos no ambiente e nas populações.
- Associar as inovações trazidas em diferentes períodos históricos às mudanças nas relações sociais.

Subsídios para o planejamento

A abertura proposta nesta Unidade aborda o acidente que causou grande comoção nacional: o rompimento da barragem B1 de rejeitos de mineração, da mina Córrego do Feijão, em Brumadinho (MG). O acidente citado serve de gatilho para iniciar a discussão sobre a demanda por recursos naturais, como o minério de ferro, para o desenvolvimento tecnológico, e seus impactos na sociedade e no ambiente.

A abertura pode ser trabalhada por um dos professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias de qualquer um dos componentes curriculares: **Biologia**, **Física** ou **Química**. É interessante, porém, contar com a colaboração de professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, principalmente do componente curricular **Geografia**, para analisar os impactos das cadeias produtivas e das transformações tecnológicas no ambiente e na sociedade, bem como levar os estudantes a compreender que a demanda por matéria-prima usada na fabricação de aparatos tecnológicos, como aparelhos celulares, está relacionada com as condições às quais os trabalhadores estão submetidos nas mineradoras e, assim, promover o desenvolvimento das habilidades **EM13CHS302** e **EM13CHS403**.

Inicie a aula comentando com os estudantes o tema da abertura da Unidade, "A exploração dos recursos minerais no Brasil e seus impactos socioambientais". Em seguida, peça a eles que pensem em vantagens e desvantagens da atividade mineradora no Brasil, considerando a riqueza de recursos minerais do país; em qual é a importância dessa atividade econômica na demanda mundial; o que produzimos e como são as relações de trabalho e a cadeia produtiva nesse setor. Então, solicite que escrevam suas ideias individualmente, no caderno ou em folha avulsa, em dois tópicos: "Pensamentos sobre o assunto" e "Perguntas sobre o assunto". Essa metodologia favorece o desenvolvimento de conceitos ao longo do tempo.

Após esse primeiro momento, peça aos estudantes que leiam o texto de abertura e analisem as imagens e as legendas de forma silenciosa e individual e, ao final da leitura, revejam o que escreveram nos dois tópicos no início da aula. Então, todos devem compartilhar com a turma as ideias iniciais e as ideias desenvolvidas após a leitura do texto, explicando quais foram as concepções que mudaram e os motivos da ocorrência dessas mudanças, ou seja, fazendo a ponte entre as ideias antigas e as novas. Esclareça que as ideias iniciais não eram certas nem erradas, mas, sim, um ponto de partida para refletir sobre o assunto, e que novas experiências podem levar a novos entendimentos. Essa atividade favorece o trabalho com a **Competência Geral 2**, ao fornecer um método para a reflexão sobre o assunto, ao fazer perguntas e comparar as ideias iniciais com as ideias depois do contato com uma fonte de informação.

Na sequência, promova o debate sobre os hábitos de consumo dos estudantes com o intuito de trazer para a realidade deles a discussão inicial sobre cadeias produtivas. Por exemplo, questione quem tem celular ou deseja ter um, ou mesmo trocar de modelo. Peça que reflitam sobre a origem dos componentes utilizados na produção do celular que eles têm, ou desejam ter, e a cadeia produtiva ligada à exploração dos recursos naturais. Oriente-os a focar o olhar na imagem dos componentes do celular e convide-os a refletir sobre o modo como as demandas por extração mineral aumentaram com as transformações tecnológicas. Pergunte a eles: "Há duas décadas, havia a mesma demanda pelos materiais que aparecem na imagem, como o lítio?"; "Os celulares eram tão popularizados?". Ao pensar sobre o mundo anterior a eles, debatendo o que sabem sobre o assunto e analisando como as cadeias produtivas mudaram, os estudantes trabalham a **Competência Geral 1**.

Nesse momento, pode-se sugerir aos estudantes uma pesquisa direcionada. Separe o material previamente e organize os estudantes em grupos, dos quais cada um estudará um dos componentes mostrados na imagem da abertura da Unidade, que apresenta algumas matérias-primas utilizadas na produção de aparelhos celulares, como metais não preciosos, metais preciosos, plástico, vidro, borracha e cerâmica. Peça a cada grupo que monte uma breve apresentação sobre a cadeia produtiva do material escolhido. Direcione a pesquisa dos estudantes fazendo uma lista de perguntas para que eles respondam. Por exemplo: "Qual é o principal minério/recurso

CÓPIA

para a produção do componente?"; "Onde estão as principais fontes desse recurso?"; "Como é feita sua extração?"; "Como ocorre seu beneficiamento?"; "Quais são os resíduos produzidos?"; "Como eles são manejados?". Além de solicitar exemplos de outros artefatos produzidos com a mesma matéria-prima. A seguir, peça aos estudantes que façam uma breve apresentação para demonstrar as descobertas do grupo em uma folha A3, em uma cartolina ou mesmo no quadro de giz. Essa apresentação pode ser na forma de infográfico, como na imagem, ou com as etapas de produção divididas em diferentes espaços da folha ou do quadro de giz.

Reserve um momento da aula para a apresentação e uma breve discussão. Peça aos estudantes que analisem as etapas de produção e a quantidade de matéria-prima utilizada em cada objeto e comparem semelhanças e diferenças nos processos produtivos das matérias-primas. Para auxiliar na discussão sobre as etapas de produção dos artefatos, recomendamos o documentário *A história das coisas* (*Story of stuff),* de Annie Leonard, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Caso tenha disponibilidade de tempo e recursos suficientes, os estudantes podem assistir ao documentário em sala de aula, caso contrário, você pode sugerir que eles assistam no período extraclasse.

A análise da cadeia produtiva também deve levar em conta as condições de trabalho, muitas vezes precárias, na extração da matéria-prima, bem como seus impactos no ambiente. Aproveite os ganchos das apresentações dos estudantes para iniciar o debate sobre as barragens de mineração. No caso da produção do alumínio, por exemplo, são necessárias de quatro a cinco toneladas de bauxita para a obtenção de duas toneladas de alumínio. Relembrando os estudantes da lei de conservação de massas, vista no Ensino Fundamental, questione o que ocorre com a massa de matéria-prima que não se tornou o produto final.

Com essas atividades, espera-se que os estudantes elaborem uma reflexão inicial sobre os impactos da mineração, tanto sociais quanto ambientais, favorecendo assim o trabalho com a **Competência Geral 1** e o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS403**. Pode-se aqui também relacionar os impactos decorrentes da geração de resíduos provenientes de processos produtivos industriais, como baterias de cádmio, lítio e níquel. Pergunte aos estudantes se já viram campanhas sobre o adequado descarte desses materiais e o motivo de esses resíduos terem destinações especiais, relacionando-o aos riscos ao ambiente e à saúde humana. Esse momento propicia o trabalho com a habilidade **EM13CNT104**.

Com base na discussão feita até aqui, peça aos estudantes que observem novamente a imagem de abertura e leiam a notícia que está disposta na tela do celular. Reserve um momento para que os estudantes falem do que se lembram da tragédia e do que ouviram falar. Instigue-os a refletir sobre possíveis áreas de risco nas proximidades de barragens, como a de Brumadinho, e como a vida das pessoas da comunidade é afetada em casos de desastres semelhantes ao apresentado na abertura desta Unidade. É importante que os estudantes considerem outros fatores, além do impacto ao ambiente, como o fato de a economia local ser afetada. Comente que algumas barragens ainda ameaçam a população e que a fiscalização deve ser feita de forma rigorosa para evitar futuros acidentes. Esse debate favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 1, 2 e 10** ao trabalhar o conhecimento historicamente construído, para refletir sobre os erros do passado e realizar projeções futuras, trabalhando conjuntamente a habilidade **EM13CNT203**.

Retome a imagem dos componentes de um celular e a discussão anterior sobre as cadeias produtivas de suas matérias-primas. Peça aos estudantes que leiam novamente a legenda da imagem. Debata com eles o significado do termo "rejeito de ferro" e prossiga com o debate sobre o beneficiamento dos minérios. A discussão sobre os impactos das transformações tecnológicas e toda sua cadeia produtiva na sociedade e no ambiente se mostra uma excelente oportunidade para trabalhar as habilidades **EM13CHS302** e **EM13CHS403**. Conjuntamente, ela pode ser importante para que os estudantes pensem e proponham intervenções humanas que prezem pela preservação e pela conservação ambiental, favorecendo o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT206**.

Volte aos trabalhos com os pensamentos e as perguntas que eles anotaram no início do trabalho com a abertura da Unidade. Questione os estudantes se, naquele momento, eles focaram os impactos da mineração ou focaram mais o faturamento e o número de jazidas. Relacione o debate sobre o aumento de demanda de insumos com o aumento da extração e o consequente aumento dos impactos ambientais e sociais. Comente que os avanços industriais e tecnológicos são importantes, mas relacione-os aos impactos ambientais e sociais gerados pelo aumento na demanda por metais e outros materiais, que aparecem na composição de dispositivos eletrônicos. Ao compreender os avanços tecnológicos de forma histórica, trabalha-se a **Competência Geral 1**, pois os estudantes deverão utilizar o conhecimento historicamente construído para refletir sobre as mudanças nas últimas décadas.

As habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206** são favorecidas quando se promovem reflexões e/ou discussões sobre os efeitos da intervenção humana nos ecossistemas e se ressaltam pensamentos de preservação e conservação ambiental para a sustentabilidade do planeta, aspectos que são trabalhados com o tema de abertura. Algumas matérias sobre o assunto podem ser usadas para aprofundamento da discussão e encontram-se na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, como o texto de Léon (2019) sobre a desconfiança que moradores, mesmo distantes da barragem, mas que dependem do Rio Doce, ainda têm sobre a qualidade da água, e a matéria de Freitas (2019), que debate de forma detalhada os impactos sofridos em diversos setores da economia.

Por fim, sistematize a discussão com uma relação no quadro de giz com frases-chave sobre os impactos da exploração de minérios no Brasil levantadas pelos estudantes. Motive-os a falar sobre demanda, impacto ambiental, consumo de matéria-prima, entre outros aspectos relacionados ao tema.

EM ABERTURA

As frases podem ser registradas por meio de *brainstorming,* ou seja, sem muito rigor, apenas escrevendo as ideias que forem aparecendo. Ao final dessa lista de frases, peça aos estudantes que escrevam mais uma vez os Pensamentos e as Perguntas da primeira atividade e finalize com um debate sobre as três visões construídas: inicial, após a leitura do texto, após o trabalho com o texto e debates. Peça que tentem estabelecer novas pontes com o que pensavam anteriormente e o que pensam agora, pontuando o que mudou. Dessa forma, os estudantes poderão comparar e sistematizar o que aprenderam, refletindo sobre os pontos principais do texto e do debate.

- **Objetivos e avaliação diagnóstica**

Trabalhe os objetivos da Unidade e as questões de cada Tema propostas no quadro **Pense nisso!** como forma de levantamento prévio dos objetos de conhecimento que são fundamentais no estudo desta Unidade. Nesse momento, é importante compartilhar as informações obtidas com os demais professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Cada uma das questões está relacionada a uma ou mais habilidades do Ensino Fundamental e auxiliará a fazer uma avaliação diagnóstica para o desenvolvimento dos Temas.

A questão do **Tema 1** busca verificar a compreensão dos estudantes sobre os processos evolutivos e a atuação da seleção natural, no contexto da evolução humana, bem como as consequências do desenvolvimento tecnológico nas esferas ambientais e sociais, objetos de conhecimento das habilidades **EF07CI11**, **EF09CI10** e **EF09CI11**. Esses conhecimentos são fundamentais para o entendimento das diferentes revoluções tecnológicas, bem como para a análise crítica destas, favorecendo a reflexão sobre os impactos socioambientais das novas tecnologias, que serão tratados no Tema.

Na questão do **Tema 2**, são abordados o aumento populacional e os impactos advindos desse aumento, conhecimento relacionado à habilidade **EF07CI08**, que destaca a importância de associar as mudanças no ecossistema com seus impactos na sociedade. Esse conhecimento é essencial para que os estudantes compreendam a dinâmica dos ecossistemas e façam projeções dos impactos futuros decorrentes da exploração dos recursos naturais.

A questão do **Tema 3** visa apurar se os estudantes sabem identificar propriedades dos materiais, como condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras, de acordo com a habilidade **EF05CI01**. Esse conhecimento é importante para que os estudantes compreendam os motivos da escolha de determinados materiais para a produção de insumos e consigam assim avaliar os impactos de sua extração ou produção, bem como propor alternativas mais sustentáveis, que serão exploradas nesse Tema.

A questão do **Tema 4** trabalha a transformação do minério de ferro em aço. As etapas envolvidas na produção dessa liga metálica demandam o conhecimento de conceitos químicos e de reações químicas, principalmente de oxirredução. Para compreender reações químicas, os estudantes devem identificar a estrutura da matéria, de acordo com a habilidade **EF09CI03**, por meio de noções sobre os átomos e como são feitas as ligações químicas, bem como sobre as leis ponderais, trabalhadas na habilidade **EF09CI02**. Os estudantes podem ainda relacionar conceitos de transformação química, conforme descrito na habilidade **EF06CI02**, e avaliar mudanças socioeconômicas decorrentes do desenvolvimento de novos materiais, de acordo com a habilidade **EF07CI06**. Esses conhecimentos são importantes para compreender de forma mais concreta os processos químicos envolvidos na mineração e seus impactos no ambiente.

Na questão do **Tema 5** os estudantes terão como pré-requisito o trabalho com a habilidade **EF05CI01**, pois o desenvolvimento do Tema inclui a avaliação das propriedades dos materiais. Esse conhecimento é importante para que eles pensem na questão da sustentabilidade, refletindo sobre os impactos que os materiais podem causar no ambiente em razão de suas características.

A questão do **Tema 6** retoma o conhecimento dos estudantes sobre máquinas simples, de acordo com a habilidade **EF07CI01**. Esse conhecimento é importante para compreender que o uso de máquinas ocorreu por meio de um processo de inovações tecnológicas, por vezes simples, mas que facilitaram o trabalho e modificaram a relação entre as pessoas e também entre a humanidade e o meio ambiente.

Tema 1 - Evolução humana

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao final deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Explicar que a evolução humana, pela percepção de que houve coexistência de espécies, não ocorreu de forma linear.
- Explicar as principais características dos primatas e concluir que o ser humano, na perspectiva biológica, é uma espécie de primata, compreendendo sua classificação e evolução.
- Avaliar as principais espécies de hominínios quanto à importância da bipedia para a linhagem humana.
- Reconhecer o caráter cumulativo e colaborativo da cultura, bem como sua influência e seu papel no desenvolvimento e no comportamento social e individual.
- Discutir a evolução humana e relacioná-la ao contexto crítico atual mundial e aos conteúdos desenvolvidos com a História, a Biologia e a cultura.
- Valorizar o estudo científico do ser humano, exercitar o respeito à diversidade cultural e combater a discriminação e o preconceito.
- Explicar a influência do estabelecimento da agricultura na evolução do conhecimento, da arte, da tecnologia e da cultura, assim como no crescimento populacional.

MODERNA

Subsídios para o planejamento

O conteúdo deste Tema deverá ser abordado pelo professor do componente curricular **Biologia**. O estudo da evolução humana, além de versar sobre aspectos biológicos, abre espaço para estabelecer parceria com os professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para desenvolver as habilidades **EM13CHS101**, cujo foco é o evolucionismo e as relações entre espaço, tempo e natureza combinadas a eventos geo-históricos; **EM13CHS102** relacionando a evolução humana às circunstâncias históricas que moldaram a sociedade moderna; **EM13CHS104** ao tratar do legado cultural da espécie humana; e **EM13CHS105**, abordando a tecnologia e a degradação ambiental como consequências da vida em sociedade e interconectando os conceitos de evolução, progresso e desenvolvimento.

O estudo deste Tema está dividido em duas etapas: na primeira serão abordados os diversos equívocos que permeiam o entendimento da evolução humana, usando-a para compreender como a Ciência investiga as relações de parentesco entre os organismos, o que permite o desenvolvimento da **Competência Geral 2**. Na segunda etapa, serão utilizadas atividades de leitura e discussão de textos de diversas fontes para compreender os aspectos centrais da evolução dos Hominini, favorecendo o desenvolvimento da **Competência Geral 1**.

• Etapa 1

O estudo da evolução humana tende a despertar o interesse dos estudantes por se tratar do grupo de que eles fazem parte; assim, inicie a abordagem do Tema questionando o que eles pensam quando ouvem o termo "Evolução Humana". Peça que expliquem o que entendem sobre o assunto e como acham que o ser humano surgiu. A discussão aqui iniciada favorecerá o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT208**, pois versa sobre a evolução dos seres vivos e das **Competências Gerais 1, 2, 7 e 9**, tendo em vista que, por meio dela, os estudantes têm a oportunidade de exercitar a curiosidade intelectual e utilizar uma abordagem científica para reconhecer características dos seres humanos; precisam argumentar com base em fatos e defender seu ponto de vista; e têm a chance de exercitar a empatia e o diálogo na resolução das questões.

É comum que surjam respostas como "os seres humanos evoluíram dos macacos" ou "os seres humanos evoluíram dos chimpanzés", ou, ainda, alguma resposta baseada na fé. Esse é um momento oportuno para esclarecer essas colocações. Aproveite a oportunidade para trabalhar as diversas formas de conhecimento, valorizando-as. Evite falas que menosprezem outras formas de saberes, mas elucide as diferenças entre o conhecimento científico e o conhecimento tradicional ou mesmo religioso. Então, questione: "Os seres humanos evoluíram dos macacos?", "Ou os macacos e os seres humanos compartilham um ancestral comum?". Depois que eles responderem, continue pedindo que expliquem a diferença entre essas duas questões. Vale reiterar para a turma que os chimpanzés também passaram por um processo evolutivo nesses 6 milhões de anos, desde que o último ancestral comum entre eles e os seres humanos deixou de existir, e que há 2,5 milhões de anos esse grupo se dividiu em duas linhagens, dando origem aos bonobos e aos chimpanzés modernos.

Com o estudo da evolução humana, surgem também outros equívocos. Entre eles estão o de que os seres humanos são a espécie mais evoluída do planeta ou mesmo o de que paramos de evoluir. Essas ideias trazem consigo a premissa de que a evolução tem o objetivo de atingir maior complexidade e que a seleção natural tem o propósito de criar organismos perfeitamente adaptados ao ambiente. Para acessar o entendimento dos estudantes sobre esses aspectos podem ser realizadas as três perguntas destacadas a seguir, que favorecem também o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT201**, porque revelam aspectos culturais e sociais inseridos na Ciência, de modo que os estudantes entrarão em contato com as teorias científicas aceitas atualmente.

A primeira é: "Como vocês comparam a evolução humana com a de outros animais?". Ou seja, a ideia é identificar, por exemplo, se os estudantes acham que os seres humanos evoluíram mais que outros animais. Alguns aspectos importantes que podem ser ressaltados nessa discussão é que a seleção natural só é capaz de fixar novidades evolutivas dentro de um contexto, ou seja, é impossível produzir um braço articulado em um organismo unicelular, porque este não apresenta a diversidade celular necessária para a especialização dos tecidos indispensáveis para que o braço articulado exista. Nesse aspecto, cada novidade evolutiva cria uma gama de possibilidades em uma direção, porém reduz as chances de modificação em outra.

A segunda pergunta que pode contribuir para identificar os equívocos anteriormente citados é: "Vocês acham que ainda vamos evoluir?". Enfatize que a evolução é um processo contínuo, que ela ocorre mesmo que não possamos visualizá-la.

A terceira questão é: "Qual é a espécie que vocês acreditam ser a mais adaptada para sobreviver no planeta?". Nessa questão é importante informar que todas as espécies viventes são igualmente adaptadas, uma vez que todas estão vivas. Outro aspecto que pode ser discutido é que os seres humanos tendem a fazer comparações sobre a adaptação ou a inteligência de outras espécies usando uma visão antropocêntrica, por exemplo, um peixe é bem adaptado a viver na água, mas, se ele for julgado pela sua capacidade de subir em uma árvore, não seria considerado adaptado.

Outro equívoco que pode ser explorado é o de que os seres humanos são complexos demais para serem fruto da evolução. Nesse ponto, pode-se introduzir a sistemática filogenética, ramo da Ciência que estuda as relações de parentesco e a evolução das espécies. Esclareça que a evolução ocorre em grande quantidade de gerações e que é impossível visualizá-la em uma vida. Ressalte, porém, que em uma árvore filogenética, é possível documentar as mudanças que ocorreram ao longo do tempo e observar sua influência nas relações entre as espécies.

REPRODUÇÃO

Aproveite o momento para diferenciar árvore filogenética de árvore genealógica, pois é possível que os estudantes pensem que as relações de parentesco entre as espécies sejam demonstradas em árvores genealógicas, quando estas, na verdade, apenas expressam relações de parentesco em um grupo de indivíduos. Dando fechamento a essa sensibilização dos estudantes com aquilo que se pretende trabalhar no tema, incentive-os a buscar as sugestões de materiais disponíveis no **Fique por dentro**, além de complementarem as discussões, favorecem o uso de tecnologias digitais e, portanto, auxiliam no desenvolvimento da **Competência geral 5**.

Depois dessa discussão inicial, introduza a seguinte atividade investigativa na qual os estudantes farão um exercício sobre o parentesco dos seres humanos com os outros primatas da família Hominidae e terão a oportunidade de reconhecer as características consideradas evidências de ancestralidade comum de acordo com a sistemática filogenética.

Para desenvolver essa atividade é importante relembrar aos estudantes que existem diferentes formas de reconhecer a similaridade entre características. Ressalte que organismos filogeneticamente mais próximos compartilham mais características que os distantes. Relembre a turma que estruturas consideradas similares apenas porque desempenham a mesma função não indicam proximidade evolutiva, como asas de insetos, aves e morcegos (que são denominadas estruturas **análogas**). Enfatize que apenas caracteres **homólogos** são considerados nas hipóteses de parentesco evolutivo. Eles derivam de estruturas já existentes em um mesmo ancestral comum exclusivo, podendo ou não estar modificados para exercer uma mesma função. Para cada estrutura homóloga, procura-se definir qual é a condição que já existia em um grupo ancestral, chamada **plesiomorfia**, e qual é a condição nova, chamada **apomorfia**, que surgiu e se fixou por seleção natural. Somente as apomorfias são usadas para definir novos agrupamentos. Os grupos naturais são formados apenas por organismos que compartilham a condição derivada de um ou mais caracteres e que descendem de um ancestral comum exclusivo. Grupos formados desse modo e que incluem todos os descendentes desse ancestral exclusivo são chamados **monofiléticos** (do grego, *mónos* = um, único). Um exemplo de apomorfia seria o tamanho do cérebro dos seres humanos e um exemplo de plesiomorfia seria a locomoção quadrúpede dos primatas, tendo em vista que esta ocorre em todos os grupos de mamíferos.

Peça aos estudantes que leiam a parte inicial do Tema 1 (até o tópico **Classificação dos primatas**) e que, depois, formem grupos de dois ou três componentes. Distribua uma cópia do roteiro a seguir. Esse momento favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, pois são estudadas a organização e a composição do corpo humano.

Roteiro da atividade

Leiam o quadro comparativo entre gorilas e chimpanzés e os humanos.

Características	Gorilas e chimpanzés	Seres humanos
Postura / caminhada	Arqueada / quadrúpede	**a**
Tamanho dos braços e das pernas	Braços mais longos que as pernas; braços adaptados para se pendurar em galhos e se locomover nas árvores.	**b**
Pés	Sem arco e com dedão oponível, capaz de agarrar galhos.	**c**
Crânio	Inclinado para a frente a partir da coluna vertebral; saliências proeminentes da testa.	**d**
Arcada dentária e dentes	Arcada quadrada, com caninos grandes; dentição com grandes espaços para acomodar os caninos; molares pouco desenvolvidos.	**e**
Face	Perfil inclinado; narinas grandes e mandíbula prognata.	**f**
Tamanho do cérebro	280-705 cm^3 (espécies viventes)	400-2.000 cm^3 (fósseis até espécies recentes)

Discuta com seus colegas

1) Completem as informações faltantes no quadro, com base nos conhecimentos que vocês possuem sobre o assunto.

Respostas esperadas:

a) A postura dos humanos é ereta e o andar é bípede.

b) Pernas mais longas que os braços. Pernas adaptadas para caminhar.

c) Arco do pé bem desenvolvido. Todos os dedos na mesma linha. Adaptados para caminhar.

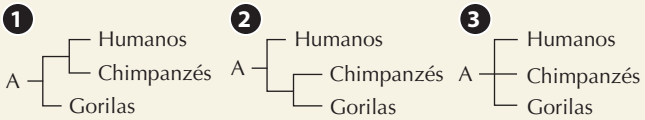
d) Posicionado verticalmente no topo da coluna vertebral; sem saliências proeminentes sobre os olhos.

e) Arcada curva; caninos pequenos e com espaços reduzidos ou ausentes entre si; molares desenvolvidos.

f) Face dos humanos: perfil vertical, narinas pequenas e mandíbula/queixo alinhados com a face (sem prognatismo).

2) Considere os cladogramas a seguir. Explique a diferença entre eles quanto às hipóteses de parentesco evolutivo entre seres humanos, gorilas e chimpanzés.

Respostas esperadas: em 1, seres humanos e chimpanzés são mais intimamente aparentados entre si; em 2, chimpanzés e gorilas são mais intimamente aparentados entre si; em 3, não há dicotomias, ou seja, há dúvidas da proximidade entre esses três grupos.



MODERNA

3) Consultem a **figura 1.3** do Livro do estudante e observem a relação entre chimpanzés, seres humanos e gorilas. De acordo com os caracteres apresentados no quadro no início desta atividade, como vocês explicam similaridades entre chimpanzés e gorilas apresentadas na coluna 2? Por que elas não servem de indicativo de maior proximidade filogenética entre esses grupos?

Resposta: Espera-se que os estudantes percebam que a hipótese mais aceita de parentesco entre esses grupos é de que os chimpanzés são o grupo-irmão ou grupo mais próximo dos seres humanos (considerando apenas os grupos viventes). Nesse contexto, eles devem perceber que as similaridades entre gorilas e chimpanzés citadas no quadro são, na verdade, plesiomorfias.

Fonte: National Academy of Sciences. 1998. Teaching About Evolution and the Nature of Science. Washington, DC: The National Academies Press. Disponível em: <https://www.nap.edu/catalog/5787/teaching-about-evolution-and-the-nature-of-science>. Acesso em: 27 jul. 2020.

• Etapa 2

Nesta etapa serão estudados aspectos da evolução dos hominínios. Inicie este estudo desenvolvendo a dinâmica do *World Café*, que objetiva aflorar a inteligência coletiva por meio do diálogo e da interação, o que permite desenvolver as **Competências Gerais 2, 4 e 9**, uma vez que utiliza uma abordagem criativa e com diferentes linguagens para partilhar ideias e expressar informações de maneira empática e respeitosa.

Peça aos estudantes que formem grupos de até cinco integrantes. Disponibilize cartolina ou papel metro (papel pardo ou branco comercializado por metro), canetinhas coloridas e bloco de notas para que os integrantes dos grupos colaborem com desenhos, palavras-chave e ideias.

Peça aos grupos que promovam uma discussão para propor escolhas ou caminhos para lidar com algumas das situações que ocorreram durante a história dos hominínios na Terra, descritas adiante nos cenários de 1 a 5. Se o número de grupos for maior que 5, avalie se é possível que alguns deles trabalhem com 6 integrantes, ou se a melhor solução é que mais de um grupo trabalhe com o mesmo cenário. Apresente um cenário por grupo, que deverá discuti-lo em tempo preestabelecido (15 a 20 minutos). No final, peça aos grupos que elaborem um parágrafo que represente a ideia deles para o cenário. Utilize essas informações para acompanhar a aprendizagem dos estudantes e replanejar suas ações.

Ao final da aula, fomente uma conversa com os estudantes, convidando-os a partilhar as suas ideias e o conhecimento coletivo aflorado com a dinâmica, através dos parágrafos produzidos por cada grupo. Essas discussões favorecerão o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS102**, pois permitirão aos estudantes relacionar a evolução humana às circunstâncias históricas que guiaram o surgimento das sociedades, e da habilidade **EM13CNT208**, uma vez que os estudantes vão analisar a história humana considerando diversos fatores.

A seguir, são apresentados os cinco cenários. Observe que eles estão organizados para trabalhar o aumento da complexidade nas interações entre os seres humanos, o que torna a socialização das ideias imprescindível para a continuação da atividade.

- Cenário 1: Você faz parte de um clã ou pequeno grupo de pessoas nômades no início da pré-história. Como nômades, vocês vivem mudando de lugar, e atualmente estão em uma nova área. O que vocês precisam fazer para sobreviver?
- Cenário 2: Seu clã se estabeleceu em uma nova área, porém é continuamente ameaçado por um clã que vive em uma área próxima e insiste em caçar em seu território. Como vocês planejam sobreviver?
- Cenário 3: Seu clã cresceu e continua crescendo a ponto de o alimento obtido com a caça e a coleta não ser mais suficiente. Como você pretende sobreviver?
- Cenário 4: Novas tecnologias têm gerado sobra de alimentos. Como seu clã se adapta a essa situação?
- Cenário 5: Seu clã cresce cada vez mais depressa e agora estabeleceu um assentamento. Como vocês vão se adaptar a essa situação?

Durante a socialização dos grupos, pergunte aos estudantes quando eles acham que os povos antigos começaram a se voltar para o desenvolvimento da arte e da cultura. Nesse momento, mencione que o surgimento da agricultura se deu de modo independente em diferentes sociedades, cada uma utilizando o vegetal naturalmente disponível na área em que vivia, por exemplo: o milho nas Américas, o trigo no Oriente Médio, o arroz no Sudeste Asiático, os inhames no oeste africano e as batatas nos Andes.

Após a realização da dinâmica, na aula seguinte ou como tarefa de casa, peça aos estudantes que leiam o tópico **Evolução dos Hominini e do gênero *Homo*** do Livro do estudante. Esse é um momento oportuno para trabalhar em conjunto com os professores de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, já que nessa área a pré-história, dividida em Paleolitico, Neolítico e Idade dos metais, compreende o estudo do ser humano nos primórdios da humanidade. Pode ser proveitoso relembrar como a história caracteriza esses períodos, uma vez que aspectos históricos e biológicos são complementares e que essa integração possibilita ao estudante ter uma visão mais completa da época.

Na aula seguinte, peça aos estudantes que formem grupos novamente e criem um fluxograma com as etapas relevantes da evolução humana que levaram ao surgimento do *cheeseburguer* (x-búrguer) que comemos hoje em dia. Essa atividade favorece as **Competências Gerais 4 e 9**, uma vez que os estudantes podem utilizar diferentes linguagens para partilhar informações e desenvolver a empatia ao trabalhar em equipe. O conteúdo trabalhado favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT208**, **EM13CHS101** e **EM13CHS105**, pois relaciona a história da humanidade, desde a passagem para o

EDIÇÃO MODERNA

estilo de vida sedentário, com o estabelecimento da agropecuária, até o desenvolvimento de tecnologias pós-revolução industrial e os efeitos desses processos no meio ambiente. Alguns aspectos importantes que devem ser mencionados no fluxograma são: a mudança do estilo de vida nômade para o sedentário; o domínio do fogo; a plantação de grãos; a domesticação do gado; o surgimento de máquinas para moer carne; a criação de sistemas de refrigeração; a seleção de vegetais, como alface, tomate e mostarda; e os aspectos culturais que se relacionam ao ato de comer hambúrguer. Ressalte para a turma que não é necessário elaborar um fluxograma de toda a história humana e, sim, algo que utilize as informações contidas no texto para explicar a existência de um alimento atual. Ressalte, porém, que as etapas do fluxograma precisam estar conectadas, criando relações de causa e efeito. Para finalizar a atividade, peça aos grupos que troquem os fluxogramas e analisem os produtos dos colegas, buscando avaliar a riqueza de informações e a coerência entre as conexões. Depois, fomente uma discussão sobre as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da atividade. Por fim, verifique a aprendizagem dos estudantes por meio da seção **Atividades**, presente no Livro do estudante. Aproveite e proponha a reflexão sobre a questão da seção **Reflita sobre seu aprendizado!**. Por viabilizar a autoavaliação do processo de aprendizagem, essa atividade favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como a autoavaliação, viabilizando, portanto, a mobilização das **Competências Gerais 1 e 6**.

Tema 2 – Populações e comunidades

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Explicar o efeito limitante dos recursos no aumento da densidade populacional.
- Discutir a tendência de crescimento demográfico humano, interpretando as variações no tamanho da população humana ao longo de sua história.
- Compreender os riscos da explosão demográfica e os problemas ambientais a eles associados.
- Reconhecer que a densidade e o tamanho das populações resultam da combinação de taxas de mortalidade, natalidade, emigração e imigração, sendo regulados pelas relações ecológicas entre as espécies da comunidade.
- Explicar as principais relações ecológicas, reconhecendo seus efeitos sobre as espécies envolvidas e seu papel na regulação do tamanho das populações.
- Correlacionar sucessão ecológica e dinâmica dos ecossistemas reconhecendo as principais variáveis: biomassa, produtividade e biodiversidade.
- Reconhecer as etapas de uma sucessão ecológica e prever suas tendências.
- Identificar as interferências socioculturais no ambiente ao longo do desenvolvimento da civilização humana e posicionar-se criticamente diante das soluções para os problemas ambientais propostas em âmbito individual e governamental.

Subsídios para o planejamento

O conteúdo deste Tema deve ser ministrado pelo professor do componente curricular **Biologia**. Como o objetivo geral do Tema é apresentar aos estudantes os principais conceitos em Ecologia de populações, tendo como foco a população humana, serão oportunas as interações com o professor do componente curricular **Matemática**, desenvolvendo, assim, a habilidade **EM13MAT510**, e com o professor da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, por meio da análise de gráficos populacionais, pirâmides etárias e eventos históricos que impactaram o crescimento populacional humano e os efeitos da ação antrópica no ambiente natural, desenvolvendo por conseguinte as habilidades **EM13CHS103**, **EM13CHS106** e **EM13CHS206**.

O estudo deste Tema será dividido em etapas para facilitar a mediação do professor durante as aulas e permitir que os estudantes sejam agentes participativos do processo de aprendizagem.

- **Etapa 1: Introdução aos conceitos de população e comunidades**

Para que os estudantes tenham uma visão geral dos efeitos do crescimento populacional sobre os recursos naturais disponíveis no planeta, inicie o estudo do Tema com o tópico **Prática investigativa** do Livro do estudante. Nessa atividade, os estudantes terão a oportunidade de relembrar conceitos estudados no Ensino Fundamental, vivenciar uma investigação científica – o que favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 2** –, e utilizar conceitos matemáticos expressos em forma de gráficos e tabelas.

Em um laboratório de informática ou utilizando os *smartphones* pessoais na própria sala de aula, peça aos estudantes que pesquisem a relação entre crescimento populacional e oferta de recursos e respondam às questões do tópico **Prepare-se!** Chame a atenção deles para a questão 2, incentivando-os a elaborar a(s) hipótese(s) para, depois, compará-la(s) com os resultados observados na prática. Discuta com os estudantes as expectativas deles. Questione o que eles acham que a falta de alimento para suprir a necessidade de todos os indivíduos de uma população poderia acarretar.

Organize a turma em grupos e peça que leiam o texto introdutório da **Prática investigativa**, o objetivo, o material necessário, e que executem o experimento seguindo as orientações descritas no item Procedimentos. Por fim, pergunte aos estudantes o que eles entendem por população e comunidade. Se eles não conseguirem chegar a uma conclusão, explique esses conceitos e depois peça-lhes que os relacionem ao con-

MODERNA

ceito de biosfera. Em seguida, peça aos estudantes que formem duplas e discutam os tipos de informação necessários para estudar uma população. Solicite que compartilhem as respostas com a turma e compile no quadro de giz uma lista que deve incluir aspectos relacionados ao clima, aos recursos disponíveis, aos fatores abióticos e aos fatores bióticos. Continue a discussão questionando: "Os aspectos levantados são constantes ao longo do tempo?". Guie os estudantes à conclusão de que alterações nesses fatores afetam diretamente as espécies dependentes deles e podem levar à extinção local ou mesmo global. Peça, então, aos estudantes que formulem um conceito para **equilíbrio ecológico** com base nos dados discutidos. O estudo desse assunto favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**, de modo que os estudantes devem avaliar e prever os efeitos de intervenções antrópicas nos ecossistemas, bem como discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade.

- **Etapa 2: Propriedades de uma população**

Nesta etapa, recomende aos estudantes que leiam e estudem, no Livro do estudante, o tópico **Propriedades de uma população** (exceto o item "Estrutura etária") no período extraclasse. Esse estudo individual deve se assemelhar ao método da sala de aula invertida, por isso, peça a eles que tomem nota dos tópicos importantes e também das dúvidas a serem discutidas em sala de aula. Nesse momento, os estudantes terão oportunidade de desenvolver as habilidades **EM13CNT203**, **EM13CNT206** e **EM13CNT306**, ao abordarem os impactos da ação antrópica sobre as populações. O estudo da interferência humana nas mudanças do planeta também favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT309**, de modo que fomenta uma discussão em relação às questões socioambientais e à utilização de recursos não renováveis.

Em sala de aula, solicite aos estudantes que formem grupos com cinco componentes e discutam entre eles as dúvidas e os principais tópicos estudados. Ajude-os a resolver as dúvidas e esclareça os equívocos conceituais. Depois, peça aos grupos que debatam e respondam às seguintes questões:

1) É possível que uma população cresça infinitamente?
2) O que limitaria o crescimento de uma população de lobos? E de uma de ratos? E de uma de seres humanos?
3) Por que os seres humanos podem apresentar fatores limitantes distintos dos de outros seres vivos?
4) Que fatores você acredita serem os mais limitantes para o crescimento de populações em geral?

Essa atividade favorece diretamente o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, pois são trabalhados conceitos fundamentais da ecologia, e também permite o desenvolvimento das **Competências Gerais 7 e 9**, visto que os estudantes devem argumentar para responder às questões e usar a empatia e o respeito para debater ideias com os colegas.

Finalizado o debate, proponha aos grupos o *jogo da ecologia de populações*, descrito a seguir. Por meio desse jogo, além da habilidade e das competências anteriormente citadas, os estudantes terão a chance de desenvolver uma abordagem investigativa para compreender as propriedades das populações, o que favorece também o aprofundamento da **Competência Geral 2**.

Inicie a atividade apresentando a seguinte situação: "Você é um entomólogo especialista em borboletas e, depois de certo tempo visitando um mesmo local, percebe que alguns eventos estão afetando as populações que você acompanha. Então, decide coletar os dados relacionados a essas populações para compreender como esses eventos modificam essa comunidade ao longo do tempo".

Material (para cada grupo)

- um dado de 6 faces;
- 20 pequenos pedaços de papel de cada uma das cores: branca (recursos); azul, vermelha, amarela e verde (quatro diferentes populações). Recorte-os no formato que achar adequado ou use um furador de papel para produzir pequenos discos. Mantenha as cores separadas;
- tesoura sem ponta;
- folha de papel em branco para que os grupos componham a tabela de anotação dos dados;
- 1 *kit* dos cartões a seguir com os 15 eventos que poderão acometer as populações;
- 1 caixa ou recipiente para guardar os cartões dos eventos, a fim de que possam ser sorteados ao acaso.

Modelo de cartões de eventos				
Número:____ Evento: uma chuva inesperada provocou a floração adiantada da espécie de planta da qual as borboletas amarelas se alimentam. Ação: Dobre os recursos da população amarela.	Número:____ Evento: Uma nuvem de defensivos agrícolas recobriu a floresta e matou grande parte das borboletas por asfixia. Contudo, as borboletas vermelhas têm um espiráculo traqueal que filtra os gases antes de estes entrarem na traqueia delas. Ação: Elimine 1/4 da população vermelha e 1/2 das outras populações.	Número:____ Evento: Um número limitado de fêmeas das borboletas verdes gerou disputas na estação reprodutiva e, com isso, alguns machos se machucaram. Ação: Remova 15 indivíduos da população verde.	Número:____ Evento: Uma geada destruiu as flores de onde a população amarela se alimentava. Ação: Remova metade dos recursos da população amarela.	Número:____ Evento: Uma queimada no sub-bosque fez com que metade da população verde fugisse em busca de um novo lar. Ação: Remova metade da população verde.
Número:____ Evento: Um grupo de borboletas azuis encontrou um tipo de flor do dossel que apresenta um néctar bastante nutritivo. Ação: Adicione 3 recursos para a população azul.	Número:____ Evento: Um parasita das escamas de borboletas altamente mortal invadiu a floresta. Ação: Elimine 1/3 de todas as populações de borboletas.	Número:____ Evento: Um predador que não enxerga azul e amarelo passa a viver no mesmo local que as borboletas. Ação: Elimine 3/4 das populações verde e vermelha.	Número:____ Evento: Um vendaval carregou 22 borboletas azuis para a floresta. Ação: Acrescente 22 indivíduos à população azul.	Número:____ Evento: As borboletas amarelas passaram por um problema hormonal durante a muda e muitas não conseguiram se transformar. Ação: Elimine 1/5 da população amarela.
Número:____ Evento: A diminuição do estresse reprodutivo permitiu que as borboletas vermelhas colocassem duas vezes mais ovos. Ação: acrescente duas lagartas para cada par de borboletas no próximo ciclo reprodutivo das borboletas vermelhas.	Número:____ Evento: Uma chuva intensa na estação reprodutiva impediu o acasalamento das borboletas. Ação: nenhuma população deve se reproduzir nesta rodada.	Número:____ Evento: A planta de onde se alimentavam as lagartas azuis desapareceu em razão de uma praga de formigas. Ação: Elimine todos os filhotes das borboletas azuis neste ciclo reprodutivo.	Número:____ Evento: Uma floresta próxima é destruída para se transformar em uma plantação de soja. Nessa floresta havia diversas borboletas amarelas. Ação: Acrescente 25 borboletas amarelas à sua população.	Número:____ Evento: As borboletas amarelas e as verdes passaram a competir pelo local de muda depois que um fungo se espalhou pelo local onde elas faziam a ecdise. As borboletas verdes encontraram uma nova fonte de alimento. Ação: Elimine 3/4 da população amarela.

Instruções de encaminhamento do jogo

O jogo se inicia com 4 populações de borboletas (amarelas, vermelhas, verdes e azuis), cada uma com 20 indivíduos. Para cada população, 5 pedaços de papel branco serão adicionados (representam os recursos). Cada população deve ser de responsabilidade de um estudante, e o quinto estudante do grupo será o responsável por sortear os cartões de eventos e apresentá-los para o grupo. O jogo consiste em 10 repetições das etapas de I a VI descritas abaixo. Entre cada uma das etapas, os estudantes devem anotar os dados de quantidade de indivíduos de cada população em uma tabela à parte (folha de papel em branco ou caderno).

I. O responsável por sortear os eventos retira do monte um cartão e o lê para o grupo. Depois, deve anotar no cartão, no espaço reservado, o número 1, pois esse corresponderá ao primeiro evento. Nas demais rodadas, os números seguirão em sequência. Uma vez lido o cartão e o número anotado, ele deve ser colocado de lado. Os responsáveis pelas populações afetadas devem realizar a ação descrita no cartão.

II. Os estudantes responsáveis pelas populações devem computar, em uma tabela à parte, o número de borboletas de cada cor que ainda existe depois do evento.

III. Após cada evento, deve ocorrer um ciclo reprodutivo. Para cada 2 indivíduos da mesma cor, deve-se adicionar um novo indivíduo da mesma cor. Todas as populações passam por esse ciclo.

IV. Os estudantes responsáveis pelas populações devem computar, em uma tabela à parte, o número de borboletas de cada cor que ainda existe depois do ciclo reprodutivo.

V. Se as populações ultrapassarem a capacidade de suporte do ambiente, elas sofrerão com a falta de alimento e abrigo. Para isso, joga-se o dado para cada população para simular a capacidade de suporte do ambiente após o ciclo reprodutivo. Se o dado parar no número ímpar, adicione o número obtido em forma de recursos (papel branco) para a população. Se o dado parar em um número par, retire da população os recursos equivalentes ao número que for

MODERNA

sorteado. Cada recurso (papel branco) pode manter até 20 borboletas. Se, ao final do cálculo, o número de borboletas na mesa for maior que o sustentável com os recursos disponíveis, remova-as até o tamanho da população se adequar dentro da capacidade de suporte.

VI. Os estudantes responsáveis pelas populações devem computar, em uma tabela à parte, o número de borboletas de cada cor que ainda existe depois do cálculo da capacidade de suporte.

Uma vez terminadas as dez repetições das etapas I a VI, peça aos grupos que finalizem as tabelas e respondam às questões a seguir, que, após resolução, deverão ser discutidas com os demais estudantes da sala:

1) Analisando suas observações, quão distintas são as populações de borboletas quando comparadas aos valores iniciais?

Resposta variável. Nessa análise, os estudantes podem identificar que algumas populações desapareceram ao longo do jogo ou que agora são representadas por poucos indivíduos, enquanto outras poderão se tornar dominantes.

2) Quais populações de borboletas estavam próximas da capacidade de suporte do ambiente?

Resposta variável e dependente dos cartões sorteados ao longo do jogo.

3) Classifique os eventos que aconteceram ao longo do desenvolvimento de sua população, identificando-os como fator biótico; fator abiótico; imigração; emigração; taxa de natalidade; taxa de mortalidade. Use mais de um se considerar necessário.

Resposta variável e dependente dos cartões sorteados ao longo do jogo.

4) Que tipo de evento mais impactou suas populações de borboletas?

Resposta variável e dependente dos cartões sorteados ao longo do jogo.

5) Em sua opinião, os eventos simulados pelo jogo e as mudanças por eles causadas à comunidade poderiam ocorrer em ambiente natural? Justifique sua resposta.

Resposta variável. Espera-se que os estudantes reflitam sobre os eventos do jogo e comparem-nos com os impactos que as populações sofrem tanto por fatores ambientais quanto pela ação humana.

Fonte: WALTHER, A. The Game of Population Changes. Disponível em: <https://www.cpalms.org/Public/PreviewResourceLesson/Preview/152046>. Acesso em: 27 jul. 2020.

De modo a dar fechamento ao trabalho com esses conteúdos, recorra aos resultados dos coletados pelos estudantes ao longo do jogo para sistematizar os conceitos acerca das propriedades das populações e a dinâmica populacional.

- **Etapa 3: Interações ecológicas e Ecologia de comunidades**

Solicite aos estudantes que, no período extraclasse assistam às videoaulas 4, 5 e 6 sobre Ecologia da Univesp, indicadas na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Além disso, peça que leiam o tópico **Ecologia das comunidades** do Livro do estudante. Com base nesse estudo, eles devem anotar o que entenderam e as dúvidas que surgiram e elaborar duas questões sobre o assunto. Nesse momento de estudo individual, os estudantes terão a oportunidade de utilizar vídeos e tecnologias digitais para encontrar informações que lhes permitam argumentar com os colegas e exercitar a autonomia e a responsabilidade de serem agentes da própria aprendizagem. Isso favorece diretamente as **Competências Gerais 4, 5, 7 e 10**.

Em sala de aula, oriente os estudantes a formar grupos e compartilhar as tarefas realizadas. Nesse momento, o papel do professor é mediar as interações entre os integrantes dos grupos, dirimir suas dúvidas e incentivá-los a discutir sobre o que aprenderam. Questione, por exemplo, quais foram as interações ecológicas abordadas nos vídeos que não aparecem no Livro do estudante. Peça que juntem todas as questões elaboradas com as respectivas respostas e entreguem-nas a você. Utilize esse material para acompanhar a aprendizagem dos estudantes e identificar as possíveis lacunas em conteúdos trabalhados nessa etapa. As discussões em grupo favorecem o desenvolvimento da empatia e do respeito à diversidade de saberes e opiniões, bem como a capacidade de argumentar com base em informações confiáveis, como preconizam as **Competências Gerais 7 e 9**, foco principal desta etapa.

Depois, em uma roda de conversa, fomente uma discussão sobre as interações bióticas pedindo aos estudantes que descrevam os principais tipos de interação ecológica entre os seres vivos de uma comunidade. Esse tema é um dos fundamentos da Ecologia e, por isso, permite desenvolver a habilidade **EM13CNT202**. É comum que os exemplos escolhidos sejam os mais notórios, e que certos exemplos sejam discutíveis quanto à classificação, pois uma interação entre duas populações pode não se encaixar exatamente entre os tipos descritos.

Faça uma lista no quadro de giz com as interações identificadas pelos estudantes e, para fechar a discussão, esclareça que as interações ecológicas ainda provocam muitas dúvidas, principalmente em questões do Enem e de vestibular. Comente que a classificação das relações ecológicas varia conforme os diferentes autores de livros voltados ao Ensino Superior. Contudo, é unânime ressaltar a dificuldade em classificar de forma precisa as relações ecológicas. Comente que organismos comensais, por exemplo, podem se tornar parasitas de seus hospedeiros, caso ocorram determinadas modificações no ambiente. Apresente, então, como exemplo a classificação das relações ecológicas produzida por Odum (2007), indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Essas informações são importantes porque aprofundam o que os estudantes viram no Livro do estudante e nos vídeos, dando espaço para discutir o contexto em que essas classificações podem ser utilizadas. Odum (2007) afirma que, teoricamente, populações de duas espécies interagem das seguintes formas, algumas delas até com subtipos:

- (0 0) neutralismo;
- (− −) competição;

MODERNA

- (− −) competição por interferência direta, em que as duas populações inibem ativamente uma à outra;
- (− −) competição por exploração ou uso de recursos, em que cada população afeta adversamente a outra, de forma indireta, na obtenção de recursos limitados;

- (+ +) mutualismo;
  - (+ +) mutualismo, quando as duas populações têm interação favorável, tornando-se completamente dependentes uma da outra;
  - o (+ +) protocooperação, quando ambas as populações interagem favoravelmente, mas não de forma obrigatória;
- (+ 0) comensalismo;
- (− 0) amensalismo;
- (+ −) predação;
  - (+ −) herbivoria;
  - (+ −) parasitismo.

Comente outros tipos de interação ecológica descritos por outros autores, como a forésia – transporte de uma espécie por outra, a sinfilia – quando uma espécie se aproveita do trabalho da outra sem lhe causar danos, e o inquilinismo – quando duas espécies vivem juntas, mas apenas uma se beneficia. Muitos autores consideram o inquilinismo uma forma de comensalismo. Outra forma de agrupar as interações entre espécies é classificá-las em interações simbióticas (mutualismo, comensalismo e parasitismo) e não simbióticas (protocooperação, amensalismo, predatismo e competição). Nesse caso, o critério é o grau de intimidade do contato entre os organismos interatuantes. Ressalte que as diversas classificações para as relações ecológicas podem produzir dificuldades em questões nos vestibulares, nas quais pode surgir mais de uma alternativa correta, visto que, se o enunciado da questão não informar que classificação está sendo usada, fica difícil para os estudantes, por exemplo, encaixarem a relação descrita no enunciado em uma daquelas mencionadas nas alternativas da questão.

Alguns problemas que envolvem esses conceitos e para os quais eles precisam estar atentos são:

- **epífitas**: podem ser um exemplo de inquilinismo ou de comensalismo, nesse caso quando o inquilinismo não está entre as relações ecológicas listadas;
- todos os casos de **protocooperação** podem ser exemplos de mutualismo, desde que a protocooperação não figure entre as relações ecológicas listadas;
- alguns exemplos de **mutualismo**: ungulados (como o gado) e bactérias do estômago; cupim e flagelados que digerem a celulose na madeira; saúvas do gênero *Atta* e fungos que são cultivados para sua alimentação; micorrizas; bacteriorrizas; liquens (com ressalvas, pois há liquens cuja relação é de parasitismo do fungo sobre a alga); formigas e acácias. No último caso, as árvores abrigam as formigas e fornecem alimento para elas. As formigas fazem seus ninhos em cavidades especiais nos galhos e, em troca, protegem as árvores contra insetos herbívoros. Removendo-se experimentalmente as formigas, a árvore é atacada e acaba sofrendo;
- **predação e herbivoria**: Odum (2007) considera herbivoria a situação em que o predador é um consumidor primário (geralmente um animal herbívoro) e a presa ou o "hospedeiro" é um produtor primário (um vegetal). Esses dois termos têm gerado confusão em vestibulares que consideram predação diferente de herbivoria; assim, seria considerada predação tanto quando o predador mata e come a presa como quando um herbívoro come uma semente, porque dentro dela há um embrião. Não se falaria em herbivoria quando um herbívoro come parte de uma planta e não a mata. No entanto, Odum (2007) inclui a herbivoria como um tipo de predação. Brewer (1994) também utiliza herbivoria para todos os herbívoros, até para os que se alimentam de sementes, embora mencione que esses animais comedores de sementes seriam, funcionalmente, mais semelhantes à predação que outros tipos de herbivoria (como comer partes de plantas, o que é feito pelo gado, por gafanhotos, veados, coelhos). Definindo predação, Brewer (1994) afirma claramente que predador é o organismo que mata e come animais ou protozoários.

Conecte a discussão sobre as relações ecológicas que podem existir dentro de uma comunidade com a distribuição de abundâncias das espécies que as compõem perguntando aos estudantes como as relações ecológicas e as abundâncias de espécies se relacionam. Se necessário, instigue-os a pensar sobre as abundâncias de presas e predadores em uma comunidade. Em seguida, utilize a **figura 2.6** no Livro do estudante, para que eles tenham oportunidade de identificar as espécies raras e as dominantes, e esclareça que o cálculo da diversidade leva em consideração a quantidade de espécies e suas abundâncias relativas.

Finalize a discussão comentando as tendências de uma sucessão ecológica e, para isso, utilize a **tabela 2.1** no Livro do estudante.

• Etapa 4: Estrutura etária e o Antropoceno

A estrutura etária de uma população aplica-se diretamente às populações humanas e, por isso, será mais proveitoso abordá-la nesta etapa, uma vez que aqui também é abordado o Antropoceno. Esta etapa deverá ser desenvolvida no laboratório de informática, por isso reserve-o com antecedência. Caso a escola não disponha desse recurso, peça aos estudantes que usem seus aparelhos celulares para realizar a pesquisa.

Organize os estudantes em duplas e peça que leiam o texto **Estrutura etária** no Livro do estudante. Em seguida, eles devem visitar o *site* do IBGE, recomendado no quadro **Fique por dentro**. Conectados ao *site*, peça que respondam às seguintes perguntas no caderno:

1) Qual é a população do Brasil neste momento (momento em que você abriu o *site*)?

Resposta variável.

2) Examine a pirâmide etária de cada Unidade da Federação e identifique:

COMPONENTE

a) Qual é o estado com maior potencial de crescimento populacional, ou seja, menor tempo médio para aumento da população?

Resposta variável. Possivelmente a resposta ainda será São Paulo.

b) Qual é o estado com menor potencial de crescimento populacional, ou seja, maior tempo médio para aumento da população?

Resposta variável. As pirâmides mais retangulares evidenciam menor potencial de crescimento populacional do que as pirâmides mais alargadas na base.

3) Examine o gráfico da projeção da evolução dos grupos etários do Brasil de 2010-2060 (em qualquer Unidade da Federação, logo abaixo do gráfico da pirâmide etária). Qual é a tendência da população brasileira? Como você comprova a sua afirmação?

Resposta variável. A projeção atual é de que a população brasileira envelhecerá nos próximos 50 anos. O estudante poderá corroborar essa afirmação passando o mouse pelo gráfico e anotando os valores inicial e final das frequências etárias das três grandes parcelas da população: 0 a 14 anos, 15 a 64 anos e acima de 65 anos.

4) Cite pelo menos dois problemas diretamente relacionados ao aumento populacional.

Resposta variável. Alguns exemplos são: o aumento da poluição, o aumento do desmatamento para a produção de alimentos e a destruição do ambiente.

Nesta atividade, os estudantes vão desenvolver a empatia ao trabalhar em duplas, bem como a capacidade de argumentar com base em dados, utilizando tecnologias digitais, como preconizam as **Competências Gerais 5, 7 e 9**. Serão também desenvolvidas as habilidades **EM13MAT510**, com a análise de gráficos e a realização de operações matemáticas; **EM13CHS106**, com a utilização de gráficos para compreender o crescimento populacional brasileiro; **EM13CHS103**, com a análise, por meio de gráficos, de diferentes situações geográficas no país; e **EM13CHS206**, com a observação e o estudo da escala de atuação humana nas questões ambientais.

Finalizada a tarefa, peça aos estudantes que visitem o *site* World Population History, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, para realizar uma atividade sobre o crescimento populacional mundial. Essa página está em língua inglesa, o que permitirá aos estudantes desenvolver parcialmente a habilidade **EM13LGG403**. Para facilitar a navegação deles, apresentamos a seguir o passo a passo. Se considerar necessário, e possível, convide o professor do componente curricular **Língua Inglesa** para participar da atividade.

Objetivo

Observar os efeitos do crescimento populacional humano em nível mundial.

Procedimentos

I. Peça para que os alunos acessem o endereço <https://worldpopulationhistory.org/map/1/mercator/1/0/25/>.

II. Caso surja um *pop-up* na página, peça que cliquem no X que está no canto superior direito dessa janela ou no retângulo dentro do *pop-up*, onde se lê "*explore the map*".

III. Na parte superior esquerda da janela, peça que posicionem o cursor na palavra *Overlays*, que fará abrir uma aba para baixo.

IV. Nessa aba, peça que cliquem em "*Fossil Fuel CO_2 Emissions 1751-2010*" (surgirá uma barra vertical na lateral direita da tela que varia de cinza a vermelho e onde se lê a mesma informação do botão clicado).

V. Depois, peça que posicionem o cursor em "*Map Features*" e abram essa aba.

VI. Peça que cliquem, então, em "*Population dots*" (todos os pontos amarelos, que representam populações humanas, desaparecerão do mapa).

VII. Em seguida e ainda na mesma aba, peça que cliquem em "*Milestone*" (dois losangos vão desaparecer) e o mapa estará completamente vazio.

VIII. No canto inferior direito, acima da linha vermelha, encontram-se botões, como em um rádio, que permitem que os estudantes visualizem uma animação do mapa e da linha do tempo.

IX. Para avaliar as emissões de CO_2 ano a ano, os estudantes podem utilizar o quadrado "*Year*", no canto superior direito da tela. Note que se clicar em um número, aparecem setas que permitem aumentar ou diminuir a numeração.

X. Peça que respondam às questões 1, 2 e 3 a seguir.

XI. Em seguida, peça que retornem à aba "*Map Features*" e cliquem em "*Population dots*". A animação poderá ser ligada novamente.

XII. Peça que respondam às questões 4 e 5.

Questões

1) Em que ano aparece a primeira medida de tonelada de CO_2 no mapa? Em que local? Como você explica isso?

Resposta: A primeira marca de CO_2 aparece em 1854 (ou em torno de 1850), no Reino Unido e pode ser explicada pela primeira Revolução Industrial, que se iniciou em torno de 1760 e permitiu a utilização de carvão para produzir energia e alimentar máquinas.

2) O que acontece com as medidas de CO_2 com o passar dos anos?

Resposta: Com o passar dos anos, as medidas de CO_2 aumentam.

3) Onde apareceu a primeira mancha vermelha indicando 250 toneladas de CO_2?

Resposta: Nos Estados Unidos.

4) "*Population dots*" representam populações humanas. Que relação você identifica entre essas populações e a emissão de CO_2?

Resposta: O aumento da população leva ao aumento das emissões globais de CO_2. A população mundial e as emissões de CO_2 começaram a crescer depois da Revolução Industrial, quando avanços na medicina, na tecnologia e em saneamento resultaram na elevação da expectativa de vida, bem como na demanda por energia. Os estudantes poderão

MODERNA

ampliar essa resposta para a conclusão de que quanto mais a população crescer, maior será a emissão de CO_2 no mundo.

5) Analisando as emissões de CO_2, você as considera igualmente dispersas ou concentradas? O que é possível inferir sobre a distribuição do CO_2 e das cidades?

Resposta variável. É possível que os estudantes percebam que, apesar de concentradas entre as faixas subtropicais, quando comparadas à distribuição das populações, algumas áreas têm muitas cidades (manchas populacionais) e poucas manchas de emissão de CO_2.

Fonte: WASSERMAN, P.; BLIESE, C. *World Population History*. Lesson 4: The carbon crunch. Disponível em: <https://worldpopulationhistory.org/the-carbon-crunch/>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Com esta atividade também são desenvolvidas as habilidades **EM13MAT510** e **EM13CHS106**, por meio da análise de gráficos para compreender o crescimento da população mundial; **EM13CHS103**, pelo exame da situação populacional do mundo utilizando um mapa cartográfico; **EM13CHS206** e **EM13CHS106**, uma vez que os estudantes trabalham com um problema ambiental mundial provocado pelos seres humanos; **EM13CNT304**, uma vez que precisam debater questões científicas de maneira ética e responsável.

Quando as duplas finalizarem suas respostas, promova um debate sobre as questões e destaque o papel do Antropoceno na crise ambiental atual. Em seguida, peça que retomem os dados coletados na **Prática investigativa** e que, ainda em duplas, retomem as questões do tópico **Discuta com seus colegas**. Depois, oriente uma discussão com base nas respostas e guie os estudantes a concluírem que o crescimento da população humana tem gerado problemas ambientais, econômicos, sociais e de saúde do mundo. Comente as estimativas de que a cada 6 segundos, 15 novas pessoas nascem, e isso corresponde à população de Nova York a cada mês, e à população da Alemanha a cada ano. Faça perguntas que permitam que os estudantes concluam que essa situação representa uma explosão populacional que se iniciou há cerca de 200 anos. Até aqui, são também trabalhadas as **Competências Gerais 2, 5, 7, 9 e 10**, pois os estudantes utilizam uma abordagem investigativa recorrendo a diferentes áreas e tecnologias digitais para expressar ideias e argumentar com base em dados confiáveis, de forma empática e exercendo o protagonismo pessoal e coletivo de maneira consciente e crítica em relação aos problemas ambientais do planeta.

De modo a dar fechamento aos trabalhos com o Tema, recorra à seção **Reflita sobre seu aprendizado!**, propondo aos estudantes que revisitem os objetivos da unidade e identifiquem quais são as partes dele que se relacionam ao conteúdo estudado neste Tema. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando, portanto, a mobilização das **Competências Gerais 1 e 6**. Em conjunto com a autoavaliação dos estudantes, utilize as elaborações deles ao longo de todo o trabalho como forma de avaliar a aprendizagem continuamente, identificando e dirimindo as lacunas de compreensão.

Tema 3 – Metais e seus minérios

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Explicar as características e as diferenças de metais, minerais e minérios, analisar e representá-los 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.
- Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes metais e de seus minérios para propor soluções de usos e descartes responsáveis.
- Analisar historicamente e de forma crítica o conceito de metais pesados, avaliando seus benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, propondo soluções para seus usos e descartes responsáveis.
- Examinar as propriedades dos terras-raras para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações, propondo soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local.
- Compreender e diferenciar as propriedades dos metais e de seus minérios e relacioná-los aos seus modelos de ligações iônica e metálica.
- Reconhecer as contribuições científicas, tecnológicas, culturais e sociais dos povos africanos para a sociedade brasileira, sobretudo no episódio histórico do ciclo do ouro e da exploração mineral.
- Analisar e avaliar criticamente os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas ligadas à exploração de recursos naturais, como o caso da mineração em solo brasileiro.

Subsídios para o planejamento

O Tema 3 deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Química**. Tem como foco discutir as propriedades e as aplicações de metais e minérios, bem como os modelos de ligações químicas que explicam essas propriedades. A sugestão didática para trabalhar este Tema inclui a utilização da dinâmica conhecida como Três Momentos Pedagógicos (3MP) para problematizá-lo e contextualizá-lo com base na história, na cultura e na Ciência de matriz africana, mobilizando assim elementos da **Competência Geral 3**.

Os 3MP buscam ser um meio facilitador para os estudantes expandirem seu conhecimento, tendo o professor como mediador da conexão entre o que eles estudam cientificamente em sala de aula e a realidade do cotidiano. Essa dinâmica se caracteriza em: problematização inicial, organização e aplicação do conhecimento. Na problematização inicial, apresenta-se uma situação real de que os estudantes têm algum conhecimento e com a qual estão envolvidos

EM ABERTA

de alguma forma. Assim, eles devem debater e expor seu pensamento sobre a situação e o professor deve fomentar a discussão explorando explicações contraditórias, mostrando as limitações no conhecimento atual dos estudantes e direcionando-a para a aquisição do conhecimento científico e dos conteúdos curriculares. A finalidade dessa prática é que os estudantes sintam necessidade de adquirir novos conhecimentos.

Na organização do conhecimento, inicia-se o estudo dos conteúdos necessários para a compreensão dos assuntos discutidos na problematização inicial. Para isso, o professor deverá oferecer diversas possibilidades e utilizar diferentes estratégias para sistematizar o conhecimento dos estudantes, como a leitura do Livro do estudante e de material complementar, o trabalho com filmes e documentários, a realização de experimentos e simulações, a exposição oral do conteúdo, entre outras. Finalmente, na aplicação do conhecimento, aborda-se sistematicamente o entendimento que foi sendo incorporado pelos estudantes para que, assim, eles possam analisar e interpretar a situação inicial e aplicar o conhecimento em outras situações-problema. É indispensável que eles utilizem os conhecimentos mobilizados para adquirir um novo olhar sobre o problema inicial. Para aprofundar seu conhecimento acerca dessa metodologia, consulte o trabalho de Muenchen e Delizoicov (2014) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

- **Problematização inicial**

Para dar início, problematizar e contextualizar o Tema, apresente algumas imagens sobre o ciclo do ouro no Brasil que mostram povos africanos, escravizados pelos portugueses no Brasil colônia, trabalhando na extração do ouro e representando a sociedade da época, conforme discutido no artigo de Benite *et al.* (2017). Um exemplo de imagem pode ser consultado no *link* disponível em: <https://www.todoestudo.com.br/historia/ciclo-do-ouro>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Se possível, planeje e trabalhe de forma interdisciplinar com os professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para realizar os debates a seguir. Para auxiliar os estudantes a pensar de maneira visível para si mesmos, para os colegas e para você, utilize a rotina de pensamento *See/Think/Wonder* (Ver/Pensar/Imaginar, ou rotina do Deslumbramento), que ajuda a estimular a curiosidade dos estudantes e prepara o cenário para uma investigação mais profunda.

Organize os estudantes em grupos e peça que observem cuidadosamente as imagens. Em seguida, faça três perguntas: "O que vocês veem nessa imagem?", "O que vocês pensam disso que estão vendo?", "O que os impressiona nisso?". Peça aos estudantes que discutam em grupos e depois compartilhem seus pensamentos com você e com toda a turma. Essa estratégia permite que os estudantes discutam de forma cuidadosa suas observações e manifestem suas concepções iniciais sobre o assunto. Além disso, o trabalho em grupo favorece a apreensão da **Competência Geral 9**, porque estimula a cooperação, a empatia e o diálogo entre os estudantes.

Nesse momento, é importante contextualizar para os estudantes o período histórico e caracterizar a influência da diáspora africana na sociedade brasileira, discutindo as raízes históricas do racismo no Brasil, desde a escravidão. É preciso deixar claro, porém, que os povos africanos não serviram apenas de mão de obra no Brasil. Trouxeram também para o país suas culturas e seus conhecimentos científicos e tecnológicos, tendo em vista que os povos europeus se depararam no Brasil com materiais sobre os quais não detinham conhecimento científico, como é o caso dos minérios.

Novamente, baseie-se no trabalho de Benite *et al.* (2017) para discutir com os estudantes o legado dos povos africanos no campo da Ciência e da Tecnologia, como o uso do ferro, do ouro e de outros metais na fundição e na forjaria de objetos de importância econômica e tecnológica. Essas discussões favorecem a apreensão das **Competências Gerais 1, 3 e 6** e da habilidade **EM13CHS104**, que versam sobre a valorização de manifestações culturais e saberes que caracterizam a identidade e a diversidade cultural de diferentes sociedades inseridas no tempo e no espaço.

Também é interessante, nesse momento, discutir os mitos africanos relacionados ao ofício de ferreiro, como mostra a introdução do Tema no Livro do estudante e pode ser aprofundada por meio da dissertação "Homens de ferro: Os ferreiros na África central no século XIX", (SILVA, 2008), material indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Trabalhe com os estudantes o tópico introdutório do Tema no Livro do estudante, sobre o mito do rei ferreiro, que mostra a relação simbólica entre o domínio da técnica da metalurgia do ferro e o poder. Esse trecho pode ser lido e debatido pelos estudantes para que eles se apropriem da ideia de que o conhecimento científico tecnológico, que não era comum a todos, trazia a ideia de legitimação do poder e mostra a relação simbólica do homem com a natureza por meio de uma divindade. O rei só é de fato rei porque também é um ferreiro, que, por sua vez, tem a possibilidade de acessar o mundo invisível por meio de rituais e interditos, essenciais para a mobilização dos saberes ligados à transformação do minério de ferro. Mais uma vez, essa discussão pode aprofundar o trabalho com a habilidade **EM13CHS104** e a **Competência Geral 1**.

Com base nas discussões sobre o ciclo do ouro no Brasil colônia e o mito do rei ferreiro, faça os questionamentos a seguir, que deverão nortear a dinâmica dos 3MP. É necessário que os estudantes se reúnam em grupos para debater as questões sem consulta prévia a nenhum tipo de material para que percebam que apenas com os conhecimentos iniciais não são capazes de respondê-las, faltando-lhes o conhecimento necessário para prosseguir.

- Qual foi a importância dos minerais para as diversas sociedades ao longo da História? Qual é a sua importância econômica e tecnológica para o Brasil? Quais são os minerais existentes na África e que materiais podem ser produzidos com os metais obtidos?
- Quais são as contribuições no campo científico e tecnológico dos povos africanos para o Brasil?

EM OBRA

- Como são obtidos os metais de importância econômica e tecnológica por meio dos minerais encontrados na natureza? Quais são os impactos ambientais decorrentes de sua extração?
- Quais são as propriedades dos metais e de seus minerais?
- Quais são os modelos que explicam as relações entre seus aspectos macroscópicos, submicroscópicos e simbólicos?

Esses questionamentos foram elaborados com o intuito de contemplar também as **Competências Gerais 1, 2 e 7**, que visam à argumentação com base em fatos, dados e informações confiáveis para defender ideias, ao exercício da curiosidade intelectual e à análise crítica para utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social e cultural.

- **Organização do conhecimento**

Organize os estudantes em grupos e solicite a eles que façam a leitura e o resumo do Tema, destacando o que compreenderam, o que lhes deixou com dúvidas e o que acharam mais importante. A seguir, peça que discutam e registrem uma resposta para cada uma das perguntas propostas na problematização inicial. Durante as discussões, circule pelos grupos observando a postura dos estudantes e procure orientá-los na resolução das perguntas e nas consultas a fontes confiáveis, além do Livro do estudante. Após essas discussões, os grupos deverão compartilhar suas respostas com toda a turma. Deixe visíveis os principais pontos citados pelos estudantes e as dúvidas deles. Depois, esclareça e sistematize os conceitos e observe atentamente as concepções alternativas desenvolvidas pela turma. Essas concepções alternativas serão apresentadas ao longo desta seção e são baseadas nos trabalhos de Fernandez e Marcondes (2006) e Fernandes e Campos (2012), indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Sugira aos estudantes que pesquisem no *site* do Museu de Minerais, Minérios e Rochas Heinz Ebert (disponível em: <https://museuhe.com.br/>, acesso em: 28 jul. 2020) o significado de minerais, exemplos, nomes, estruturas e imagens. Por meio dessa pesquisa, os estudantes poderão perceber que a maior parte dos metais não se encontra na natureza em sua forma nativa, mas combinada com ânions como óxidos, sulfetos, fosfatos, carbonatos etc., e que existe grande diversidade de compostos que podem ser formados. Sem que haja preocupação em memorizar nomes e fórmulas, eles estarão desenvolvendo parcialmente a habilidade **EM13CNT101**.

Peça aos estudantes que pesquisem dados e mapas sobre os recursos minerais africanos para que percebam que a África não é apenas um continente pobre e desassistido e que a reconheçam como um continente com uma pluralidade de territórios e com uma diversidade de culturas e de riquezas, por exemplo, as riquezas minerais. Uma possibilidade é a consulta ao mapa disponível no *link*: <http://gangamacota.blogspot.com/2018/05/africa-principais-recursos-minerais.html>. Acesso em: 28 jul. 2020.

O trabalho de Benite, Silva e Alvino (2016), além do já mencionado de Benite *et al*. (2017), pode servir de aprofundamento para ajudar a trazer uma concepção aos estudantes de não negação e invisibilidade do passado científico e tecnológico do povo africano. Ainda nesse momento, se julgar pertinente, você pode trabalhar com o filme *Pantera Negra* (2018), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, em uma atividade lúdica para abordar questões da cultura, Ciência e tecnologia africana, conforme sugerido por Faiad da Silva *et al.* (2018).

Uma discussão que pode ser explorada com os estudantes é a relação entre o mito do rei-ferreiro e a lenda sobre os poderes do Pantera Negra. Em ambos os casos há uma relação entre natureza e divindade e a legitimação de poder, tendo em vista que o rei está envolto em elementos místicos. Você pode também motivar os estudantes a pesquisar outras histórias de reis e rainhas africanas, fazendo um paralelo com a história do protagonista do filme, T'Challa, mostrando que a África era rica em histórias e reinados, antes da colonização e da escravidão. Motive os estudantes a também considerar a Ciência um lugar de todos e de todas. Discuta como é desproporcional, na Ciência, o número de cientistas negros e negras e de mulheres em relação ao número de homens brancos ao longo da história. Incentive-os a pesquisar histórias de mulheres na Ciência. Outras discussões podem tomar por base o artigo de Faiad da Silva *et al.* (2018).

Sobre a mineração no Brasil, peça aos estudantes que acessem a página do Ministério de Minas e Energia, indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Em "Publicações" os estudantes têm acesso a vários documentos sobre o setor de mineração no país, como o "Boletim do setor mineral" mais recente, que pode auxiliá-los na compreensão do impacto dessa atividade econômica para o país.

Uma importante diferenciação a fazer é em relação aos termos metais, minerais e minérios, bem como às substâncias simples e compostas. Avalie se os estudantes assimilaram esses termos, promovendo novamente o desenvolvimento parcial da habilidade **EM13CNT101**.

Peça que explorem o *site* da Agência Nacional de Mineração (ANM), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, e pesquisem os dados mais recentes sobre o setor mineral do país. Os estudantes poderão pesquisar as classes de substâncias mais exploradas pela mineração no Brasil, os metais mais produzidos, os valores envolvidos, as regiões com índices mais elevados de produção, entre outras informações. Se for viável, conte com o apoio dos professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para discutir as informações disponíveis neste trabalho, o que contribuirá para o conhecimento sobre o patrimônio mineral brasileiro. Esse é um importante passo para o uso racional e sustentável dos materiais que compõem o subsolo do país, assim promovendo o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS302**.

Os estudantes poderão perceber que o ferro é o metal produzido em maior escala no Brasil e que Minas Gerais, onde aconteceu o rompimento da barragem de Brumadinho em janeiro de 2019, é um dos estados de maior produção. Destacamos aqui a leitura do editorial da revista *Química Nova na Escola,* indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, para

EM MODERNIA

ajudar a desenvolver o pensamento crítico dos estudantes. É necessário também refletir que o conhecimento científico pode estar atrelado à minimização de impactos ambientais como o ocorrido, rompendo com concepções apocalípticas da Ciência pelos estudantes, desenvolvendo parcialmente a habilidade **EM13CNT104**.

Outro termo importante a discutir é a definição de metal pesado, que pode ser feita com base no trabalho de Lima e Merçon (2011). Historicamente, tem se conceituado metal pesado de diferentes formas, entre as quais a mais famosa é a conceituação pela densidade elevada do elemento metálico. Hoje em dia, considera-se essa conceituação extremamente limitada, tendo em vista que não envolve os aspectos ambientais e toxicológicos para sua classificação. Cada metal pode apresentar um efeito toxicológico específico sobre determinado ser vivo. Além disso, conceitos como biodisponibilidade, espécie química e bioacumulação e biomagnificação são importantes de serem estudados, pois influenciam na toxicidade de um elemento químico. Assim, a forma como determinado elemento metálico é encontrado no ambiente influencia sua toxicidade, além de sua biodisponibilidade, e o potencial que este tem para ser absorvido pelos seres vivos. Elementos químicos, como cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, zinco, cobre, estanho, vanádio, crômio, manganês, molibdênio, cobalto e níquel são essenciais para o bom funcionamento do metabolismo humano, em concentrações ótimas. No entanto, em determinadas concentrações podem ser tóxicos e causar graves problemas ambientais. Outros metais não essenciais podem ser encontrados em concentrações toleráveis no ambiente, mas acima destas podem até se tornar letais para os seres vivos. Dessa forma, deve haver rigor na legislação para controle da qualidade da água, por exemplo, em relação à concentração de cada metal. Ao pesquisarem esses índices em fontes do Ministério da Saúde ou do Meio Ambiente, por exemplo, os estudantes poderão perceber que cada metal tem uma concentração específica tolerável, chegando à compreensão de que a conceituação de metal pesado é bem mais complexa do que se pensa em geral.

Outro conceito importante a apreender é que a presença de um metal em um ambiente aquático, por exemplo, pode afetar os seres vivos de duas formas: pode simplesmente ser tóxico ao organismo ou pode ser bioacumulado, o que significa que seu efeito é potencializado ao longo da cadeia alimentar. Se houver tempo disponível, realize o experimento proposto por Palácio *et al*. (2013), que se propõe a discutir questões ambientais por meio da investigação da influência da contaminação da água com íons Cu^{2+} no crescimento de bulbos de cebola. Todas essas discussões visam promover o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT104**.

Ao trabalharem com o tópico dos metais terras-raras (TR), sugira aos estudantes o trabalho de Sousa Filho, Galaço e Serra (2019) como complemento ao Livro do estudante para discutir a importância desses elementos na geopolítica mundial, sua história, produção e exploração no Brasil, aplicações e perspectivas. Os TR estão associados à confecção de produtos tecnológicos, como computadores, lâmpadas e *smartphones*, no desenvolvimento de tecnologias limpas, como veículos híbridos e energia eólica e solar, em aplicações em defesa e comunicação, entre outras. Apesar de o Brasil ter grande disponibilidade desses recursos e um elevado volume de publicações científicas relevantes na área, falta compromisso do Estado para desenvolver uma política nacional de exploração, mineração e purificação desses recursos. Não adianta apenas transformar esses recursos em mais uma *commodity* brasileira para exportação, é preciso agregar valor na utilização dos TR na cadeia produtiva, garantindo ao país autonomia tecnológica estratégica em sua matriz energética. Trabalhe, também, com os estudantes a necessidade de essa exploração e essa produção serem sustentáveis, sem provocar danos ambientais, aliadas a processos de recuperação e reciclagem, ampliando a discussão para vários setores da sociedade, principalmente aqueles relacionados aos impactos sobre a exploração em terras indígenas.

Leia com os estudantes os textos "MagLev Cobra" e "Terras raras, o ouro do século XXI, são a arma da China na guerra tecnológica", disponíveis na seção **Fique por dentro**, para que eles ampliem as discussões sobre os TR e vivenciem o uso de tecnologias digitais, propiciando o trabalho com a **Competência Geral 5**. O primeiro texto apresenta um tipo específico de aplicação dos TR com tecnologia brasileira: um veículo urbano de levitação magnética que utiliza supercondutores à base de ítrio (Y) e ímãs à base de neodímio (Nd). As vantagens desse veículo, como menor consumo energético, menor custo de implantação e ampliação do transporte público utilizando tecnologia nacional e aspectos ambientais, como a redução das emissões de gases estufa, também podem ser exploradas. O potencial papel estratégico e a importância tecnológica que a produção de equipamentos como esse pode ter, comparados à atual posição chinesa, podem ser explorados na leitura do segundo texto. Já foi um consenso que o desenvolvimento industrial de um país pode ser medido pelo seu consumo de ácido sulfúrico, importante recurso químico utilizado em muitas indústrias. Atualmente, pode-se afirmar que esse desenvolvimento pode ser medido pelo consumo de TR para aplicações em tecnologia de ponta. Essas discussões podem promover parcialmente o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT307**.

Avalie a compreensão dos estudantes sobre os processos de separação de misturas e verifique se eles entendem como necessária essa separação nos exemplos dos minerais já estudados. Questione quais são as técnicas de separação que eles puderam perceber nas imagens sobre o ciclo do ouro tratadas na problematização inicial e comente que um africano escravizado que tinha mais conhecimento em alguma técnica, como a forja de ferro, separação de misturas e identificação do ouro valia mais no mercado de escravos. Verifique se os estudantes conseguiram perceber que no processamento dos minerais há combinações de processos físicos e químicos que exploram as propriedades dos materiais em questão. Entretanto, em toda

EM ABERTA

atividade industrial ocorre a geração de resíduos e efluentes e há necessidade de um controle ambiental rigoroso, com processos e equipamentos eficientes e capacitação de pessoas aliada à alfabetização científica e tecnológica da população para participar da tomada de decisões, uma vez que uma parte significativa do PIB brasileiro advém da atividade de mineração. Para maior aprofundamento, consulte o trabalho de Morais, Albuquerque e Ladeira (2014), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Quando tratar o conceito de metais, procure evitar que os estudantes dissociem os aspectos fenomenológico, teórico e representacional do conhecimento químico. É comum que eles apenas associem essa classe de substâncias a suas propriedades classificatórias, como condutividade, ductibilidade e maleabilidade. A Química também trabalha com a matéria em seu nível atômico-molecular e, por isso, é preciso também que essas propriedades sejam trabalhadas e explicadas no âmbito submicroscópico e abstrato, utilizando os modelos apropriados. Dessa forma, certifique-se de que os estudantes não estão apenas nomeando elementos que têm brilho, maleabilidade e ductibilidade de metais. Elementos metálicos são aqueles dos blocos *s*, *d* e *f* da tabela periódica e alguns do terceiro período do bloco *p*, geralmente definidos por propriedades metálicas como dureza, maleabilidade, ductibilidade e brilho, explicados pela sua eletropositividade e sua capacidade de se unirem por ligações metálicas. Ao explicar as ligações metálicas, observe atentamente as concepções alternativas dos estudantes. É comum confusões entre ligações metálicas e ligações covalentes e iônicas. Os estudantes podem pensar que não são ligações "reais", visto que em ligações metálicas não há o compartilhamento de elétrons como nas ligações covalentes ou porque os metais são representados na forma atômica, portanto, sem a formação de ligações químicas. Há casos em que eles tentam associar as ligações metálicas ao compartilhamento de elétrons obedecendo à regra do octeto. Também costumam associar os sólidos metálicos a uma possível natureza molecular que envolve interações intermoleculares em vez de formarem ligações metálicas legítimas. Os estudantes podem tentar explicar altas temperaturas de fusão e ebulição pela formação de ligações iônicas, em vez de ligações metálicas. E, ainda, entre os três tipos de modelo de ligação química, a ligação metálica é a menos assimilada. Estudos mostram que os estudantes conhecem as propriedades metálicas, mas têm dificuldade em relacioná-las com a teoria e a representação submicroscópica dessas substâncias em razão do alto grau de abstração exigido. Para mais discussões sobre as concepções alternativas e dificuldades dos estudantes com esse tópico, consulte o trabalho de Fernandes e Campos (2012), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Avalie se os estudantes compreenderam o conceito de eletropositividade dos elementos metálicos. Para esses elementos, as energias de ionização são baixas se comparadas com os outros elementos da tabela periódica. Isso significa que os átomos dos elementos metálicos têm uma atração relativamente baixa por seus elétrons de valência e uma afinidade eletrônica baixa por elétrons adicionais. Dessa forma, não podemos esperar um abaixamento significativo da energia potencial do sistema quando átomos metálicos formam ligações de pares de elétrons, como no modelo da ligação covalente. Entretanto, é possível que essa estabilidade seja atingida se os elétrons de valência de um átomo metálico se deslocarem sob a influência de vários outros núcleos. Os cristais metálicos são então mais estáveis que os átomos isolados, pois os elétrons estão sob a influência de diversos potenciais elétricos de vários núcleos vizinhos. Isso só é possível por causa da baixa energia de ionização dos metais e de sua quantidade relativamente baixa de elétrons de valência. Podemos expandir essa ideia utilizando a *Teoria do Orbital Molecular*. No Li_2, dois átomos de Li se ligam por meio da superposição de seus orbitais atômicos 2s formando 2 orbitais moleculares: um ligante, de mais baixa energia, e outro antiligante, de energia mais alta. Quando 3 átomos se ligam, há a formação de 3 orbitais moleculares e os elétrons de valência se deslocalizam na molécula, pertencendo a ela como um todo. Quando N átomos existem em uma estrutura tridimensional, N orbitais moleculares vão se formar pela sobreposição dos orbitais 2s, e as energias desses orbitais formarão uma estrutura de bandas de níveis. O mesmo acontece para os orbitais 2p do Li. Qualquer elétron atômico passa a pertencer ao cristal como um todo e exatamente metade da banda formada será preenchida por elétrons que se deslocalizam no metal, sendo responsável pela coesão, estabilidade e por suas propriedades elétricas, mecânicas e térmicas.

Como a maior parte dos elementos químicos metálicos é encontrada na natureza na forma iônica, combinada com elementos não metálicos, introduza o modelo de ligação iônica esclarecendo que esse modelo é estudado necessariamente para explicar a estabilidade e a propriedade dessas substâncias formadas. Sobre esse conteúdo, retome com os estudantes os conceitos de formação de íons, avaliando se eles lembram o que são e como são formados os íons. Dessa maneira, leve-os a se questionarem de que forma podemos explicar a estabilidade e as propriedades dessas substâncias. Existe uma crença dos estudantes de que a estabilidade das ligações químicas está envolvida com a formação de um octeto completo. É importante que eles percebam a limitação da teoria do octeto para a explicação dessa estabilidade em substâncias iônicas. Um átomo gasoso de sódio, por exemplo, ao perder um elétron dispende energia, mesmo atingindo a configuração eletrônica de um gás nobre. São as energias eletrostáticas entre cátions e ânions em um retículo cristalino que levam ao abaixamento da energia potencial do sistema, dando-lhe estabilidade.

Assim, leve os estudantes a preferir explicações como essa. Aliás, é a formação de retículos cristalinos que deverá ser usada para explicar as propriedades desses compostos. Atente também a outras concepções alternativas dos estudantes. É comum que façam confusão entre a ligação iônica e a ligação covalente, dizendo que compostos iônicos (e também metais) são moléculas. Eles tendem a interpretar

EM MODERNA

os compostos iônicos como se fossem moléculas discretas, assumindo, desse modo, que a ligação iônica é unidirecional, não estando familiarizados com o conceito de retículo cristalino. Em contrapartida, imaginam que as ligações iônicas (e até as metálicas) não são ligações de verdade iguais às covalentes. No modelo de ligação iônica, os estudantes tendem a conjecturar que a valência e a história do elemento determinam a quantidade de ligações possíveis para um átomo. Os átomos do grupo 1, por exemplo, só fariam uma ligação iônica com outro átomo se ele ceder seu elétron. Dessa forma, conjecturam que, no retículo cristalino, os outros contra-íons que rodeiam determinado átomo estão apenas unidos por "forças" e não por ligações iônicas. Os estudantes também tendem a afirmar que ligações iônicas são transferências de elétrons, em vez de afirmar que são as atrações dos íons que resultam da transferência de elétrons. Também assumem que são fracas porque podem ser rompidas na dissolução. Tenha cuidado extra ao fazer representações do tipo "NaCl", que podem levar os estudantes a não considerar que existe um retículo cristalino, pois imaginam que só existe uma entidade "NaCl" formada na ligação, deixando claro, portanto, que as representações têm suas limitações.

É importante também trabalhar com os estudantes o fato de que os modelos estão atrelados às suas representações e ao que eles querem mostrar. Ao representar a formação da ligação iônica, é comum representar núcleo e eletrosfera, mas, ao representar o retículo cristalino, usa-se o modelo de bolas. Isso pode confundir os estudantes e levá-los a não relacionar que os modelos têm propósitos. Outra concepção alternativa reportada na literatura é a de que os estudantes enxergam a ligação química (tanto metálica como iônica) como uma entidade física. Para aprofundar as discussões a respeito, consulte o trabalho de Fernandez e Marcondes (2006), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. As discussões sobre os modelos de ligações químicas visam ao aprofundamento das habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT307**.

- **Aplicação do conhecimento**

Nesta etapa, para ampliar e generalizar o conhecimento dos estudantes, peça a eles que se organizem em grupos e escolham um destes temas: "Os metais na cultura e na Ciência africana"; "Os terras-raras no Brasil e no mundo"; "Os desastres ambientais de Mariana e Brumadinho"; "A importância das substâncias metálicas na indústria mineral brasileira"; "Toxidade de metais em solução aquosa"; "O veículo MagLev Cobra"; "Processos físicos e químicos na indústria mineral brasileira". Se os estudantes mencionarem outros temas sobre os quais gostariam de trabalhar e se aprofundar mais, avalie com eles a pertinência e decidam juntos pela troca de temas.

Oriente os grupos a elaborar painéis de divulgação científica utilizando o trabalho de Carmo e Prado (2005), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* como guia. Os painéis podem ser feitos em cartolinas ou impressos. Incentive os estudantes a realizar pesquisas complementares ao Livro do estudante para que os painéis tenham informações baseadas em fatos e dados. Reserve um dia para a exposição dos trabalhos. Cada grupo deve fixar seus painéis na sala de aula, e um grupo por vez vai apresentá-los. Ressalte que todos os integrantes do grupo devem expor suas ideias acerca do trabalho realizado, o que favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 4**. Durante as apresentações, se julgar necessário, faça interferências para corrigir eventuais erros ou complementar informações. Utilize esse momento para avaliar os estudantes em relação às habilidades de comunicação oral e corporal.

Para dar fechamento ao trabalho com o Tema e verificar a aprendizagem dos estudantes, recorra às seções **Atividades** e **Reflita sobre seu aprendizado!**. Solicite a eles que respondam individualmente às questões da seção **Atividades** e depois, em duplas, troquem as respostas. Caso considere necessário, faça a correção no quadro de giz e proponha a construção em conjunto de um mapa mental. Finalize o Tema incentivando os estudantes a refletir sobre a questão da seção **Reflita sobre seu aprendizado!**. O trabalho com essa seção proporciona a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Tema 4 - Processos metalúrgicos extrativos

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao final deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Reconhecer e representar reações de oxirredução associando-as a transferências de elétrons e variações de Nox.
- Relacionar transformações químicas envolvidas em processos metalúrgicos com algumas de suas implicações ambientais e econômicas.
- Reconhecer os aspectos quantitativos e qualitativos da eletrólise para avaliar suas implicações ambientais e econômicas.
- Avaliar os efeitos dos processos piro, hidro, eletro e biometalúrgicos no ambiente e na saúde humana.
- Identificar e prever agentes redutores e oxidantes nas transformações químicas, além de cátodo e ânodo em células eletrolíticas.
- Reconhecer a produção de metais por processos piro, hidro, eletro e biometalúrgicos e avaliar suas diferentes propriedades e aplicações.
- Valorizar os conhecimentos de matriz africana na contribuição sobre as técnicas de mineração e metalurgia do ferro no Brasil.

Subsídios para o planejamento

O Tema 4 tem como foco discutir o conteúdo das reações de oxirredução através da contextualização por meio da metalurgia extrativa, por isso deve ser trabalhado pelo professor do componente curricular **Química**.

EM MODERNA

O estudo do Tema será dividido em três etapas: 1. Contextualização, cujo objetivo é conectar o Tema 4 ao Tema 3 desta Unidade; 2. Foco no estudo dos princípios básicos das reações de oxirredução, pirometalurgia e hidrometalurgia; e 3. Foco no estudo dos aspectos que envolvem a eletrometalurgia, que contém os conteúdos de eletrólise ígnea e aquosa e seus aspectos quantitativos.

Para as etapas 2 e 3, é sugerido o trabalho com a rotina de pensamento *Think Pair Share* (Pensar e Compartilhar em pares), pois estimula o raciocínio ativo dos estudantes, convidando-os a apresentar explicações acerca do assunto estudado. Essa estratégia contempla a **Competência Geral 9**, porque possibilita aos estudantes escutar e compreender múltiplas perspectivas, exercitando a empatia e o diálogo.

Antes de trabalhar com este Tema, é importante conhecer algumas dificuldades conceituais apresentadas pelos estudantes e que são apontadas por alguns estudiosos da área de Ensino em Ciências. Esses estudos evidenciam que as dificuldades dos estudantes estão usualmente envolvidas com a capacidade destes de lidar com três níveis de representação: o do mundo macroscópico ou o do fenomenológico; o do submicroscópico ou o da abstração; e o da linguagem da química ou o do mundo simbólico. Especificamente neste Tema, a linguagem pode funcionar como uma barreira para o aprendizado dos estudantes. Os termos utilizados não são intuitivos e se distanciam bastante da linguagem do cotidiano. Atente também para o fato de que, assim como em outras temáticas da Química, em eletroquímica, estudos mostram que os estudantes são capazes de realizar cálculos e resolver problemas quantitativos, mas falham em responder questionamentos qualitativos que requerem conhecimento conceitual mais profundo. Dessa forma, durante o trabalho com este Tema, dedique-se a trabalhar a abstração com os estudantes e a usar uma linguagem clara e objetiva. As concepções alternativas e as dificuldades conceituais mais comuns apresentadas pelos estudantes serão abordadas ao longo dessa seção e podem ser aprofundadas pela leitura do trabalho de Goes, Fernandez e Agostinho (2016), indicada na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

- **Etapa 1**

Para contextualizar o Tema 4, indique aos estudantes a leitura do texto "Bactérias mineradoras" presente na seção **Fique por dentro**. Peça que façam a leitura individualmente e anotem os pontos que acharem mais interessantes e os termos que lhes causarem dúvida. Depois, solicite a eles que compartilhem essas informações com toda a turma e promova discussões relacionando-as com os estudos do Tema 3 desta Unidade. O acesso ao material e as discussões visam promover as **Competências Gerais 5, 7 e 9**, tendo em vista que propiciam o uso de tecnologias digitais para acessar informações e conhecimentos, podem levar os estudantes a exercitar a argumentação científica e o diálogo para debater e defender ideias. Formule perguntas para a discussão do texto, como:

- De que maneira ocorre o beneficiamento do cobre e de outros metais e por que ele é importante?
- O que são os rejeitos formados e quais são os problemas ambientais envolvidos relacionados a eles?
- O que você entendeu sobre biorremediação ou biomineração?
- Quais são as vantagens econômicas e ambientais e quais são os desafios envolvidos com essa prática?
- Qual é a importância econômica dos metais citados no texto e já estudados no Tema 3?

Depois das discussões, comente com os estudantes que, no Tema 4, ocorrerá a continuidade do estudo sobre extração de metais, mas agora tratando de uma etapa importante e específica: reações de oxidação e redução. Essas reações são fundamentais para entender alguns processos apresentados no texto. Caracterize essas reações pela transferência de elétrons que ocorrem entre espécies químicas, mas já deixe claro de início que não necessariamente essa transferência de elétrons produzirá uma corrente elétrica. Ressalte que as reações redox são caracterizadas pela perda (oxidação) e pelo ganho de elétrons (redução), pela transferência de elétrons entre espécies químicas e pela variação do número de oxidação de elementos químicos envolvidos, promovendo, assim, o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101** e da **Competência Geral 1**, ao instigar os estudantes a compreender o uso e o funcionamento de equipamentos eletrônicos que fazem parte de sua rotina.

- **Etapa 2**

Oriente a turma a ler e fazer o resumo dos tópicos: **Fundamentos das reações de oxirredução, Pirometalurgia e Hidrometalurgia** do Livro do estudante.

Na sequência, peça a eles que se organizem em duplas e compartilhem suas compreensões e dúvidas acerca da leitura. Depois, distribua cópias dos questionamentos propostos a seguir, para que discutam e respondam às questões. Essa estratégia favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 1, 7 e 9**, uma vez que os estudantes exercitam a empatia, o diálogo, a cooperação e a argumentação científica para o entendimento das questões.

- Quais são as duas etapas principais de um processo pirometalúrgico? Quais são as vantagens e as desvantagens econômicas e ambientais desse processo?
- Pesquise um exemplo de processo pirometalúrgico diferente daqueles apresentados no Livro do estudante. Qual é o agente redutor e qual é o agente oxidante?
- Identifique as principais espécies redutoras e oxidantes na pirometalurgia do ferro.
- Qual é o processo mais importante na hidrometalurgia? Descreva-o. Quais são as vantagens e as desvantagens do processo hidrometalúrgico?
- O número de oxidação de um elemento é o mesmo que a carga do íon monoatômico desse elemento?
- As reações de oxirredução podem ser identificadas pela presença do gás oxigênio na reação?
- Os processos de oxidação e redução ocorrem independentemente?

MODERNA

- As mudanças nas cargas de espécies poliatômicas indicam a ocorrência de uma reação de oxidação?
- A carga de uma espécie poliatômica indica o Nox da molécula?
- Em uma reação, mudanças nas cargas de espécies poliatômicas podem ser usadas para determinar o número de elétrons removidos ou os ganhos pelas espécies reativas?

Parte dessas questões foi elaborada com base em trabalhos que apresentam concepções e dificuldades dos estudantes sobre a temática da eletroquímica. Além disso, as perguntas e suas respectivas discussões visam desenvolver as habilidades **EM13CNT101**, **EM13CNT104**, **EM13CNT203**, **EM13CNT205**, e **EM13CNT307**, assim como a **Competência Geral 1**, pois estimulam os estudantes a se apropriarem dos conhecimentos relativos às reações de oxirredução, para reconhecerem os materiais de seu cotidiano, cujo funcionamento é explicado por esses conceitos, bem como a relacioná-los com os aspectos de ciência-tecnologia-sociedade.

Depois da discussão em duplas, peça aos estudantes que apresentem as ideias de suas respectivas duplas e proceda ao momento de discussão com toda a turma. Anote as ideias-chave no quadro de giz e solicite aos estudantes que façam o mesmo no caderno. Ao final, promova uma discussão para o fechamento das ideias, dirimindo as dúvidas que restaram e corrigindo possíveis equívocos conceituais dos estudantes.

Durante a discussão, problematize a questão do racismo no Brasil e a marginalização da comunidade negra, valorizando o legado africano para a humanidade em relação à forjaria do ferro, promovendo, assim, o desenvolvimento das **Competências Gerais 1 e 6**. Para aprofundar seus conhecimentos sobre essa temática, você pode ler o artigo "Cultura africana e ensino de Química: estudo sobre a formação docente" (BASTOS & BENITE, 2017), disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

É importante, durante a discussão sobre eletroquímica, que se chame a atenção dos estudantes para o fato de que reduzir significa ganhar elétrons, assim como, em uma reação de oxirredução, o agente oxidante é quem é reduzido e o agente redutor é quem é oxidado. Em determinado momento, a oxidação é a perda de elétrons e, em outro, o aumento no número de oxidação. Essa terminologia costuma interferir tanto no ensino como na aprendizagem desses conceitos. Avalie continuamente se os estudantes estão compreendendo as terminologias apropriadas. Outro obstáculo verbal que costuma dificultar a aprendizagem desse conteúdo é o fato de a nomenclatura oxidação estar intensamente associada ao oxigênio. Esclareça que as reações de oxidação e redução não se limitam à presença do gás oxigênio. Essa é uma das concepções alternativas mais comuns apresentadas pelos estudantes. A reação entre o magnésio metálico e uma solução aquosa de ácido clorídrico é um bom exemplo disso. Evidencie para estudantes que os conceitos são constituídos por um nome e um significado, mas, por alterações no modo de pensar da ciência, o nome pode permanecer e o significado pode mudar totalmente em relação ao original. Para trabalhar os conceitos de oxidação e redução e mostrar como os significados mudaram ao longo do tempo, você pode usar a História da Ciência segundo o trabalho de Oliva *et al.* (2020), sugerido na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Outra dificuldade muito comum apresentada pelos estudantes é a que consiste em perceber as reações de oxirredução como concomitantes. Como é comum utilizarmos semirreações para facilitar a visualização do processo redox, os estudantes tendem a pensar que a oxidação e a redução acontecem de forma independente. Esclareça também que o número de oxidação de um elemento presente em moléculas e íons poliatômicos pode ser diferente da carga que o elemento apresenta geralmente na forma de íon monoatômico. Nesse caso, o Nox é entendido como a carga elétrica hipotética do átomo com base em sua eletronegatividade. Incentive os estudantes a compreender que o Nox refere-se ao átomo, e não à molécula como um todo. É comum os estudantes confundirem a carga do íon poliatômico com o Nox do elemento químico. Tanto no SO_3 como no SO_4^{2-}, apesar de um ser uma espécie carregada e o outro uma molécula neutra, o S possui Nox $= +6$ e o oxigênio Nox $= -2$. Dessa forma, os estudantes devem estar atentos às mudanças no número de oxidação dos átomos presentes na reação química, e não às cargas dos íons poliatômicos.

Se achar adequado, você pode expandir a ideia dos estudantes sobre os processos de oxirredução e apresentar outros exemplos que vão além da metalurgia extrativa. No funcionamento das baterias que nos rodeiam, os metais e as reações redox apresentam papel fundamental. Uma pilha é uma célula galvânica constituída de dois eletrodos e um eletrólito arranjados para produzir uma corrente elétrica externa de forma espontânea. Já uma bateria é um conjunto de pilhas agrupadas em série ou em paralelo. Você pode definir esses sistemas e apresentar uma gama de exemplos utilizando o artigo de Bocchi, Ferracin e Biaggio (2000) indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

A oxidação de metanol ou hidrogênio em células a combustível, conforme discutido no trabalho de Villullas, Ticianelli e González (2002), também indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, constitui outro bom exemplo para trabalhar a geração de energia elétrica limpa por meio de reações de oxirredução. Em células solares eletroquímicas, os metais e essas reações também cumprem um papel importantíssimo e podem ser abordados com os estudantes.

Antes de prosseguir à etapa 3, peça aos estudantes que resolvam os exercícios 1, 2, 3 e 4 da seção **Atividades** em uma folha à parte a ser entregue a você. Faça as correções e os comentários necessários nas folhas dos estudantes, dirimindo dúvidas e corrigindo possíveis equívocos.

• Etapa 3

Inicie pedindo aos estudantes que façam individualmente a leitura e o resumo do tópico **Eletrometalurgia** do Livro do estudante. Depois, peça a eles que, em duplas, compartilhem as aprendizagens e as dúvidas e, posteriormente, respondam aos questionamentos a seguir.

EM MODERNA

- Na eletrólise, o eletrodo é o material que realiza oxirredução?
- O ânodo é carregado positivamente porque ele perde elétrons e o cátodo é carregado negativamente porque ganha elétrons?
- Quais são as vantagens e as desvantagens de uma eletrólise ígnea?
- Os eletrodos podem reagir nas condições do sistema reacional?
- Quais são as vantagens ambientais e econômicas da reciclagem do alumínio?
- Como ocorre o processo de refino eletrolítico?
- Quais são as vantagens e as desvantagens da eletrólise em solução aquosa?
- Os produtos de qualquer tipo de eletrólise são sempre os mesmos?
- Pesquise a importância do NaOH e do Cl_2 para as indústrias químicas. Como eles podem ser produzidos?
- Pesquise outras eletrólises aquosas realizadas industrialmente e preveja quais serão os produtos formados.
- Como é possível relacionar os valores de corrente elétrica em função do tempo gasto em uma eletrólise?

Promova um debate com base nas respostas das duplas aos questionamentos como realizado na Etapa 2. Os debates visam desenvolver as habilidades **EM13CNT106**, **EM13CNT203**, **EM13CNT205** e **EM13CNT307**, que tratam do reconhecimento de agentes oxidantes e redutores e de cátodos e ânodos em células eletrolíticas. Além disso, essas habilidades avaliam os aspectos quantitativos e qualitativos de uma eletrólise, relacionando-os com sua produção e avaliação de impactos ambientais e econômicos. Ao final da discussão entre as duplas, proceda ao momento de síntese e fechamento. A seguir, trataremos de algumas discussões que podem ajudar você nesse momento.

Para aprofundar com os estudantes os conceitos desenvolvidos durante o Tema, e especificamente nesta Etapa, você pode utilizar a prática experimental sugerida na seção *Atividade complementar*. Durante a atividade experimental, incentive os grupos a transitar pelos três níveis do conhecimento: o macroscópico fenomenológico, o submicroscópico e o da linguagem da química, ou do mundo simbólico. A correção conceitual deve acontecer em um momento posterior, por meio de discussão aberta com a turma. Depois da discussão, pode-se solicitar respostas individuais às questões propostas, que constituirão ferramenta de avaliação.

É importante argumentar com os estudantes a ideia de que um sistema eletroquímico, em sua forma mais simples, é constituído por dois eletrodos (condutores eletrônicos) e um eletrólito (condutor iônico). Assim, um eletrodo é a interface entre um condutor eletrônico e um condutor iônico. Nesse sistema, existe uma diferença de potencial, causada pela distribuição não homogênea de cargas nessa interface. Portanto, é equivocado definir um eletrodo como um material que realiza a oxirredução, uma vez que, como mostrado no Livro do estudante, ele não necessariamente participa das reações. Também não necessariamente é um metal e só conduzirá corrente elétrica se houver um sistema externo que permita a passagem dessa corrente. Logo, observe atentamente as definições de eletrodo geradas pelos estudantes. As concepções sobre célula eletrolítica também costumam confundir os estudantes, principalmente quando essa célula é comparada com uma célula galvânica. Na célula eletrolítica, ocorrem processos de oxirredução à custa de um dispêndio de energia elétrica gerada por uma fonte externa de tensão. Apesar disso, os processos de oxirredução não são exclusivos de células eletrolíticas, como visto anteriormente em exemplos. A decomposição química pela corrente elétrica chama-se eletrólise e ocorre em uma célula eletrolítica. Esses termos costumam causar enganos e precisam estar bem evidenciados na mente dos estudantes. Outras importantes definições são a de cátodo e a de ânodo. Defina ânodo e cátodo como os eletrodos em que acontecem a oxidação e a redução, respectivamente, tendo em vista que, em células galvânicas, a polaridade desses eletrodos é completamente oposta à das células eletrolíticas. Portanto, a polaridade não deve ser requisito para a definição desses conceitos. Essas discussões são importantes para o aprimoramento da habilidade **EM13CNT205**, pois ajudarão os estudantes a interpretar e realizar previsões acerca dos fenômenos observados na atividade experimental sugerida.

Outra preocupação à qual você deve se ater é o conhecimento dos estudantes sobre o mecanismo microscópico de formação e movimentação da corrente elétrica e a interpretação do fenômeno em termos de entidades elétricas. Muitos estudantes tendem a justificar a geração da corrente elétrica em células eletroquímicas apenas pela transferência de elétrons entre as espécies químicas, sem se importar com seus aspectos dinâmicos de movimentação das cargas, tanto nos fios como nos eletrólitos. Esclareça que há condução tanto na parte do circuito (fios) quanto na parte interna (eletrólito). Os estudantes costumam dar pouca importância à movimentação dos íons para a realização da condução elétrica, da mesma forma que pouca atenção é dada à conservação e ao equilíbrio das cargas. Os termos cátodo/ânodo e polo(+)/polo(−) também são usados de forma indistinta, sem observância do emprego correto dessas convenções. A neutralidade elétrica da solução também é deixada de lado na explicação de muitos estudantes, uma vez que, em geral, trabalha-se com semirreações, o que os faz se esquecerem da reação global e do balanceamento de cargas e de elétrons.

A seção "Elemento Químico" da revista *Química Nova na Escola* pode ser explorada por você ou pelos estudantes como fonte de pesquisa para conhecer melhor as propriedades e as aplicações de metais como o alumínio, muito usado na construção civil, na produção de panelas, outros utensílios domésticos e eletrodomésticos, e na fabricação de veículos e de partes de aeronaves. Outro exemplo é o sódio, usado como agente redutor na indústria de metais e na iluminação pública, e seus derivados com largo emprego na indústria química, como o NaOH e o Na_2CO_3. O crômio, importante como proteção para o aço, e o silício, material fundamental em indústrias de alta tecnologia com emprego em *chips* de computadores, por exemplo, também são obtidos por eletrólise. Aproveite a oportunidade para tecer relações entre ciência-tecnologia-

MANUAL DO PROFESSOR

-sociedade-ambiente (CTSA). Comente que o processo de produção desses metais demanda muita energia e pode ser prejudicial para o ambiente onde as indústrias são instaladas. Mencione, por exemplo, que compostos de flúor provenientes da queima da criolita na indústria do alumínio são altamente tóxicos para a saúde humana. Em contrapartida, aproveite o subtópico do Livro do estudante **Reciclagem do alumínio** para debater com os estudantes os fatores sociais, ambientais e econômicos relacionados à reciclagem do alumínio, valorizando, assim, o ensino com a abordagem da relação entre ciência, tecnologia e sociedade.

Ao final, peça aos estudantes que resolvam os exercícios 5 a 14 da seção **Atividades**, visando avaliar seus diferentes níveis de compreensão sobre a Etapa 3.

Aproveite o momento avaliativo e sugira a realização da proposta presente na seção **Reflita sobre seu aprendizado!**. Solicite aos estudantes que reflitam sobre a questão da seção **Reflita sobre seu aprendizado!**, decompondo os objetivos da Unidade, identificando as partes deles que se relacionam com o conteúdo estudado neste Tema e verificando os aspectos aprendidos e aqueles que ainda precisam ser mais bem desenvolvidos. O trabalho com essa seção proporciona a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Atividade complementar

A eletrólise em solução aquosa: eletrólise de uma solução de KI

O que acontece quando submetemos uma solução aquosa à passagem de corrente elétrica? O cloro e a soda cáustica, importantes insumos industriais para diversas indústrias químicas, podem ser obtidos a partir da eletrólise da solução aquosa do cloreto de sódio, atividade que representa importante papel econômico. O cloro pode ser utilizado no tratamento de água para o consumo, na produção de agrotóxicos e nas indústrias de branqueamento de papel. Já a soda cáustica pode ser empregada na fabricação de sabões e medicamentos e no controle de acidez de vários processos. Para isso, é necessária uma fonte externa de tensão que fornece energia elétrica a uma célula eletrolítica, constituída de dois eletrodos imersos em um eletrólito iônico, provenientes da dissolução de compostos iônicos em água.

Esse experimento busca a construção e a aplicação de uma célula eletrolítica para decompor por eletrólise uma solução de iodeto de potássio, permitindo, assim, que, com materiais alternativos, os estudantes simulem vivenciar o tão importante processo químico conhecido como eletrólise. Adicionalmente, o experimento procura favorecer o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT106** e **EM13CNT205**, uma vez que pode ajudá-los a reconhecer os aspectos qualitativos da eletrólise, prever agentes redutores e oxidantes nas transformações químicas, além de distinguir cátodo e ânodo em células eletrolíticas. E, ainda, o trabalho em grupos favorece o desenvolvimento da **Competência Geral 9**.

Antes de iniciar a atividade, peça aos estudantes que se reúnam em grupos, leiam os objetivos, os cuidados de segurança e descarte, a lista de materiais, o procedimento e consultem o infográfico **Segurança no laboratório** no início do Livro do estudande.

Objetivos

- Investigar a eletrólise de uma solução aquosa de iodeto de potássio.
- Identificar possíveis produtos formados em cada eletrodo.
- Investigar aplicações viáveis para o fenômeno conhecido como eletrólise.

Cuidados: segurança e descarte

A água fervente deve ser manipulada pelo professor, com o uso de luvas térmicas. Nas quantidades sugeridas, os resíduos formados podem ser descartados no lixo comum ao final do procedimento.

Material

- água destilada;
- amido de milho;
- bastões de grafite (ou grafite de lapiseira nº 2);
- béqueres de 50 mL e 100 mL (ou frascos de vidro equivalentes);
- espátula (ou colher);
- extrato de repolho roxo (ou outro indicador ácido-base);
- solução de iodeto de potássio (KI) 0,1 mol L^{-1} (ou xarope de iodeto de potássio e carvão ativado);
- papel-filtro e funil;
- bateria de 9 V e conector para bateria;
- chapa de aquecimento;
- proveta de 50 mL (ou outro recipiente graduado);
- fita adesiva;
- conectores tipo jacaré.

Prepare-se!

1. Liste as espécies químicas presentes em solução antes do início da eletrólise.
2. Escreva as possíveis reações de oxirredução que envolvem as espécies listadas anteriormente, por meio de consulta à tabela de potenciais de redução em água a 25 °C.
3. Pesquise a faixa de viragem do indicador ácido-base utilizado.
4. Pesquise o uso do amido como indicador na iodometria.

Procedimento

- Monte um aparelho para eletrólise de acordo com a ilustração abaixo. Prenda os botões de grafite nas laterais da bateria com a fita adesiva e, em suas extremidades, prenda o jacaré e o conector para bateria.

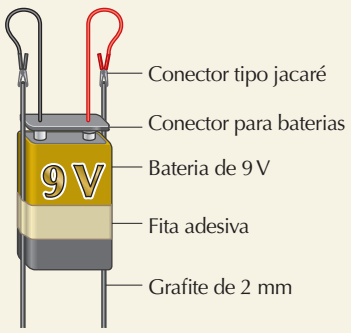


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

Representação da montagem do aparelho para eletrólise. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

EDIÇÃO MODERNA

- Na hipótese de usar o xarope de iodeto de potássio, é necessário remover o corante dele. Para isso adicione uma pitada de carvão ativado e filtre a solução, utilizando papel-filtro e um funil.
- Prepare a suspensão de amido adicionando uma colher de amido a 10 mL de água destilada. O professor acrescentará a essa mistura 100 mL de água destilada fervente, com agitação constante.
- Acrescente 25 mL de solução de KI a três béqueres enumerados.
- Ao segundo béquer, adicione cerca de 1 mL de suspensão de amido; ao terceiro, adicione duas gotas de indicador ácido-base. Agite-os para homogeneizar as misturas.
- Introduza o aparelho de eletrólise na solução do béquer 1 e deixe a eletrólise ocorrer por 10 min. Observe as regiões próximas a cada eletrodo. Remova o aparelho e formule hipóteses sobre o fenômeno observado.
- Repita esse procedimento com os béqueres 2 e 3, tomando o cuidado de lavar os eletrodos com água antes de mudá-los de um béquer para outro.

Fonte: RUBINGER, M. M. M.; BRAATHEN, P. C. *Ação e reação:* ideias para aulas especiais de Química. Belo Horizonte: RHJ, 2012.

Discuta com seus colegas

1. Escreva as equações químicas para as reações ocorridas no ânodo e no cátodo desse sistema.
2. Relacione as evidências observadas com as hipóteses formuladas para o fenômeno.
3. Formule uma hipótese de como o princípio estudado nessa atividade prática poderia ser empregado na recarga de pilhas e baterias.
4. Sugira um indicador ácido-base que seria adequado caso se desejasse realizar nesta atividade a eletrólise da água. Justifique a resposta por meio de semirreações.

• Resoluções da Atividade complementar

Prepare-se!

1. Espera-se que os estudantes citem as espécies presentes segundo os equilíbrios:
   $KI(s) \rightleftharpoons K^+(aq) + I^-(aq)$
   $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$
2. Consultando a tabela de potenciais de redução em água a 25 °C, os estudantes devem perceber que o K^+ não será reduzido, em razão de seu menor potencial padrão de redução (mais negativo) em relação à água:
   $K^+(aq) + e^- \rightleftharpoons K(s) \quad -2{,}93\ V$
   $2\ H_2O(l) + 2\ e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2\ OH^-(aq) \quad -0{,}83\ V$
   Já para o ânodo, temos:
   $2\ I^-(aq) \rightleftharpoons I_2(s) + 2e^- \quad +0{,}54\ V$
   $2\ H_2O(l) \rightleftharpoons 4\ H^+(aq) + O_2(g) + 4\ e^- \quad +1{,}23\ V$
   Dessa forma, temos as seguintes reações ocorrendo preferencialmente:
   $2\ H_2O(l) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2OH^-(aq)$
   $2I^-(aq) \rightleftharpoons I_2(s) + 2e^-$
   Resultando na reação global:
   $2\ H_2O(l) + 2I^-(aq) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(s) + 2OH^-(aq)$
3. Essa resposta depende do indicador utilizado. Se for o repolho roxo, os estudantes deverão observar que, em pH = 7, a cor do indicador é roxa, mas vai adquirindo uma cor púrpura e depois verde em solução básica. Em solução altamente básica, o indicador torna a solução amarela. Essa pesquisa é importante para os estudantes interpretarem corretamente a coloração da solução resultante da eletrólise no béquer que contém gotas do indicador.
4. Essa pesquisa ajuda os estudantes a descobrir que suspensões de amido podem ser usadas na detecção de I_2, porque, na presença deste, a suspensão assume uma coloração azul intensa (por causa da adsorção de íons I^{3-} pelo amido).

Discuta com seus colegas

1. Conforme explicação acima:
   Ânodo: $2\ I^-(aq) \rightleftharpoons I_2(s) + 2e^-$
   Cátodo: $2\ H_2O(l) + 2\ e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2\ OH^-(aq)$
2. Os estudantes devem observar que, no béquer sem amido e sem indicador, há a formação de gás hidrogênio, em razão da redução dos íons H^+ presentes na água. No béquer com a presença de amido, haverá o aparecimento de uma coloração azul intensa desde o ânodo, por causa da formação de I_2. Já no béquer com a presença de indicador ácido-base, deverão observar a cor da solução desde o cátodo mudar segundo a faixa de viragem do indicador, revelando a produção de uma solução básica decorrente da formação de íons OH^-.
3. Os estudantes devem relacionar a eletrólise ao inverso do funcionamento de uma pilha ou bateria. Nestas últimas, o fluxo de carga de uma solução vai do ânodo para o cátodo, ou seja, do polo negativo para o positivo. Na eletrólise, como observado e teorizado pelos estudantes, o fluxo acontece do cátodo para o ânodo. Com um estímulo elétrico externo, portanto, pode-se inverter os polos da bateria ou da pilha, recarregando-a por meio de uma eletrólise, aplicando o mesmo potencial de funcionamento da pilha.
4. Primeiro, os estudantes deverão estudar o que acontece no ânodo e no cátodo na eletrólise da água.
   Ânodo: $2\ H_2O(l) \rightleftharpoons O_2(g) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^-$ (meio ácido)
   Cátodo: $4\ H_2O(l) + 4\ e^- \rightleftharpoons 2\ H_2(g) + 4\ OH^-(aq)$ (meio básico)
   Logo, deverão pesquisar algum indicador ácido-base que permita observar claramente as mudanças de cores no ânodo e no cátodo, com faixas de viragem bem claras próximo do pH = 7. O azul de bromotimol apresenta coloração amarela em pH < 6,6 e coloração azul em pH > 7,6, constituindo um excelente indicador para observar a eletrólise da água.

MODERNA

Tema 5 – Leis de Newton, máquinas simples e dinâmica do movimento circular

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Explicar as forças que agem sobre os objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base nas interações gravitacionais.
- Utilizar os conhecimentos elaborados historicamente para entender e explicar situações comuns que envolvem as forças atuantes nos corpos.
- Analisar situações, investigar causas e interpretar resultados usando as leis de Newton para elaborar conclusões relativas a situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica.
- Avaliar riscos em atividades cotidianas por meio da aplicação das leis de Newton para justificar o uso de equipamentos, recursos e comportamentos de segurança.
- Aplicar as relações trigonométricas para calcular forças resultantes que atuam nos objetos.

Subsídios para o planejamento

O Tema 5 versa sobre força, leis de Newton, máquinas simples e movimento circular e deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física**. Esses assuntos são tradicionalmente tratados nas aulas de Física e, por isso, existe uma quantidade grande de estudos e pesquisas já realizadas.

O movimento está presente no cotidiano e, exatamente por isso, durante as experiências que vivenciamos, propomos explicações para esse fenômeno, as quais nem sempre condizem com os conceitos científicos e muitas vezes persistem, mesmo depois de aprendermos alguns conceitos na escola. Em uma revisão de diversas pesquisas, Zylbersztajn (1983), texto indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, sugere que as principais concepções espontâneas em relação à dinâmica são: relação entre força e velocidade – e a compreensão de que, se existe movimento em determinada direção, também deve existir força; a dificuldade com o conceito de aceleração; a falta de compreensão sobre o par ação/reação – e por isso acreditar que em algumas situações a "ação" pode ser maior do que a "reação"; e a relação equivocada entre gravidade e atmosfera – como se o ar fosse o meio atrativo dos corpos ou, ainda, como se a aceleração da gravidade aumentasse com a altura.

Além dessas concepções, Villani, Pacca e Hosoume (1985) acrescentam a indiferenciação entre força e energia cinética e as dificuldades com o conceito de referencial, apresentando a ideia de que velocidade, trajetória e distância são conceitos absolutos. Diante disso, esses mesmos autores sugerem problemas e maneiras de o professor lidar com eles em sala de aula. É possível reconhecer essas ideias nos estudantes e é necessário ter clareza de que lidar com elas é uma tarefa que demanda tempo para que a compreensão de novos conceitos venha a auxiliar na elaboração das explicações dos fenômenos observados. Se desejar conhecer mais detalhes deste artigo, consulte a referência completa na seção *Apoio ao trabalho completo*.

Começaremos este Tema abordando cada uma das leis de Newton, propondo situações e experimentos para os estudantes complexificarem os conceitos com base em fenômenos comuns às suas observações cotidianas. Dessa forma, ao utilizarem os conhecimentos elaborados historicamente sobre o mundo físico para explicar situações comuns que envolvem o movimento dos objetos e as interações gravitacionais, os estudantes estarão exercitando, concomitantemente, a **Competência Geral 1** e as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT204**.

- **Primeira lei de Newton: princípio da inércia**

Inicie a abordagem da lei da inércia utilizando um dos problemas apresentados no livro *A lei da Inércia:* planejamento pedagógico e aprendizagem. Leia o enunciado (apresentado adiante) e peça aos estudantes que discutam a resposta e escrevam individualmente as justificativas em uma folha avulsa. Recolha as respostas e preste atenção à maneira como eles pensam. Com esse levantamento das concepções dos estudantes, você poderá orientar as aulas para favorecer a mudança na compreensão e na interpretação que eles têm dos fenômenos cotidianos. O problema sugerido é apresentado a seguir.

> Um trem está viajando sobre um trilho liso e retilíneo com uma velocidade constante de 90 km/h. Um dos vagões tem um pequeno buraco no piso. No teto, exatamente acima do buraco, há uma porca mal enroscada. De repente, a porca se destaca e cai. No final da queda, a porca:
>
> **a)** Toca o piso na frente do buraco.
> **b)** Cai no buraco.
> **c)** Toca o piso atrás do buraco.
> **d)** Os dados do problema são insuficientes para responder. Justifique sua resposta.
>
> **Fonte:** WHITAKER, 1983 *apud* PACCA, 2018, p. 41.

Nesse caso, a resposta correta é a alternativa "b", pois, graças à lei da inércia, a porca mantém sua velocidade horizontal igual à do trem, caindo exatamente no buraco. Intuitivamente, os estudantes costumam pensar que a porca, ao cair, deixa de ter a componente horizontal da velocidade e, por isso, cairia atrás do buraco. Outras justificativas ainda são possíveis dentro do modelo alternativo de movimento. O livro mencionado, além de apresentar esse e outros problemas, traz uma discussão sobre suas resoluções e como podem orientar o planejamento educacional do professor. Portanto, pode ser um importante material de apoio complementar e sua referência completa encontra-se na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Em seguida, proponha momentos de discussão coletiva, com base em alguns questionamentos "Em um supermercado

EM ABERTA

temos dois carrinhos, um cheio de compras, e outro completamente vazio. Qual dos dois é mais fácil de empurrar?". É esperado que eles respondam que é mais fácil empurrar o carrinho vazio, porque é o que tem a menor quantidade de massa. Então, você pode definir o conceito de massa sob uma nova perspectiva: como a medida de resistência de um corpo com relação ao seu deslocamento. Isto é, quanto mais massa tiver um corpo, mais difícil será deslocá-lo. Também é importante definir a massa como uma grandeza escalar, sendo somada ou subtraída, conforme a variação da sua quantidade.

Para a definição do conceito de força, retome o problema com os dois carrinhos de supermercado e pergunte: "O que de fato acontece quando empurramos um dos dois carrinhos, tanto o cheio quanto o vazio?". A ideia aqui é chegar com os estudantes ao conceito de força e, a partir daí, explicá-lo como qualquer ação, entre dois ou mais corpos, em que um dos corpos consiga deformar ou modificar o estado de movimento do outro corpo.

É importante pontuar que a força é uma grandeza vetorial, ou seja, tem módulo ou intensidade, direção e sentido. Desse modo, é necessário ressaltar que a somatória das forças deve obedecer a essa propriedade, ou seja, forças na mesma direção e sentido são somadas; forças na mesma direção e em sentidos opostos são subtraídas. No caso de forças em direções diferentes, deve-se somá-las (ou subtraí-las) usando o teorema de Pitágoras, se formarem um ângulo de 90° entre elas, ou usando a lei dos cossenos, se esse ângulo for diferente de 90°. Você pode exemplificar desenhando um bloquinho no quadro de giz, com diferentes combinações de dois pares de força. Você pode, ainda, sugerir que os estudantes explorem as intensidades, as direções e os sentidos de forças aplicadas ao mesmo corpo, utilizando o simulador "Forças e movimento: noções básicas", sugerido na seção **Fique por dentro**. Essas operações e simulações são importantes para exercitar a habilidade **EM13MAT308**, uma vez que mostram a aplicação das leis do seno e do cosseno no contexto da Física, além de propiciar o desenvolvimento da **Competência Geral 5**.

Em seguida, peça aos estudantes que leiam os tópicos: **O movimento necessita de uma causa?**; **Movimento inercial** e **Primeira lei de Newton**. Com base na leitura, peça que enumerem os fatos históricos apresentados e explique como se desenvolveram e se modificaram os conceitos de força e movimento. Se desejar aprofundar o estudo na discussão histórica, proponha a leitura e o debate do texto *A evolução das concepções sobre força e movimento*, de Zylberstajn (2011), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Na discussão, pergunte aos estudantes: "Por que eles pensavam desse jeito nessa época?" para ajudar a fazer as relações entre o conhecimento como estruturante do pensamento de uma época, bem como enfatizar o caráter evolutivo – e não estático – dos conceitos científicos, aspecto bastante importante para o aprofundamento da **Competência Geral 1** e habilidade **EM13CNT201**.

Para verificar o entendimento dos estudantes sobre os tópicos discutidos, proponha mais um problema: "O que acontece quando estamos dentro de um ônibus, ou outro meio de transporte, que se desloca em alta velocidade e freia bruscamente? Explique.". É esperado que eles respondam que sofremos um deslocamento forte para a frente. A resposta "pelo fato de o ônibus ter parado bruscamente" pode ser imediata. Embora a parada brusca do veículo provoque um deslocamento, instigue-os a se aprofundarem nessa ideia, colocando outras condições, como: "E se a parada não fosse tão brusca, ainda assim, iríamos para a frente? Se sim, o quanto iríamos?". O objetivo aqui é que eles comecem a relacionar o deslocamento diretamente com a força feita para que o ônibus mudasse seu estado de movimento.

Para contribuir com o entendimento dos estudantes sobre a questão anterior e colocar em discussão o conceito de referencial, faça a seguinte pergunta: "Se estivermos dentro de um ônibus, que se desloca com uma velocidade de 70 km h^{-1}, qual deverá ser a nossa velocidade dentro do ônibus?". Alguns deles responderão que a velocidade deve ser a mesma do ônibus – 70 km h^{-1} –, outros poderão responder zero, pois dentro do ônibus estaríamos parados. Nesse momento, explique o que é velocidade relativa, pois dependendo do referencial, as duas respostas podem ser corretas. Com base nisso, retome a situação-problema do ônibus que freia bruscamente. Esclareça que, quando o motorista pisa no freio, ele trava o movimento das rodas do ônibus, que, em razão do contato com o solo, fazem com que toda a composição do ônibus pare também. No entanto, como os passageiros não estão ligados à composição do veículo, eles tendem a continuar o movimento na mesma velocidade, a menos que se segurem em alguma parte da composição do ônibus.

Em seguida, proponha uma situação semelhante: "O que acontece quando estamos dentro de um ônibus, ou qualquer outro meio de transporte, que se encontra inicialmente parado, e ele dá uma 'arrancada' forte?". Os estudantes deverão responder que sentirão um forte impulso para trás, o que estará em pleno acordo com a explicação da situação-problema anterior, e assim poderá ser definida a lei da inércia, segundo a qual todo corpo tende a manter o seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme até que uma força atue sobre ele. Para melhor ilustrar o conceito, dê exemplos como: um objeto parado – como uma cadeira – ficará parado até que alguma força o desloque para outro lugar; um corpo se deslocando no espaço – um asteroide, por exemplo – continuará se deslocando, em linha reta e com velocidade constante, até que colida com outro corpo ou seja atraído por algum campo gravitacional. Em geral, os estudantes têm dificuldade em notar situações como este segundo exemplo, porque na Terra é praticamente impossível observar um movimento que se mantenha permanentemente constante – uma vez que existem as forças de resistência, como a do ar, por exemplo. Discuta com a turma, com base na leitura realizada anteriormente, o que é e como se movimenta a sonda espacial Voyager 2, que atualmente se desloca no espaço a uma velocidade de 55 km h^{-1} sem a atuação de nenhuma força puxando-a nem empurrando-a.

CÓPIA

- **Segunda lei de Newton: princípio fundamental da dinâmica**

Para introduzir a segunda lei de Newton, deve-se retomar o conceito de força. Pergunte aos estudantes: "Quais são os tipos de força que vocês conhecem?". É provável que eles mencionem: força peso; força elástica; força de contato; entre outras. Anote as respostas e peça a eles que exemplifiquem aquelas que forem mencionadas, bem como as demais forças que estão relacionadas à mecânica.

Começando com a força gravitacional, também conhecida como força peso, proponha a seguinte questão: "Ao erguer um objeto – uma cadeira, por exemplo – qual é o sentido em que aplicamos uma força?". É esperado que os estudantes respondam que a força deverá ser aplicada para cima (na hipótese de eles não chegarem a essa resposta, procure induzi-los a ela, faça a representação segurando um objeto ou desenhe no quadro de giz, se for necessário). Considerando que o objeto erguido está suspenso do chão, pergunte à turma qual é a resultante das forças nessa situação, lembrando que o objeto está em repouso. Procure deixar claro para os estudantes que a resultante das forças é zero, pois o objeto está parado. Ainda sobre essa situação, peça a eles que identifiquem quais são as forças que estão atuando sobre o objeto. É esperado que os estudantes identifiquem duas forças, uma para cima – aplicada para erguer o objeto – e outra para baixo, pois se o objeto for abandonado, ele cairá. Após a compreensão da turma, comente que a força cujo sentido é para baixo corresponde à força gravitacional, exercida pela Terra sobre todos os corpos em sua superfície – sólidos, líquidos ou gasosos.

Ainda sobre a força gravitacional, exponha sua relação matemática no quadro de giz mostrando que a força peso é diretamente proporcional à quantidade de massa, porém a aceleração da gravidade é a mesma para todos os corpos, independentemente da quantidade de massa deles. Para melhor entendimento sobre a aceleração da gravidade, proponha o seguinte experimento: peguem uma bolinha de papel amassado e outro objeto mais pesado, porém com dimensões semelhantes à da bolinha de papel, ergam os dois a uma mesma altura, para que sejam abandonados no mesmo instante. Antes de iniciar, pergunte aos estudantes qual dos dois corpos chegará ao chão primeiro e, em seguida, peça-lhes que abandonem os dois objetos, instantaneamente, e observem que ambos chegam simultaneamente ao chão. Como a aceleração gravitacional independe da massa, os corpos vão percorrer o mesmo espaço em intervalos de tempos iguais. No entanto, é importante observar que a força com que os corpos são puxados na vertical para baixo não é a mesma, uma vez que as massas são diferentes. Você pode sugerir que, agora, em vez de soltarem os objetos, eles os levantem e observem a diferença na intensidade da força aplicada sobre cada um. Em seguida peça aos estudantes que leiam os tópicos: **Forças** e **Força gravitacional ou peso**. Após a leitura, sugira que eles façam uma síntese das ideias principais e apresentem o que foi o experimento realizado pelo astronauta David Scott, quando pisou na Lua em 1971, ao largar próximo à superfície da Lua, ao mesmo tempo, um martelo e uma pena, e expliquem os resultados obtidos.

A realização de experimentos simples em sala de aula, como o que foi sugerido aqui e os que serão propostos a seguir, contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, uma vez que os estudantes são levados a construir questões, elaborar hipóteses e fazer previsões sobre o movimento dos corpos sob a ação de forças, além de interpretar os dados experimentais e justificar conclusões sob uma perspectiva científica.

A força normal pode ser explicada partindo-se da seguinte situação: peça a um estudante que se sente em uma cadeira e pergunte aos demais: "Quais são as forças que estão atuando nesta situação em que ele(a) está em repouso sobre a cadeira?". Eles deverão identificar a força peso com mais facilidade, então pergunte: "Se ele(a) está fazendo uma força sobre a cadeira para baixo, por que ele não está se deslocando?". Os estudantes, provavelmente, responderão que a cadeira impede o deslocamento para baixo. Faça mais perguntas, como: "Que tipo de força a cadeira está fazendo contrária à força peso?". Talvez alguns deles respondam ser a força da cadeira, e é importante que nesse momento você nomeie essa força para eles como a força normal. Assim como os experimentos, os questionamentos durante a exposição das ideias científicas contribuem para estimular a curiosidade intelectual dos estudantes por meio da investigação e da reflexão sobre fenômenos estudados pelas Ciências, o que colabora para o desenvolvimento da **Competência Geral 2**.

Para ajudá-los a pensar melhor sobre o problema apresentado, faça outro experimento: empurre uma das paredes da sala e pergunte aos estudantes se eles observam algum deslocamento. Considerando que o sistema está em repouso, com a resultante das forças nula, pergunte: "Que tipo de força está anulando a força aplicada sobre a parede?". Os estudantes, provavelmente, dirão ser uma força da parede – assim como a força da cadeira. Com base nas respostas apresentadas, esclareça que tanto a força da cadeira como a força da parede correspondem à força normal, cuja direção – vertical ou horizontal – é sempre perpendicular ao plano de aplicação de uma força, e seu sentido é sempre contrário ao sentido da força aplicada sobre a superfície.

Para falar sobre a força de atrito, use um objeto grande – uma cadeira ou o balde de lixo da sala de aula –, empurre-o até que saia de sua mão, passando a se deslocar sozinho até que pare, e faça a seguinte pergunta: "O que fez o objeto parar?". É provável que alguns estudantes, ou até a maioria, associem a parada a uma força de resistência. Com base nas respostas dadas por eles, explique o conceito da força de atrito como uma força de interação entre um corpo e uma superfície, cujo sentido é sempre contrário ao movimento do corpo e a direção é sempre paralela à superfície.

Além da força de atrito, também vamos abordar a força de tração. Para explicá-la, use uma corda (um barbante ou uma corrente simples) em que se possa pendurar um objeto. Com o objeto pendurado, peça aos estudantes que identifiquem as

REPRODUÇÃO PROIBIDA

forças nele atuantes. Inicialmente, é possível que identifiquem apenas a força gravitacional. Explore o problema perguntando sobre a resultante das forças. Ao observarem que o objeto está parado, é esperado que eles respondam que a resultante das forças é zero, logo, eles deverão identificar a força que está "anulando" a força peso. Nesse momento, esclareça que essa força, realizada pela corda, corresponde ao que denominamos força de tração.

Por fim, para abordar o conceito de força elástica, use um elástico ou uma mola. Peça a um estudante que estique o elástico, ou a mola, até determinado ponto e o(a) mantenha esticado(a), para que o restante da turma identifique as forças atuantes sobre o elástico (ou a mola). Então, pergunte: "De onde vem essa força que precisa ser feita para manter o elástico ou a mola nessa posição?". Os estudantes observarão que a resultante das forças é nula e que alguma força deve estar anulando a força aplicada pelo estudante no elástico ou na mola. Com base nas respostas, explique o conceito da força elástica, que corresponde a uma força restauradora de um objeto flexível após este sofrer uma deformação. Ainda sobre a força elástica, é importante mencionar a lei de Hooke, que estabelece que a relação entre a força aplicada sobre um corpo e sua deformação é diretamente proporcional e dependente da constante elástica, que, por sua vez, depende das propriedades do elástico ou da mola.

Concluída a introdução sobre os diversos tipos de força mecânica, solicite aos estudantes que leiam os tópicos: **Força normal**, **Força de tração**, **Força de atrito** e **Força elástica**. Após a leitura, peça que sintetizem no caderno o que compreenderam sobre cada tipo de força, incluindo a força peso, e promova um debate sobre o assunto destacando os seguintes tópicos: a diferença entre força de contato e força de campo; os coeficientes de atrito – cinético e estático – que são diferentes para cada superfície e a constante elástica das molas, cuja aplicação é observada nas balanças de massa.

Com base no que foi discutido, comece a abordagem sobre a segunda lei de Newton propondo o seguinte problema: "Suponham que eu arremessasse um pequeno corpo maciço – uma pedra – a determinada distância; se eu quisesse arremessar esse mesmo corpo a uma distância maior, o que deveria fazer?". É esperado que os estudantes respondam que o corpo teria de ser arremessado com mais força. Anote as respostas no quadro de giz e apresente outro problema: "Suponham que eu esteja em um carro parado em uma rua íngreme. Eu percebo que, pressionando suavemente o freio, o carro tende a descer. O que devo fazer para que ele fique parado?". Assim como no problema anterior, os estudantes deverão responder que o freio deve ser pressionado com mais força.

Com base nas duas respostas, procure evidenciar a relação entre a força aplicada e a variação da velocidade, tanto no seu aumento quanto na sua redução. Relembre-os de que a variação da velocidade corresponde à aceleração do corpo e, se for necessário, defina com eles o que é velocidade e o que é aceleração. Apresente a definição da segunda lei de Newton como a relação de proporcionalidade direta entre a força motriz, aplicada sobre um corpo, e a variação de sua velocidade. Em seguida, peça aos estudantes que leiam o tópico **Segunda lei de Newton** e anotem as ideias principais. Discuta com eles as diferenças entre velocidade e variação da velocidade e entre o movimento retilíneo acelerado e o movimento retilíneo retardado.

- **Terceira lei de Newton: princípio da ação e reação**

Para abordar a terceira lei de Newton, faça o seguinte experimento demonstrativo: encha de ar uma bexiga de aniversário e depois solte-a. Antes de soltá-la, pergunte o que os estudantes acreditam que vai acontecer. Então, faça o experimento e pergunte o que eles observaram. O objetivo é que percebam o ar saindo da bexiga em um sentido, ao mesmo tempo que a bexiga se desloca no sentido contrário. Se quiser aprimorar o experimento, pode pedir aos estudantes que repitam procedimento, mas agora, fixando uma bexiga em um carrinho. À medida que o ar da bexiga é liberado, o carrinho se desloca para a frente. Se desejar, realize o experimento proposto pelo grupo da UFJF. (Disponível em: <https://www.ufjf.br/fisicaecidadania/aprendendo-e-ensinando/brincando-com-a-fisica/carrinho-movido-a-ar/>. Acesso em: 10 ago. 2020.). Após a compreensão dos estudantes sobre o experimento – o deslocamento do ar promovendo o deslocamento da bexiga ou do carrinho no sentido contrário – pergunte a eles se conseguem reconhecer esse fenômeno no cotidiano. Como exemplos, podem ser mencionados: o movimento de um barco a remo ou de um nadador, em ambos os casos, a água é deslocada no sentido oposto ao deslocamento; um avião, cujas turbinas puxam o ar em um sentido fazendo com que o avião se desloque no sentido oposto; um foguete que expele grande quantidade de gás inflamável para baixo para se deslocar para cima.

Tanto no experimento demonstrado como nos exemplos citados existe a interação entre corpos. A terceira lei de Newton pode ser definida como: toda força aplicada sobre um corpo tem, como consequência, uma força de reação igual em módulo e direção e contrária ao sentido de aplicação. Após enunciar essa lei, solicite aos estudantes que leiam o tópico: **Terceira lei de Newton** e, a seguir, sintetizem as ideias principais apresentadas nesse tópico. Chame a atenção da turma para o fato de que a terceira lei de Newton só é observada na interação entre dois ou mais corpos, ocorrendo sempre aos pares.

Um aspecto que merece destaque é o seguinte: em muitas situações, principalmente sobre superfícies planas, a ausência de forças externas na direção vertical permite-nos assumir que a força peso e a força normal são iguais em módulo e direção, mas com sentidos opostos, de acordo com a segunda lei de Newton. Por isso, de maneira equivocada, os estudantes poderão pensar que peso e normal formam o par ação e reação, o que não está correto. Nesse caso, se o peso é a ação, a reação está no centro da Terra; se a normal é a ação, a reação está na pressão que o corpo faz sobre a superfície em que está apoiado. Faça essa distinção com eles, para que compreendam que ação e reação não podem estar aplicadas sobre o mesmo corpo e, por isso, essa lei trata da interação entre dois corpos, pelo menos.

CÓPIA

Encerrando as discussões sobre os enunciados das leis de Newton, proponha situações para que os estudantes exemplifiquem e complexifiquem seu entendimento, mostrando onde essas leis podem ser utilizadas para, por exemplo, facilitar o trabalho humano, o que é importante para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**. Dessa forma, os estudantes serão capazes de compreender as aplicações das leis de Newton e de avaliar os riscos em atividades cotidianas para justificar o uso de equipamentos, recursos e comportamentos de segurança.

Na sequência, solicite aos estudantes a leitura do tópico **Máquinas simples**. Peça que resumam no caderno as ideias principais do texto e proponha discussões para aprofundar especificamente os conceitos de "polias móveis" e de "plano inclinado". Quanto ao primeiro conceito, discuta relação inversamente proporcional entre o número de polias e a força aplicada. Cite, como exemplo, as polias dos aparelhos de musculação em academias ou as polias usadas na construção civil. Em relação ao plano inclinado, comente sua utilidade, principalmente para a construção civil.

Para ajudar os estudantes a identificar as forças presentes no plano inclinado, proponha a seguinte situação experimental: coloque uma borracha em cima de um caderno e comece a incliná-lo lentamente de forma que a borracha se mantenha em repouso sobre o caderno. Com o caderno inclinado e a borracha em repouso, peça aos estudantes que identifiquem as forças atuantes. Faça uma representação esquemática do sistema no quadro de giz. Procure demonstrar, por meio das forças identificadas, que, mesmo sobre um plano inclinado, a força normal se mantém perpendicular ao plano – no caso o plano do caderno.

É importante destacar que, sobre um plano inclinado, a força gravitacional se decompõe em duas componentes e que a força de atrito age no sentido contrário à descida da borracha, até inclinarmos mais o caderno e a borracha começar a se deslocar para baixo. Pergunte à turma por que isso acontece e esclareça que, ao inclinarmos o caderno, estamos mudando o ângulo, o que altera o valor das componentes da força peso e a força normal, que, por sua vez, altera a força de atrito. No instante iminente da queda, podemos entender que a força de atrito máxima tem o mesmo módulo da componente da força peso perpendicular ao plano do caderno. Neste momento, é importante explicar detalhadamente a relação trigonométrica que é feita na decomposição das forças, destacando a importância da Trigonometria nos estudos da Mecânica Clássica. Nesse caso, pode-se estabelecer uma parceria com o professor do componente curricular **Matemática** para o desenvolvimento da habilidade **EM13MAT308**, ao aplicar relações métricas e vetoriais, incluindo a lei do seno e a lei do cosseno, noções de congruência e semelhança para resolver problemas no contexto da Física.

Sugerimos como *Atividade complementar* um experimento com o objetivo de obter na prática o coeficiente de atrito entre duas superfícies. Caso deseje realizá-la, o momento de inseri-la no planejamento é logo após trabalhar com o conceito de plano inclinado e ter explorado o desenvolvimento de suas relações matemáticas. A atividade deve ser feita em grupos de três a quatro componentes, que deverão providenciar o material necessário e montar o aparato experimental descrito adiante. Para alcançar o objetivo da proposta é preciso utilizar conhecimentos das leis de Newton e de plano inclinado, desenvolvendo a habilidade **EM13CNT204**, ao organizar explicações acerca dos objetos na Terra, além da habilidade **EM13CNT301** e da **Competência Geral 2**, que sugerem analisar, investigar e interpretar a situação-problema pela perspectiva científica, nesse caso, fazendo uso das leis de Newton.

Por fim, proponha aos estudantes a leitura do tópico **Movimento circular** e peça a eles que anotem e compartilhem as principais ideias apresentadas no texto. É importante explicar-lhes que corpos com velocidade constante, em movimento circular, precisam, a cada intervalo de tempo, ter alterado a direção e o sentido de seu movimento para que se mantenham em círculo. Com isso, a resultante das forças não é zero, pois, embora a força não altere o valor da velocidade, ela está alterando a direção e o sentido – daí a importância da compreensão de que força e velocidade são grandezas vetoriais. Dê exemplos de como funcionam: os satélites em órbita; um corpo girando preso a uma corda; as apresentações acrobáticas de motociclistas em "globos da morte", entre outros. Faça um desenho no quadro de giz identificando a mudança do vetor velocidade em diferentes pontos da trajetória circular.

Proponha aos estudantes que trabalhem em pequenos grupos para a resolução dos exercícios propostos na seção **Atividades**. Tanto com os exemplos mencionados aqui quanto com os exercícios do Livro do estudante você poderá verificar se eles conseguem interpretar os fenômenos com base nas leis de Newton, mobilizando, assim, a habilidade **EM13CNT301**. Proponha que discutam o significado das grandezas físicas obtidas como respostas e as associem aos conceitos trabalhados durante as aulas. Por exemplo, o que significa uma força (ou outra grandeza) negativa, ou seja, qual é o significado de um sinal negativo quando trabalhamos com grandezas vetoriais. Essas interpretações são importantes para garantir o discernimento dos estudantes entre a situação apresentada e o tratamento matemático utilizado na interpretação do fenômeno. Durante a resolução dos exercícios, circule entre os grupos, observando suas dúvidas e os pontos que podem não ter sido esclarecidos. Faça uma correção coletiva dos exercícios, dialogando com os estudantes sobre como chegaram às respostas, quais foram os conceitos que utilizaram na resolução do problema e quais foram as maiores dificuldades.

Para encerrar, proponha que façam individualmente uma reflexão, em formato de texto dissertativo-argumentativo, analisando a seguinte questão: "Como o conhecimento desenvolvido sobre a compreensão do movimento influenciou a organização da vida humana?". Sugira aos estudantes que, na construção de seus textos, partam de situações mais gerais para exemplos específicos, que considerem todo o período da história da humanidade, pesquisem fatos históricos e pensem quanto esses conhecimentos permitiram e permitem agilizar e facilitar a execução de tarefas, compreender a causa dos movimentos, bem como fazer previsões sobre eles. Com isso, estarão relacionando o conteúdo do Tema à proposta geral da Unidade. Essa é mais uma situação para o desenvolvimento da

MANUAL DO PROFESSOR

habilidade **EM13CNT306** e da **Competência Geral 1**. Ao final, será utilizada a rotina de pensamento *Think pair share* (Pense e compartilhe em pares) para promover o compartilhamento dessas reflexões, incentivando a turma a ouvir e respeitar a opinião das outras pessoas, o que favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 4 e 9**.

Em pequenos grupos, os estudantes deverão ler os próprios textos, ouvir os textos dos colegas e fazer um levantamento das principais ideias apresentadas no grupo para, depois, serem compartilhadas com toda a turma. Coletivamente, podem construir um quadro que demonstre a evolução tecnológica de um desses aspectos, que podem ser: as ferramentas, os meios de transporte, a construção civil, os utensílios domésticos, entre outros. Nessa atividade podem ser utilizados imagens e pequenos balões explicativos com textos curtos, que transmitam a ideia que será compartilhada. Uma possibilidade é construir esse quadro digitalmente e, então, publicá-lo no *blog* ou no *site* da escola, incentivando assim o desenvolvimento da **Competência Geral 5**, ao promover a utilização de tecnologias digitais de forma crítica, significativa, reflexiva e ética para se comunicar e disseminar informações e produzir conhecimentos.

Se essa atividade não for viável, peça aos estudantes que façam um quadro com cartolinas, por exemplo, e exponham-no em local de circulação de estudantes na escola para que outras turmas possam ampliar a sua compreensão sobre os conhecimentos físicos e a maneira como eles mudaram e mudam o cotidiano da humanidade.

Para dar fechamento ao trabalho, recorra à seção **Reflita sobre seu aprendizado!**. Solicite aos estudantes que reflitam sobre a questão proposta, propiciando a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Atividade complementar

Nessa proposta, para investigar o coeficiente de atrito estático, os estudantes vão desenvolver a habilidade **EM13CNT204**, ao organizar explicações acerca dos objetos na Terra, além da habilidade **EM13CNT301** e da **Competência Geral 2**, que sugerem analisar, investigar e interpretar a situação-problema pela perspectiva científica, nesse caso fazendo uso das leis de Newton.

Investigando o coeficiente de atrito estático de diferentes superfícies

A força de contato que atua na superfície de um corpo e sempre se opõe à tendência de escorregamento ou deslizamento em relação à superfície de um plano é chamada força de atrito. As forças de atrito são muito importantes na vida cotidiana. Provocam desgaste nas peças móveis das máquinas e são responsáveis pelo aumento da energia interna destas porque as peças aquecem. Em contrapartida, sem elas não haveria transmissão do movimento por correias, não poderíamos caminhar, nem escrever e até mesmo uma corrente de ar poderia fazer com que os móveis se movessem em nossa casa.

A força de atrito existe em duas formas: estática e cinética, e é definida pela força normal do objeto e o coeficiente de atrito entre o objeto e a superfície na qual está apoiado. O coeficiente de atrito estático é sempre maior do que o cinético, o que na prática explica por que é mais difícil fazer um objeto se movimentar do que mantê-lo em movimento.

Objetivo

- Determinar o coeficiente de atrito a partir da obtenção do ângulo de inclinação do plano na iminência de movimento.

Material

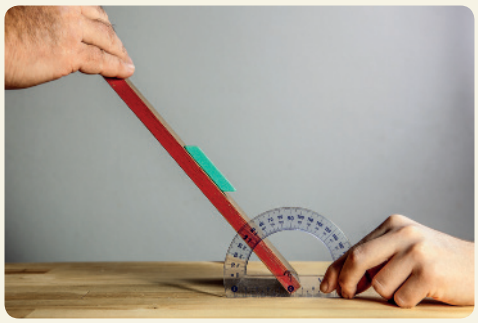
- 1 placa de madeira lisa (comprimento aproximado de 50 cm)
- 1 transferidor de 180°
- 1 borracha escolar
- 1 bloco de madeira
- 1 calculadora (ou bloco) de plástico

Prepare-se!

1. Em quais situações do cotidiano você já observou a força de atrito? Cite três exemplos.
2. Como você acha que é possível medir a força de atrito utilizando o material mencionado acima?
3. Em qual dos casos você acha que a força de atrito deve ser maior: entre a placa de madeira e a borracha, entre a placa de madeira e o bloco ou entre a placa de madeira e a calculadora de plástico? Por quê?

Procedimentos

- Formem grupos de três componentes.
- Montem sobre uma carteira (reta) ou uma bancada a sua pista de escorregamento. Fixem na superfície o transferidor. A madeira deverá ser colocada com uma de suas extremidades na mesma linha que passa pelo centro do transferidor. Essa extremidade não deve se mover, portanto, fiquem atentos.
- Coloquem a borracha sobre a placa de madeira e levantem a placa pela outra extremidade, formando um plano inclinado. Façam isso até que observem a borracha começar a se movimentar. Nesse instante, parem, e outro colega deverá medir o ângulo formado entre a mesa/bancada e a placa de madeira. Anotem esse ângulo e façam a medida outras duas vezes, revezando os integrantes do grupo.


DOTTA

- Repitam o mesmo procedimento para o bloco de madeira e para a calculadora (ou bloco de plástico), também realizando a medida três vezes em cada caso.

MODERNA

Discuta com seus colegas

1. Em qual das três situações a inclinação que provocou o movimento foi maior? Nesse caso, a que vocês acham que as diferentes inclinações se devem?
2. A massa do objeto altera a inclinação em que se inicia o movimento dele? Se for possível, façam o teste usando duas borrachas de massas diferentes. Justifiquem suas respostas.
3. Reproduzam a tabela abaixo em seus cadernos e anotem os dados obtidos nos experimentos. Em seguida, calculem o coeficiente de atrito em cada um dos casos.

	Medida θ_1	Medida θ_2	Medida θ_3	Média $\theta = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3}{3}$	Coeficiente de atrito $\mu_e = \text{tg}\ \theta_1$
Madeira-Borracha					
Madeira-Madeira					
Madeira-Plástico					

MODELO

4. Com base nos valores conhecidos do coeficiente de atrito para diferentes superfícies apresentados a seguir, discutam se os seus resultados se aproximam ou não do valor esperado e justifiquem sua resposta.

Superfície	Madeira/Borracha	Madeira/Madeira	Madeira/Plástico
Coeficiente de atrito estático	0,84	0,50	0,38

Fonte: SANTOS, C. E. *et al*. Determinação do coeficiente de atrito para interface plástico-madeira em plano inclinado. *VIII Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica* e *IV Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação*. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

• Resoluções da Atividade complementar

Prepare-se!

1. Resposta variável. Alguns exemplos: uma pessoa caminhando, um carro freando, uma bola que rola no chão e para, patins deslizando sobre o gelo/solo, as rodas de um trem sobre os trilhos, os pneus sobre o asfalto etc.
2. Resposta variável. É possível que os estudantes mencionem o movimento desses objetos sobre a madeira, observando seu tempo de parada; ou, ainda, notem a observação do ângulo de inclinação da placa de madeira, que causa a iminência do movimento dos diferentes objetos.
3. Espera-se que os estudantes respondam que o maior atrito deve ser sobre a madeira e a borracha. Pode ser que eles relacionem a massa do objeto à força de atrito, fato que não está correto e deverá ser verificado ao longo do experimento.

Discuta com seus colegas

1. É esperado que a inclinação da placa de madeira com a borracha seja maior, uma vez que esse é o maior coeficiente de atrito.
2. Não. Incentive-os a fazer o teste com duas borrachas de tamanhos e massas diferentes, verificando, assim, se a massa interfere na inclinação com que o objeto começa a se movimentar. Na realidade, o coeficiente de atrito depende apenas das propriedades dos materiais em contato. No entanto, ao mudar a massa, estaremos mudando a força de atrito.
3. Respostas variáveis. Dependem das medidas obtidas com o experimento. Observe se eles fizeram a medida angular corretamente, se calcularam a média dos valores e oriente-os a usar a calculadora científica para obter o valor da tangente. Se achar pertinente, explique como obter a relação $\mu_e = \text{tg}\ \theta$, pois, sabendo que no limite vale a relação $F_{at\,máx} = \mu_e \cdot F_N$ e que na iminência do movimento ainda vale a situação de equilíbrio. Temos que $P_x = mg \cdot \text{sen}\ \theta = F_{at\,máx}$ e $P_y = mg \cdot \cos\theta = F_N$, então:

$$mg \cdot \text{sen}\ \theta = \mu_e mg \cdot \cos\theta \Rightarrow \mu_e = \frac{mg \cdot \text{sen}\ \theta}{\mu_e mg \cdot \cos\theta} \therefore \mu_e = \text{tg}\ \theta$$

4. Resposta variável. Os valores devem ser próximos àqueles da tabela. As divergências provavelmente devem ser decorrentes de erros na medida dos ângulos durante o experimento. Outra causa para divergências entre os valores pode estar relacionada às propriedades dos materiais utilizados, por exemplo, se a madeira era rústica, lixada ou envernizada, entre outras diferentes características.

Tema 6 - Equilíbrio

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término deste Tema, o estudante seja capaz de:

- Explicar, por meio do conceito de equilíbrio e interações gravitacionais, o movimento de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo.
- Analisar e interpretar questões usando o conceito de equilíbrio para elaborar conclusões a respeito de situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica.
- Avaliar riscos em atividades cotidianas por meio da aplicação do conceito de equilíbrio para justificar o uso de equipamentos, recursos e comportamentos de segurança.

Subsídios para o planejamento

O Tema 6 aborda o conceito de equilíbrio, diferenciação entre corpo extenso e ponto material, momento de uma força, centro de gravidade e alavancas. Por isso, deve ser desenvolvido pelo professor do componente curricular **Física.**

Neste planejamento vamos trabalhar com diversos experimentos demonstrativos-investigativos que visam facilitar aos estudantes a visualização dos fenômenos que estão sendo estudados. Esse tipo de experimento prioriza primeiramente a observação macroscópica de um fenômeno, seguido da interpretação microscópica, ou seja, como a ciência explica os fenômenos observáveis pelos estudantes; e a expressão representacional utilizando-se da linguagem científica (fórmulas, equações, gráficos etc.). Incentive os estudantes a participar, estabelecendo alguns passos apresentados a seguir.

Ao longo dos experimentos, serão utilizados alguns indicadores de alfabetização científica, como:

> "(b) levantamento e teste de hipóteses construídas a serem realizados pelos estudantes; (c) estabelecimento de explicações sobre fenômenos em estudo, buscando justificativas para torná-las mais robustas e estabelecendo previsões delas advindas; (d) uso de raciocínio lógico e raciocínio proporcional durante a investigação e a comunicação de ideias em situações de ensino e aprendizagem" (SASSERON, 2015, p. 57).

Durante todos esses experimentos, procure seguir três passos: antes de realizar o experimento, pergunte o que os estudantes acham que vai acontecer e por quê; durante o experimento pergunte o que eles estão observando; e depois do experimento peça-lhes que discutam as observações e as comparem com as hipóteses levantadas inicialmente. As perguntas propostas nos tópicos *Prepara-se!* e *Discuta com seus colegas* devem auxiliar nesse processo, mas sua presença entre os grupos deve ajudar a organizar as ideias e informações. Nesse movimento, as ideias podem ser reformuladas ou aprimoradas, e é interessante que eles as anotem, para poderem compará-las com suas ideias iniciais. Por fim, peça aos grupos que compartilhem suas ideias com toda a turma e anotem as principais no quadro de giz, fazendo uma síntese geral das discussões e incorporando os conceitos e o vocabulário científico, caso ele ainda não tenha sido usado pelos estudantes. O movimento de investigação científica é importante para desenvolver a habilidade **EM13CNT301**, ao propor a análise de questões e a possibilidade de interpretação usando o conceito de equilíbrio para elaborar conclusões a respeito de situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica, e também da **Competência Geral 2**, pois possibilita exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções com base nos conhecimentos das diferentes áreas. O movimento de escuta e diálogo é importante para o desenvolvimento das **Competências Gerais 4 e 9**.

Comece a aula retomando o conceito – já visto no Tema 5 – sobre a soma vetorial das forças. Retome com os estudantes como devem realizar a somatória de diferentes forças – que apontam em direção e sentidos diferentes – organizando essas ideias no quadro de giz. Então proponha a seguinte pergunta: "Qual deve ser a condição para que um corpo sujeito a várias forças esteja em equilíbrio?". Os estudantes provavelmente responderão que a força resultante deve ser nula.

Sugira então que os estudantes imaginem o seguinte experimento: "Supondo uma régua em que se faça, em uma das suas extremidades, uma força na vertical para cima e na outra extremidade uma força na vertical para baixo, esse corpo ficaria estático ou começaria a se mover?". Estimule-os a pensar a respeito e faça um levantamento das hipóteses iniciais.

Em trios, sugira que eles façam o Experimento 1, descrito a seguir. Com ele, serão trabalhadas as habilidades **EM13CNT204**, ao propor a explicação, com base no conceito de equilíbrio e interações gravitacionais, o movimento de objetos na Terra; e **EM13CNT301,** ao propor a análise e interpretação de questões usando o conceito de equilíbrio para elaborar conclusões a respeito de situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica. Além disso, serão trabalhados os indicadores (b), (c) e (d) de alfabetização científica.

• Experimento 1

Objetivo

- Verificar situações de equilíbrio estático em uma régua.

Material

- 1 régua de 30 cm ou maior
- 3 borrachas semelhantes (massas iguais)

Prepare-se!

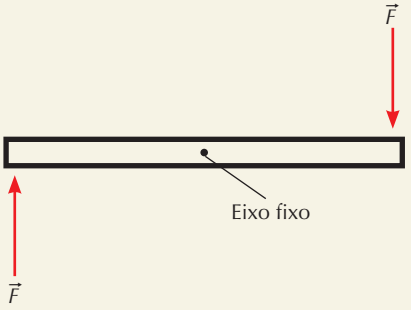
1. Ao aplicarmos forças de mesma intensidade e direção, mas sentidos opostos sobre as extremidades de uma régua, seríamos capazes de promover seu movimento? Explique.
2. Em uma gangorra, qual deve ser a condição para que se atinja o equilíbrio estático?
3. É possível que pessoas de diferentes massas consigam atingir uma posição de equilíbrio estático da gangorra? Justifique.

EM ABERTA

Procedimento

- Fixem a régua no centro.
- Primeira situação: em duplas, com um estudante em cada extremidade, empurrem a régua na mesma direção em sentidos opostos. Em seguida façam o mesmo movimento, invertendo os sentidos da situação anterior, conforme figura abaixo:

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO



- Segunda situação: façam da régua uma espécie de gangorra. Coloquem uma borracha de cada lado e procurem a posição de equilíbrio dessa régua. Anotem as posições em que as borrachas estavam quando foi possível equilibrar a régua.
- Terceira situação: com a mesma configuração da régua, procurem equilibrar duas borrachas de um mesmo lado e uma borracha de outro. Anotem as posições em que as borrachas estavam quando foi possível equilibrar a régua.

Discuta com seus colegas

1. Na primeira situação, em que vocês empurraram a régua em sentidos opostos, o que foi observado? Por que isso aconteceu? Expliquem com base no diagrama de forças do problema.
2. Na segunda situação, em que duas borrachas foram colocadas nas extremidades da régua, o que foi observado? Por que isso aconteceu? Expliquem com base no diagrama de forças do problema e considerando a posição das borrachas na situação de equilíbrio.
3. Na terceira situação, em que duas borrachas foram colocadas de um lado da régua e outra borracha foi colocada do outro lado, foi possível encontrar uma posição de equilíbrio? Por que isso aconteceu? Expliquem com base no diagrama de forças do problema e considerando a posição das borrachas na situação de equilíbrio.
4. Qual é o papel do eixo fixo? Se ele fosse colocado em outra posição da régua, o que aconteceria?

• Resolução do Experimento 1

Prepare-se!

1. Espera-se que os estudantes respondam que sim. Ao que parece, as forças em mesma direção e sentidos opostos devem fazer o corpo girar. Isso acontece pelo fato de a régua estar presa em um eixo fixo, localizado ao seu centro. Sem esse eixo, a régua permaneceria parada.
2. Espera-se que eles respondam que massas iguais devem ser posicionadas em posições iguais em relação ao eixo fixo central.
3. Espera-se que eles respondam que massas diferentes devem ser posicionadas em posições diferentes em relação ao eixo fixo central. Aqui é importante verificar se eles têm essa noção ao menos do ponto de vista qualitativo.

Discuta com seus colegas

1. Espera-se que os estudantes observem que a régua começou a rotacionar; dependendo do sentido das forças, a rotação acontece em sentido horário ou anti-horário.
2. Espera-se que eles cheguem à conclusão de que, no caso das massas iguais, a posição de equilíbrio delas deve ser a mesma em relação ao eixo fixo no centro. Com relação às forças, podemos pensar que, como a régua é um corpo extenso, as forças aplicadas em suas extremidades, pelas borrachas, são compensadas pela força normal, no apoio da régua, na vertical para cima.
3. Espera-se que eles cheguem à conclusão de que, no caso das massas diferentes, a posição de equilíbrio delas é diferente em relação ao eixo fixo no centro. O lado com maior massa deve estar mais próximo do eixo, enquanto o lado com menor massa fica mais longe do centro. Como a proporção de massas, nesse caso, é o dobro, a relação entre as distâncias também obedece a essa proporção.
4. Espera-se que eles respondam que o eixo fixo é o ponto onde está aplicada a força normal da régua, em relação ao seu próprio peso e ao peso das massas que forem colocadas sobre ela. É a partir dele que se dá o equilíbrio ou que se inicia o movimento de rotação. Caso ele não estivesse no centro, mas numa posição levemente deslocada, as situações de equilíbrio continuariam a existir, respeitando as proporções de distâncias. Caso ele estivesse em uma das extremidades, não existiria a possibilidade de criar uma situação de equilíbrio, usando as massas.

Com a primeira situação, é esperado que os estudantes compreendam que o corpo extenso, devido à ação das duas forças, que estão em sentidos opostos, esteja em movimento rotacional, o que nos leva a uma incoerência: se a resultante das forças é nula, por que o corpo não está parado? Na segunda situação, a ideia é que eles percebam que estando os pesos em lados opostos, as forças iguais – mesma intensidade, direção e sentido – conseguem gerar uma situação de equilíbrio estático. Já na terceira situação, o objetivo é que os estudantes percebam que movendo os corpos em relação ao apoio, eles podem chegar a uma situação de equilíbrio, em que os corpos não estarão a distâncias iguais em relação ao centro.

Ao final da atividade experimental, anote, no quadro de giz, as explicações que eles conseguiram construir e, em seguida, faça uma síntese, apresentando-lhes a relação entre as massas e as distâncias. Após apresentar a relação matemática que define o momento de uma força, discuta sobre as implicações dela, isto é, quanto maior a distância entre a força e o eixo fixo, maior será o torque aplicado ao corpo.

EM MODERNA

Após a discussão, peça aos estudantes que leiam os tópicos: **Equilíbrio**, **Corpo extenso e ponto material** e **Equilíbrio de um ponto material**. Peça que sintetizem as principais ideias e as compartilhem com os colegas, em duplas ou trios. Em seguida, proponha um debate com toda a turma, pedindo aos estudantes que definam as três condições de equilíbrio estático, que deem exemplos de situações cotidianas em que elas ocorrem e façam uma demonstração disso em sala de aula, como: uma argola pendurada sobre uma haste na horizontal ou uma pequena esfera dentro de um recipiente côncavo (equilíbrio estático estável); uma haste sendo posicionada verticalmente sobre uma superfície plana ou duas esferas colocadas, uma sobre a outra, em uma superfície plana (equilíbrio estático instável); um objeto qualquer colocado sobre uma superfície plana (equilíbrio estático indiferente).

Em seguida, proponha que eles diferenciem um corpo extenso e um ponto material. Neste caso, tratando de um corpo extenso, como a régua usada no experimento, mesmo que a resultante das forças seja nula, pode haver movimento rotacional; e, já no ponto material, por causa de suas dimensões desprezíveis, não ocorre movimento rotacional. Para melhor compreensão dos estudantes sobre essas definições, resolva, no quadro de giz, o exemplo envolvendo dois blocos, conforme mostrado na **figura 6.9** do Livro do estudante, destacando que sobre um ponto material não há possibilidade de movimento rotacional, como mostrado na figura.

Para melhor abordagem do conceito, cite exemplos do cotidiano, como abrir uma porta, em que a maçaneta está o mais distante possível do eixo de rotação da porta; ou, ainda, o ato de trocar o pneu de um carro com o auxílio de uma ferramenta que permite esticar o braço da força, fazendo com que seja aplicada uma força o mais distante possível do eixo, resultando em um torque cada vez maior e diminuindo o esforço físico. Com as atividades desenvolvidas até aqui, serão trabalhadas as habilidades **EM13CNT204** e **EM13CNT306**, pois elas promovem a explicação, com base no conceito de equilíbrio e interações gravitacionais, o movimento de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo; além de possibilitarem a avaliação de riscos em atividades cotidianas por meio da aplicação do conceito de equilíbrio para justificar o uso de equipamentos, recursos e comportamentos de segurança.

Para explicar a porta e o torque aplicado nela, proponha uma situação-problema, mas antes oriente os estudantes a terem cuidado com as mãos, para que não as prendam na porta: peça que dois estudantes apliquem forças aproximadamente iguais sobre a porta da sala, mas para isso posicione-os em lados opostos da porta, porém de forma que um fique na extremidade da porta e o outro fique próximo do eixo de rotação da porta. Em seguida, peça ao estudante, na extremidade da porta, que use apenas uma das mãos, e ao estudante que está mais próximo do eixo da porta que use as duas mãos. Os estudantes deverão observar que quanto mais próximo do eixo, maior a força aplicada; por essa razão, a distância entre o local onde a força é aplicada e o eixo fixo é fundamental para melhor desempenho de um movimento rotacional. Caso julgue pertinente, resolva, dialogando com os estudantes, o exemplo referente à **figura 6.14** do Livro do estudante.

Se for possível, peça que os estudantes acessem a simulação "Balançando", sugerida no quadro **Fique por dentro**. Com ela, além de propiciar o uso de tecnologias digitais na simulação de eventos e análise de dados, favorecendo a **Competência Geral 5**, eles podem explorar a condição de equilíbrio usando diferentes combinações de massas e posições ao longo do eixo, podendo, inclusive, jogar em 4 níveis com os 6 desafios de equilíbrio. Depois do jogo, escolha alguns estudantes para explicarem como eles resolveram os diferentes desafios.

Após explorar o conceito de momento de uma força, peça aos estudantes que leiam os tópicos **Momento de uma força** e **Vantagem mecânica**. Após a leitura, converse sobre os sinais atribuídos ao sentido de rotação de um objeto – por mera convenção, quando o movimento se der no sentido anti-horário, o torque será positivo, e quando o movimento se der no sentido horário, o torque será negativo. Peça-lhes que retomem, do livro, a relação trigonométrica para calcular o torque de uma força inclinada em relação ao eixo fixo: lembrando que neste caso a força deve ser decomposta, sendo que a componente perpendicular em relação ao eixo é a que de fato está aplicando o torque, enquanto a componente paralela não consegue modificar seu estado de movimento em relação ao eixo, e por isso tem torque nulo. Ao retomar e aprofundar um pouco mais sobre trigonometria – conteúdo já trabalhado no Tema 5 – a habilidade **EM13MAT308** é favorecida, pois os estudantes desenvolverão melhor a capacidade de resolver problemas que envolvem triângulos, inclusive em situações do dia a dia. Uma parceria com o professor do componente curricular **Matemática** é interessante para estabelecer relações com a Física.

Em relação às vantagens mecânicas, pode-se fazer o simples e rápido experimento demonstrativo-investigativo descrito a seguir. Você pode sugerir as discussões em grupos de três ou quatro estudantes. Com esse experimento, incentiva-se o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301**, ao propor a análise e interpretação de questões, usando o conceito de alavanca, para elaborar conclusões a respeito de situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica; e **EM13CNT306**, ao propor a avaliação de atividades cotidianas por meio da aplicação do conceito de alavancas, para justificar o uso de equipamentos e recursos. Além disso, também são trabalhados os indicadores (b) e (c) de alfabetização científica.

• Experimento 2

Objetivos

- Verificar situações de vantagem mecânica.
- Propor soluções para um problema.

Material

- 1 garrafa PET com tampa fortemente fechada.

Prepare-se!

1. Supondo que você, usando suas mãos, não consegue abrir uma garrafa PET. O que poderia fazer para abrir a garrafa sem cortá-la ou violar a sua estrutura?

REPRODUÇÃO

Procedimento

- Coloque a garrafa entre o batente e a porta, na região próxima das dobradiças da porta.
- Feche um pouco a porta, de maneira que a tampa da garrafa fique presa no espaço entre a porta e o batente. Segure a porta ou peça a um colega que segure para você.
- Segure a garrafa pelo meio dela e a gire. Lembre-se de que para direita a garrafa fecha e para a esquerda a garrafa abre.

Discuta com seus colegas

1. Usar essa técnica deve ter tornado mais fácil a abertura da garrafa. Por quê?
2. Qual é a vantagem mecânica dessa situação?
3. Supondo que a garrafa tivesse um formato totalmente cilíndrico, colocá-la entre o batente e a porta, para girar, resolveria o problema?

• Resolução do Experimento 2

Prepare-se!

1. Os estudantes podem sugerir o uso de ferramentas, como um alicate ou um alicate de pressão, entre outras.

Discuta com seus colegas

1. Espera-se que os estudantes respondam que colocar a garrafa entre o batente e a porta fixa a tampa, aumenta o atrito para que a garrafa não gire junto com a tampa. Como o eixo de rotação da garrafa é imaginário e passa pelo seu centro, de forma longitudinal, ao girar o corpo da garrafa aumentamos a distância até esse eixo, o que faz com que a força aplicada seja menor.
2. Espera-se que eles respondam que a vantagem mecânica é aumentar a distância ao eixo, aplicando uma força menor. Para resolver o problema, você deve ter um sistema ou mecanismo em que seja possível aplicar essa força a uma distância maior do eixo de rotação. É o que aconteceria, por exemplo, se fosse usado um alicate.
3. Espera-se que eles repondam que, nesse caso, prender a tampa entre o batente e a porta aumentaria o atrito, o que poderia ajudar a abrir a garrafa. No entanto, do ponto de vista da vantagem mecânica, a distância da força aplicada ao eixo de rotação permanece a mesma em todo o cilindro, portanto, nesse caso, não resolveria o problema.

Com esse experimento, o estudante deverá observar que há maior facilidade em abrir a garrafa nessa situação, já que a distância entre o ponto de aplicação da força e o eixo é maior. Caso julgue pertinente, após o experimento, faça no quadro de giz a resolução do exemplo apresentado, referente à **figura 6.16** do Livro do estudante, relacionando as duas situações.

Retomando o assunto de equilíbrio, aborde o conceito de centro de massa dos corpos, também conhecido por centro de gravidade dos corpos, que corresponde a um ponto, no corpo extenso, em que podemos considerar que se concentra o seu peso. Peça aos estudantes que se dividam em grupos de até três integrantes e realizem a atividade descrita no Experimento 3, a seguir. Nele serão desenvolvidas as habilidades **EM13CNT204**, ao propor que os estudantes expliquem, com base no conceito de equilíbrio e interações gravitacionais, o movimento de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo; e **EM13CNT301**, ao propor a análise e interpretação de questões usando o conceito de equilíbrio para elaborar conclusões a respeito de situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica. Além disso, serão trabalhados os indicadores (c) e (d) de alfabetização científica.

• Experimento 3

Objetivo

- Identificar o centro de gravidade dos corpos.

Material

- 1 pedaço quadrado de papelão com as medidas de 20×20 cm
- 1 lápis bem apontado
- 1 régua

Prepare-se!

1. Como seria possível obter o centro de gravidade de um objeto qualquer de maneira experimental?

Procedimento

- Procurem equilibrar o quadrado de papelão usando o lápis. Quando conseguirem, marquem esse ponto no quadrado usando o próprio lápis.
- Tracem as diagonais do quadrado, dividindo-o em duas metades.
- Marquem o ponto de encontro dessas duas diagonais.
- Comparem os dois pontos marcados.

Discuta com seus colegas

1. O que significa o primeiro ponto marcado a partir da posição em que o quadrado se equilibrou sobre o lápis?
2. O que significa o segundo ponto, que é o encontro das duas diagonais traçadas?
3. Esse método é útil para encontrar o centro de gravidade de qualquer figura? Justifique.

• Resolução do Experimento 3

Prepare-se!

1. Os estudantes podem responder que em alguns objetos deve ser possível obter seu centro de gravidade, encontrando sua posição de equilíbrio. Outra maneira seria tomar as medidas de cada uma das dimensões do objeto e utilizar a relação matemática para o cálculo do centro de massa, sendo necessário, para isso, uma tabela dos centros de massa para diferentes figuras geométricas.

Discuta com seus colegas

1. Espera-se que os estudantes respondam que o ponto encontrado a partir do equilíbrio é a região onde a somatória das forças se anulou, em função da força normal produzida pela ponta do lápis sob a superfície.

MODERNA

2. Espera-se que eles respondam que o ponto encontrado a partir do encontro das duas diagonais é o centro geométrico da figura, que no caso do quadrado corresponde também ao centro de gravidade.
3. Não. Esse método é válido para figuras regulares e com distribuição de massa homogênea. No caso de figuras não homogêneas, como a letra "C", por exemplo, o centro de massa estaria fora da figura. Portanto, esse método do lápis não serviria.

Após a realização do Experimento 3, promova uma discussão sobre o que foi observado e discutido, sintetizando as ideias principais no quadro de giz. Peça aos estudantes que leiam os tópicos **Equilíbrio de um corpo extenso** e **Alavancas**. Após a leitura, peça-lhes que respondam: "O que é necessário para que um corpo extenso se encontre em estado completamente estático?". Espera-se que eles respondam que é necessário não apenas que a resultante das forças seja nula, mas que o torque resultante também seja nulo. Retome o Experimento 1, na primeira situação em que a resultante de forças era nula, mas o torque não. Em seguida, proponha que eles expliquem a resolução do exemplo da **figura 6.19** apresentada no Livro do estudante. Chame a atenção para a diferença nas intensidades de força aplicadas sobre as pilastras, devido à distância do caminhão ao centro de gravidade da ponte. Com isso, trabalharemos especialmente com a habilidade **EM13CNT301**, pois aprofundaremos a análise e interpretação de questões usando o conceito de equilíbrio para elaborar conclusões a respeito de situações-problema e desenvolver aplicações sob uma perspectiva científica.

A partir da apresentação e da compreensão dos estudantes em relação ao exemplo da **figura 6.19**, mostre a eles, com base na fórmula, que para um mesmo torque, variando-se a distância entre o ponto de aplicação da força e o eixo fixo, varia-se a força aplicada na mesma proporção. Isto é, quanto maior a distância do eixo, menor será a força aplicada para manter o torque. No entanto, quanto menor a distância entre o eixo, maior será a força aplicada para manter o torque, destacando que esse é o princípio de aplicação das alavancas, também conhecidas como máquinas simples, que permite multiplicar a intensidade de forças, facilitando a execução de determinada tarefa.

Sobre as alavancas, peça aos estudantes que sintetizem em seus cadernos os diferentes tipos e exemplos de alavancas: interfixas, interpotentes e inter-resistentes.

Para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT306**, você pode abordar as máquinas simples presentes no corpo humano, de maneira interdisciplinar, fazendo um planejamento prévio com os professores de **Biologia e Educação Física**, utilizando-se do livro *Desvendando a física do corpo humano – Biomecânica* (OKUNO; FRATIN, 2016), o qual está indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Dele, você pode sugerir a leitura completa ou parcial para os estudantes, dividindo-os em grupos para apresentação das principais ideias de um ou mais capítulos, no formato de seminários. Outra possibilidade de abordar o assunto, por meio de atividades práticas com o próprio corpo, está proposto no artigo *Proposta para o ensino-aprendizagem do centro de gravidade a partir do equilíbrio do corpo humano* (SANTIAGO; ARENAS, 2018), também indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Neste caso, você pode estabelecer parceria com o professor de **Educação Física** para fazer um planejamento de atividades voltadas para posturas corporais, favorecendo, portanto, a habilidade **EM13LGG501**. Essa habilidade é favorecida, pois os estudantes são convidados a utilizar das práticas corporais estabelecendo relações com o tema discutido. Dessa perspectiva, incentive os estudantes a realizar certas posturas corporais para posteriormente compará-las ao modelo e à teoria sobre equilíbrio estático e momento de uma força. Para concluir a discussão sobre equilíbrio dos corpos, peça aos estudantes que pesquisem ferramentas cotidianas que utilizem esse princípio. Como exemplo, podemos citar: a balança de dois pratos, em que duas massas são colocadas uma em cada lado, gerando torques contrários; ou quando uma pessoa, com uma chave de fenda, não consegue desparafusar um parafuso enferrujado, pois o atrito entre o parafuso e a porca gera um torque oposto ao torque gerado pela força da pessoa com a chave de fenda, entre outros. Nesses exemplos, o torque resultante é nulo enquanto o corpo se mantém em equilíbrio estático.

Ainda se desejar desenvolver aspectos da **Competência Geral 1** e discutir os conhecimentos historicamente acumulados sobre equilíbrio e alavancas, você poderá promover junto aos estudantes a leitura e discussão de alguns capítulos do livro *Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca*, de Assis (2008), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Nos capítulos iniciais, o autor faz um apanhado sobre a vida e obra de Arquimedes e apresenta a evolução de alguns conceitos, como o de centro de gravidade e alavancas. As discussões podem contribuir para a compreensão de como e por que se iniciaram os estudos do tema, além de favorecer a percepção de que a ciência é empreendimento humano.

Para verificar a compreensão dos estudantes em relação ao tema desenvolvido, sugira a resolução individual , no período extraclasse, dos exercícios propostos na seção **Atividades**. Em sala de aula, proponha que eles se dividam em trios para discutir suas dúvidas, seus resultados e como chegaram a eles. Por fim, faça uma correção coletiva, com toda a turma, pedindo para alguns estudantes compartilharem a maneira como resolveram os problemas e quais foram suas principais dificuldades.

Esse é um bom momento para recorrer à seção **Reflita sobre seu aprendizado!**, propondo aos estudantes que revisitem os objetivos da Unidade e identifiquem quais são as partes dele que se relacionam ao conteúdo estudado neste Tema. A autoavaliação do processo de aprendizagem favorece tanto o desenvolvimento da metacognição como o autoconhecimento, viabilizando, portanto, a mobilização

OBRA

das **Competências Gerais 1 e 6**. Em conjunto com a autoavaliação dos estudantes, utilize as elaborações deles ao longo de todo o trabalho como forma de avaliar a aprendizagem continuamente, identificando e dirimindo as lacunas de compreensão.

Reflexões sobre a ciência

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Perceber o uso inapropriado do conhecimento científico para justificar teorias e hipóteses de pouco ou nenhum valor moral.
- Compreender a importância da pesquisa e da reflexão sobre as Ciências Naturais com base em estudos das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas.
- Argumentar sobre diferentes usos da Ciência respaldados em fatos e pesquisas embasadas.
- Sintetizar ideias em texto curto e construir nuvem de palavras com base em informações e dados confiáveis.

Subsídios para o planejamento

A seção **Reflexões sobre a ciência** debate o uso da Ciência e de como esta pode ser empregada de acordo com diferentes ideologias, até mesmo para tentar justificar preconceitos e genocídios. O texto traz todo um histórico do desenvolvimento do darwinismo social, mostrando a origem de algumas ideias que fundamentam esse pensamento e permitindo o trabalho com a **Competência Geral 1**. Mezan (1998) conceitua o termo preconceito como "o conjunto de crenças, atitudes e comportamentos que consiste em atribuir a qualquer membro de determinado grupo humano uma característica negativa, pelo simples fato de pertencer àquele grupo: a característica em questão é vista como essencial, definidora da natureza do grupo, e portanto adere indelevelmente a todos os indivíduos que o compõem".

Nesse contexto, a atividade desta seção trabalha de forma conjunta com a **Competência Geral 9** e favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13LGG102**, tendo em vista que busca trabalhar as diferentes visões de mundo analisando criticamente as ideologias e os preconceitos, bem como os discursos de cientistas que visam explicar, interpretar e intervir na realidade.

Por se tratar de um debate sobre a natureza da atuação científica, a atividade pode ser conduzida por qualquer um dos professores dos componentes curriculares: **Física**, **Química** ou **Biologia**. Sugere-se também uma parceria com um professor da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, de modo que possa contribuir no planejamento da atividade, pois a discussão sobre racismo envolve questões de cidadania e direitos humanos. As orientações e as sugestões do professor dessa área enriquecerão os debates da seção e auxiliarão os estudantes a compreender a importância de todas as Ciências, de forma dialógica, para a construção do conhecimento humano de maneira responsável e cidadã. A habilidade **EM13CHS502** de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas versa sobre a análise de valores e condutas a fim de desnaturalizar e problematizar formas de preconceito e intolerância. Assim, o debate sobre visões de mundo que utilizam a Ciência de modo deturpado para favorecer uma agenda de preconceito integra as duas áreas do conhecimento.

Inicie a atividade abrindo espaço para um debate com os estudantes. Nesse momento, busque identificar o que eles pensam sobre racismo, instigando-os a refletir sobre as seguintes questões:

1. Em sua opinião, qual é a imagem das pessoas que sofrem racismo?
2. Para você, quais são os significados de raça e de etnia? Descreva um caso real em que suas definições se aplicam.
3. Você acredita que há discriminação de pessoas em razão da cor da pele no Brasil? Descreva um caso verídico que fundamente sua resposta.

Nesse momento, pode surgir a discussão sobre a definição de raça. Muitas vezes há o discurso sobre a inexistência de raças humanas tendo por base o uso de conceitos genéticos, entre outros. Nesse caso, problematize com os estudantes a teoria científica e suas aplicações e faça a eles o seguinte questionamento: "Para quem sofre discriminação por causa do tom de pele, o que significa o discurso da inexistência de raças?". Para enriquecer esse debate, discuta com os estudantes as matérias jornalísticas intituladas "Grupos distorcem estudos, e cientistas frisam: não existem raças humanas do ponto de vista genético" e "O cientista ganhador do Nobel que perdeu seus títulos por causa de ideias racistas", disponíveis na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Na primeira reportagem, discuta como a construção social do conceito de raça, apesar de não fazer sentido geneticamente, ainda se justifica para legitimar as desigualdades. Na segunda reportagem, discuta com os estudantes as principais razões que levaram o cientista a perder os títulos. As duas reportagens auxiliam no debate sobre como até mesmo um cientista renomado embute suas ideologias e tenta legitimar seu preconceito utilizando argumentos que não se justificam com o que a Ciência diz na atualidade.

A discussão também pode alcançar a questão de gênero e suas relações discriminatórias. Para isso, utilize o texto intitulado "Liderança é questão de testosterona, diz psiquiatra", que está disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Após o debate inicial, proceda à atividade fazendo a leitura do texto do Livro do estudante de forma dialogada, lendo o texto com a turma e fazendo pausas a cada parágrafo para discuti-lo. Conduza a atividade com base na **leitura inferencial**, que consiste em articular, por meio de inferências, as informações explicitadas no texto e o conhecimento prévio dos estudantes.

Durante o trabalho com o texto, é importante ressaltar para os estudantes que as "correntes científicas" apresentadas foram tentativas de promover uma evolução ou melhorias na espécie humana e que isso não tem, em nenhum nível, ligação com os estudos e as publicações de Charles Darwin,

EM MODERNA

mas são fruto da má interpretação de suas teorias por parte da comunidade científica inglesa na época, sobretudo de seu primo, Francis Galton.

No Brasil, essas ideias foram utilizadas para justificar a escravidão e, mesmo após o fim da escravatura, elas prevaleceram em outras esferas, como na Medicina.

Até mesmo a sífilis, uma doença sexualmente transmissível, foi atribuída ao patrimônio genético dos negros. Apesar de o conhecimento em Biologia do século XIX e do início do século XX ter sido empregado por alguns para o desenvolvimento dessas ideias equivocadas e perigosas, a partir do final do século XX, com os avanços da Genética, da Biologia molecular e da base teórica da Biologia evolutiva, as Ciências Biológicas trouxeram evidências científicas contrárias à existência de raças na espécie humana e contestaram qualquer indício do que se poderia chamar de superioridade racial. Ao trabalhar a compreensão sobre preconceito e sua manutenção na sociedade brasileira, o estudante tem chance de reconhecer e respeitar a diversidade, propiciando o desenvolvimento da **Competência Geral 8**.

O debate fundamentado em ideias científicas atuais auxilia no trabalho com a **Competência Geral 7**, pois dá subsídios para a argumentação dos estudantes. Ao debater a diversidade dos indivíduos e compreender que o conceito de raça inexiste do ponto de vista genético, mas ainda é utilizado no discurso daqueles que visam referendar suas visões de mundo racistas, e que socialmente negros e outras minorias ainda sofrem com o preconceito, trabalha-se de forma alinhada à habilidade **EM13CNT305**, uma vez que permite que os estudantes investiguem a relação da prática científica e o seu uso indevido. Além disso, favorece a habilidade **EM13CHS502**, ao mostrar aos estudantes circunstâncias da vida cotidiana para que eles desenvolvam suas percepções acerca de comportamentos e atitudes hostis atribuídos a membros de determinados grupos sociais e busquem coibir essas ações, essas falas e esses comportamentos, desnaturalizando o preconceito racial ou de qualquer outra natureza.

Para o debate das ideias eugenistas apresentadas no Livro do estudante, utilize o texto "Eugenia: como movimento para criar seres humanos 'melhores' nos EUA influenciou Hitler", disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Com esse material de apoio, aprofunde o debate sobre a questão do cientista como ser social, ou seja, o fato de que a Ciência é feita por seres humanos e que suas perguntas e suas buscas são pautadas pelas ideias destes. Um complemento a esse texto é o artigo "Darwinismo social, eugenia e racismo 'científico': sua repercussão na sociedade e educação brasileira", disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Ao trabalhar as ferramentas atuais da ética científica, o texto também permite o trabalho com a **Competência Geral 2**, pois trata da abordagem própria das Ciências.

Após a leitura do texto, solicite aos estudantes que respondam, individualmente, às questões propostas na seção. A primeira trabalha com interpretação geral do texto e tem o intuito de verificar se os estudantes são capazes de identificar as ideias principais. Já a segunda questão trabalha as inferências, ou seja, se os estudantes são capazes de efetuar suposições sobre ideias implícitas no texto. Comente que, para responder a essa questão, eles podem relembrar a discussão sobre gênero e discriminação, realizada no início do debate. Por fim, na terceira questão, os estudantes deverão retornar aos registros feitos e validar suas ideias. Solicite que retomem as palavras articuladas ao conceito de racismo e desenvolvam uma nuvem de palavras para registrar seus conceitos prévios sobre racismo e as características racistas apresentadas no texto. A criação da nuvem de palavras auxiliará os estudantes a observar os pontos que foram recorrentes nos diferentes textos. Para isso, é importante destinar um tempo a fim de que eles produzam o texto *on-line* fazendo uso da ferramenta digital, o que permite o desenvolvimento da **Competência Geral 5**. Por fim, peça aos estudantes que comparem a própria nuvem de palavras com a nuvem do restante da turma. Esse momento é importante para que os estudantes analisem suas visões, cotejando-as com as visões coletivas. Analise as semelhanças e as diferenças das nuvens em uma roda de conversa com toda a turma.

Ao final da atividade, os estudantes devem ser capazes de sintetizar suas ideias e, posteriormente, construir uma nuvem de palavras para expressá-las, mostrando os pontos principais da argumentação construída, trabalhando por fim a **Competência Geral 4** e a habilidade **EM13LGG102**, haja vista que eles vão analisar os discursos de cientistas e os debates possibilitarão a interpretação crítica da temática em questão.

Pensamento crítico e argumentação

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Refletir sobre a linguagem científica e utilizá-la criticamente para elaborar diferentes tipos de argumento (dedutivo, indutivo e por analogia).
- Usar tipos diferentes de argumento com base em informações confiáveis para defender ideias e tomar decisões considerando o cuidado com o ambiente.
- Avaliar potenciais prejuízos ao ambiente com base em conhecimentos científicos para se posicionar criticamente com respeito a si mesmo e ao outro.
- Analisar questões socioambientais relativas às barragens de rejeitos de mineração para justificar a importância da preservação ambiental.
- Compor argumentos relativos a processos ambientais e sociais com base na sistematização de dados e informações.
- Analisar posicionamentos em textos argumentativos visando compreender os tipos, a estrutura, a qualidade e a eficácia de argumentos para se posicionar.

Subsídios para o planejamento

A seção pode ser conduzida por qualquer um dos professores da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

MODERNA

Em diálogo com outros componentes curriculares, a seção permite explorar habilidades linguísticas associadas ao uso e à análise da argumentação, aprimorando a habilidade **EM13LP05**, que pode ser trabalhada em conjunto com o professor do componente curricular **Língua Portuguesa**. Além disso, mobiliza conhecimentos de disciplinas de Ciências Humanas e Sociais, em particular os de **Geografia**, quando, por meio da habilidade **EM13CHS103**, potencializa a construção de argumentos para o posicionamento diante de temas que envolvem questões sociais e ambientais que têm implicações geopolíticas e socioeconômicas.

Como a seção aborda conteúdos e habilidades relacionados à argumentação trabalhados na seção **Pensamento crítico e argumentação** da Unidade anterior (referentes às características de argumentos e aos tipos de evidência), o aprofundamento no uso dos mapas conceituais é uma boa estratégia para explorar os conteúdos conceituais. Assim, para iniciar a atividade, peça aos estudantes que formem trios, façam a leitura do texto introdutório e, por fim, construam um mapa conceitual. Para o trabalho com mapas conceituais colaborativos, indica-se a leitura do trabalho de Amoretti e Tarouco (2000), referenciado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Para a construção dos mapas, sugere-se a seguinte pergunta norteadora: "O que caracteriza os diferentes tipos de argumento?". Quanto aos conceitos obrigatórios, podem ser: indução, dedução, analogia, proposição, premissas, inferências, conclusão, generalização e predições. Para aprofundamento sobre argumentação, recomendamos a leitura de Savian Filho (2015) e Chalmers (1993), referenciados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Todas as atividades propostas nesta seção devem ser realizadas em trios ou em grupos, conforme descrito a seguir, propiciando ambiente para a troca de ideias, a escuta atenta e a empatia e portanto, favorecendo o desenvolvimento da **Competência Geral 9**.

Imprima previamente as frases da primeira questão para propor um trabalho manual com os trios. Estipule um tempo para a resolução dessa questão e, em seguida, proceda à correção coletiva solicitando aos trios que compartilhem oralmente as respostas com a turma. Aproveite o momento para pedir aos estudantes que leiam as frases em voz alta. Além de auxiliar na correção, essa é uma oportunidade para que se familiarizem com as frases, facilitando a resolução da segunda questão.

Para a segunda questão, organize a turma em três grandes grupos, separados pelo tipo de argumento (dedução, indução e analogia), com base na classificação feita na primeira questão. Cada grupo deve montar um quadro, em folha de papel sulfite, por exemplo, com as categorias de análise da questão (ideia geral, ponto de partida, movimento cognitivo, força e conclusão do argumento). Os espaços do quadro devem ser preenchidos com os papéis recortados que contêm as frases de análise. Ao concluir a atividade, o grupo deve eleger cinco integrantes para compartilhar as respostas com o restante da turma; cada um será responsável por apresentar uma categoria. Observe-os e oriente a discussão para as respostas esperadas indicadas no material. O trabalho de Rodrigues, Menezes e Da Ponte (2018), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, pode contribuir para a condução de momentos de discussão como esse.

Na sequência, solicite aos estudantes que voltem à formação inicial dos trios para resolver a terceira questão. Peça que escrevam as respostas (com letras grandes e legíveis) em folhas de papel sulfite a fim de que sejam apresentadas para a turma posteriormente. Durante a discussão, procure incentivar os estudantes a observar as semelhanças e as diferenças entre os três tipos de argumento, bem como entre as categorias de análise propostas na questão. As definições produzidas ao final dessa questão representam uma boa oportunidade para que os estudantes retomem os mapas conceituais produzidos no início da aula, com o intuito de aprimorá-los (com correções, novas relações e definições, por exemplo), após terem usado os conceitos obrigatórios sugeridos nas primeiras questões da seção.

Se considerar oportuno, uma forma de fechar esse primeiro momento da atividade é elaborando um mapa coletivo da turma. Uma ideia-chave dos mapas conceituais é expressar graficamente relações que os indivíduos estabelecem entre conceitos. Apesar disso, pesquisas na área de ensino têm indicado que construir mapas de forma colaborativa pode ajudar os estudantes a rever as próprias conexões, estabelecendo relações conceituais significantemente melhores. Assim, a ideia aqui não é ter um mapa gabarito ou unificado para a turma, mas fazer da construção do mapa um pano de fundo que forneça oportunidades de reflexão e discussão sobre os conceitos e as ideias trabalhadas até esse ponto da atividade. O trabalho de Amoretti e Tarouco (2000), indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* pode ajudar na preparação dessa etapa de síntese por meio de mapa conceitual colaborativo.

Os movimentos destinados a leitura, análise, classificação e reavaliação dos argumentos, bem como de seus componentes, possibilitados pelas três primeiras questões, são uma forma de explorar a habilidade **EM13LP05** e as **Competências Gerais 2 e 7**.

Para a quarta questão, mantenha os estudantes nos mesmos trios de trabalho e peça a eles que leiam em voz alta cada um dos fragmentos de texto. Estipule um tempo para que resolvam os itens da questão e, na sequência, promova o debate de cada um dos itens, pedindo a alguns trios que compartilhem suas respostas. Aproveite o momento de compartilhamento das respostas para proceder à correção. Esta etapa da atividade propõe o uso dos conceitos discutidos anteriormente, permitindo trabalhar a habilidade **EM13LP05** e as **Competências Gerais 2, 7 e 10**. Além disso, a análise proposta implica olhar para conteúdos que versam sobre a temática ambiental em sua totalidade, mobilizando as habilidades **EM13CNT104**, **EM13CNT203** e **EM13CNT306**.

Após o debate dos itens com os estudantes, peça-lhes que pesquisem os riscos ambientais e as consequências para a saúde individual e coletiva decorrentes do rompimento de barragens, como as de Brumadinho e Mariana. O aprofun-

CÓPIA COMERCIAL

damento da temática resultante do trabalho conjunto com docentes dos componentes curriculares de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, em particular o de **Geografia**, pode ocorrer também por meio do texto de Fioravanti (2016) e do documentário *Brumadinho: quando o lucro vale mais* (2019), indicados na seção *Apoio ao trabalho pedagógico,* que, com a pesquisa solicitada aos estudantes, potencializa o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT104**.

Por fim, na quinta e última questão, mantenha os trios de trabalho, estipule um tempo para a preparação das respostas e peça aos estudantes que formalizem suas respostas em uma folha de papel sulfite para serem compartilhadas com a turma. A questão, portanto, favorece a produção escrita e o desenvolvimento da **Competência Geral 4**.

Pode-se solicitar aos estudantes que avaliem os argumentos produzidos pelos colegas com base no uso dos conceitos explorados na seção. A correção oral e compartilhada da questão é um rico momento de revisão dos conceitos trabalhados, de reflexão e construção de significados entre a turma. Nessa questão, o posicionamento requerido dos estudantes, não apenas pela incorporação das ideias relativas à argumentação, mas, sobretudo, pela articulação com o tema da Unidade, dialoga com as **Competências Gerais 2, 7 e 10** e com as habilidades **EM13LP05** e **EM13CHS103**. Adicionalmente, a construção de argumentos com a incorporação dos conceitos científicos discutidos dialoga com a habilidade **EM13CNT206**.

Valores e atitudes

Objetivos de aprendizagem

Espera-se que, ao término desta seção, o estudante seja capaz de:

- Discutir novas formas de organização do trabalho diante das inovações tecnológicas, como a criação de *startups* e o empreendedorismo.
- Relacionar experiências e saberes próprios para refletir sobre o projeto de vida com autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
- Reconhecer fragilidades e desenvolver os pontos fortes de maneira consciente e respeitosa para alcançar realizações presentes e futuras.
- Refletir sobre a realidade para propor soluções criativas que auxiliem a comunidade, com base em conhecimentos científicos.

Subsídios para o planejamento

Nesta seção, o tema central a ser trabalhado é o empreendedorismo. De acordo com Dolabela e Torquato (2015), "o empreendedor é alguém que, em qualquer área, transforma inovando e oferecendo valor positivo para a coletividade". Os autores afirmam ainda que todos temos potencial para empreender, mas é necessário desenvolver algumas características, como tolerar a incerteza, suportar riscos, quebrar padrões, ser protagonista, criativo, ter iniciativa, autoestima e perseverança. Algumas atividades, como a criação de *startups*, nascem de ideias de empreendedores, que, mesmo trabalhando em condições de incerteza, acreditam oferecer um produto ou serviço significativo, por meio de um modelo de negócio passível de ser produzido em larga escala, de modo repetível e de baixo custo.

A atividade proposta nesta seção pode ser conduzida pelos professores dos componentes curriculares **Biologia**, **Física** ou **Química**. Sugerimos uma conversa prévia para decidir qual professor ficará mais confortável em trabalhar a temática. Ao final da atividade, é importante estabelecer uma parceria com os professores da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, pois o fechamento consiste em retomar e aprofundar algumas questões que competem aos componentes curriculares dessa área de conhecimento.

Inicie a atividade fazendo um levantamento das ideias prévias dos estudantes acerca do tema. Esse momento é importante, pois os estudantes podem revelar visões do senso comum e simplistas sobre empreendedorismo. Estabeleça, então, um diálogo inicial por meio das questões a seguir.

- O que vocês entendem por empreendedorismo e *startup*?
- Qualquer pessoa pode se tornar um empreendedor? Vocês acreditam que empreendedorismo é algo que se aprende ou é um dom?
- O que é preciso para se tornar um empreendedor?

Após o debate inicial, solicite aos estudantes que façam, no período extraclasse, uma breve pesquisa sobre histórias de empreendedores de sucesso. O objetivo dessa pesquisa é fornecer a eles subsídios para debater em sala de aula as características dos empreendedores pesquisados, identificando atributos comuns entre esses empreendedores e os serviços ou produtos que surgiram dessas iniciativas.

Após a pesquisa e o debate inicial, leia com os estudantes os textos sobre empreendedorismo que estão no Livro do estudante, abrindo espaço para debater os pontos principais. Durante o debate em sala aula, reserve um tempo para que eles pesquisem os exemplos citados nos textos e solicite que descrevam se esses exemplos apresentam as mesmas características dos empreendedores e das respectivas iniciativas pesquisadas previamente. Nesse intervalo, disponibilize aos estudantes *links* com outros exemplos de *startups* bem-sucedidas, como o projeto Garatea, ligado à *startup* Airvantis e com apoio de institutos e universidades, disposto na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Assim, eles poderão ter uma ideia mais concreta sobre a criação de *kits* aeroespaciais, assunto abordado pelo texto inicial.

Durante a discussão dos textos, destaque as histórias de Nanda e William e questione os estudantes sobre a diferenças entre elas. Em seguida, traga para a discussão as características apresentadas no quadro **Características do comportamento empreendedor (CCE)** e articule essa discussão com as pesquisas realizadas pelos estudantes anteriormente e com as características encontradas nas histórias de Nanda e Willian. Depois, situe os estudantes como sujeitos ativos do próprio conhecimento, possibilitando que respondam à questão 1.

MODERNA

Para isso, siga as seguintes recomendações:

1) Solicite aos estudantes que façam uma reflexão sobre a própria personalidade, incluindo seus pontos fortes e fracos.
2) Peça a eles que identifiquem alguma característica própria ou algo que os diferencie dos demais colegas da turma.
3) Peça que indiquem uma pessoa do convívio deles que considerem ser empreendedora e listem as atitudes que fazem essa pessoa se encaixar nesse perfil.
4) Questione se eles identificam neles mesmos alguma das características da pessoa indicada.

Espera-se que o estudante consiga olhar para si mesmo e identificar as habilidades e as qualidades que o diferem no ambiente escolar. Além disso, que ele perceba que pode apresentar alguma atitude semelhante à de uma pessoa que considera empreendedora. Pensar nas próprias características é uma forma de trabalhar a autonomia e, sobretudo, o autoconhecimento, portanto, essa é uma oportunidade que favorece o desenvolvimento das **Competências Gerais 6 e 8**, possibilitando que os estudantes reconheçam suas emoções, suas individualidades e se tornem autocríticos.

Os estudantes devem realizar uma autoavaliação individualmente. Um questionário de autoavaliação é uma ferramenta que pode ser usada para auxiliá-los a pensar nas próprias características e sistematizá-las. É possível sugerir as questões ou adaptar e utilizar o questionário do texto "Desenvolva suas características empreendedoras ", presente no manual do aluno da disciplina Empreendedorismo do Sebrae, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*.

Depois que os estudantes identificarem seus pontos fortes e fracos, sugira que compartilhem suas respostas em uma roda de conversa. Deixe claro que eles não são obrigados a falar sobre suas fragilidades se não quiserem, uma vez que se trata de questões pessoais.

Após a reflexão sobre as próprias características, os estudantes devem pensar em formas para desenvolvê-las, estabelecendo prazos. Caso identifique que eles estão com dificuldade para responder às perguntas propostas, vale a pena voltar um pouco e resgatar os propósitos de vida de cada um. Utilize o *Guia Essencial para Novos Empreendedores*, volume 1 – Descoberta, do Sebrae, disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Ele apresenta atividades que vão ajudar os estudantes a encontrar propósito e a conectar os talentos deles a novas oportunidades. Esse material sugere, por exemplo, a importância de trabalhar a autodescoberta por meio de três perguntas base: "Quem sou eu?; O que eu sei fazer?; Quem eu conheço?". Com base nessas questões, poderá ajudá-los a encontrar os propósitos e os talentos de cada um.

Ressalte que é fundamental ter perseverança, por isso, eles nunca devem desistir de seus propósitos. Para trabalhar essa questão, o material do Sebrae indica vários filmes, por exemplo: *À procura da felicidade*; *Um sonho de liberdade* e *Quem quer ser um milionário?* Se perceber que pode avançar com essa atividade, recomendamos os volumes 3 e 4 desse material, que focam o modelo de negócio e a implementação.

Na questão 2, os estudantes são instigados a ser empreendedores, a pensar em um produto ou serviço de criação própria e que seja relevante para a comunidade a que pertencem. Para guiá-los nessa tarefa, estabeleça alguns critérios que eles devem adotar: objetivo (o que eu quero?) justificativa (por que eu quero?), caminhos percorridos (o que devo fazer para criar meu produto e para quem estou criando esse produto?). A participação ativa dos estudantes na proposição e na implementação de ações e projetos voltados ao bem comum propiciam ambiente para o desenvolvimento da **Competência Geral 10**.

Por fim, a construção da ideia deve ser cotejada com o quadro e as questões sugeridas no Livro do estudante, desenvolvendo a **Competência Geral 10**. Oriente a turma de modo que facilite o pensamento criativo. Para isso, podem ser utilizados recursos como o *brainstorming,* ou, na tradução literal, "chuva de ideias". Os estudantes podem anotar diversas ideias no papel, sem muita reflexão, apenas o que for surgindo. Depois desse momento, devem ler calmamente essas anotações e ir selecionando e trabalhando com foco nas ideias que julgarem mais promissoras. Outra forma que pode ajudar o fluxo de ideias é levar os estudantes a uma área aberta da escola e deixá-los mais à vontade, sugerindo até mesmo que eles caminhem enquanto pensam. Em grupos, os estudantes também podem fazer listas de temas com problemas e soluções possíveis, entre vários métodos para auxiliar o pensamento criativo.

O volume de ideação do material do Sebrae, indicado na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*, sugere boas propostas que podem ser adaptadas ao perfil da turma. Para trabalhar a criatividade, por exemplo, leia com os estudantes "6 incríveis lendas urbanas sobre criatividade", propostas nesse volume do guia Sebrae, salientando, assim, que são capazes de criar e desenvolver a atividade. Essa é uma oportunidade que pode potencializar nos estudantes a criatividade, a reflexão, a análise crítica e o espírito de inovação e liderança, favorecendo o desenvolvimento da **Competência Geral 2**.

Depois que os estudantes responderem às questões propostas, finalize a atividade retomando as ideias centrais sobre empreendedorismo, novas formas de organização de trabalho e transformações recentes. Aprofunde esse debate com o auxílio de um professor da área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas retomando os dois casos de empreendedorismo mostrados na seção e relacionando-os ao empreendedorismo por necessidade e por oportunidade, utilizando para isso os dados da pesquisa GEM (Global Entrepreneurship Monitor) realizada pelo Instituto Brasileiro da Qualidade e Produtividade, disponível na seção *Apoio ao trabalho pedagógico*. Apresente questões para aprofundar esse debate com os estudantes, como: "Quais são as diferenças entre o perfil do empreendedor por necessidade e o do empreendedor por oportunidade e o que eles precisam ter em comum?"; "Qual é o perfil do empreendedor brasileiro?"; "A história da jovem Nanda Carvalho pode ser caracterizada como empreendedorismo por necessidade ou por oportunidade?".

A finalização dessa atividade contempla os componentes curriculares de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CHS404**,

REPRODUÇÃO

pois engloba vários aspectos do trabalho, incluindo uma perspectiva de público jovem.

De modo a dar fechamento ao trabalho com a Unidade, proponha a reflexão sobre as duas questões do **Revise e amplie!**. Essas questões, que são metacognitivas, têm como objetivo a autoavaliação da aprendizagem e o aprofundamento sobre a temática estudada. Dessa forma, o trabalho com essa seção proporciona a mobilização da subdimensão metacognição da **Competência Geral 1** e da subdimensão autoavaliação da **Competência Geral 6**.

Apoio ao trabalho pedagógico

- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br>. Acesso em: 15 jun. 2020.

Página que apresenta os dados mais recentes sobre o setor mineral do Brasil.

- AMORETTI, M. S. M.; TAROUCO, L. M. R. Mapas conceituais: modelagem colaborativa do conhecimento. *Informática na Educação:* Teoria & Prática, v. 3, n. 1, 2000. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/view/6412>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Além de apresentar as características cognitivas dos mapas conceituais, neste artigo, as autoras discutem implicações sobre a construção colaborativa dos mapas.

- ASSIS, A. K. T. *Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca*. Quebec: Aperon Montreal, 2008.

O livro traz uma abordagem sobre a vida e algumas das obras de Arquimedes e discute alguns conceitos, como centro de gravidade e alavancas, por meio de experiências simples com materiais de baixo custo.

- BASTOS, M. A.; BENITE, A. M. C. Cultura africana e ensino de Química: estudo sobre a formação docente. *Revista da ABPN*, v. 9, n. 21, p. 64-80, nov. 2016-fev. 2017. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/426/o/Cultura_africana_e_ensino_de_qu%C3%ADmica_estudo_sobre_a_forma%C3%A7%C3%A3o_docente.pdf?1490017371>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Os resultados dessa pesquisa, realizada em uma turma de disciplina acessória denominada Química Experimental, mostraram que é possível implementar a Lei 10.639, de 9 de janeiro de 2003, por meio da experimentação do ensino de Química, valorizando o legado africano à Ciência e à Tecnologia. Essa lei inclui no currículo oficial a cultura Africana e Afro-Brasileira e a Educação das Relações Raciais em toda a educação público e privada.

- BBC. O cientista ganhador do Nobel que perdeu seus títulos por causa de ideias racistas, 14 jan. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-46847083>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Reportagem sobre o ganhador do prêmio Nobel James Watson e sua perda de títulos por declarações racistas.

- BENITE, A. M. C.; SILVA, J. P. da; ALVINO, A. C. Ferro, ferreiros e forja: o ensino de Química pela Lei nº 10.639/03. *Educ. Foco*, v. 21, n. 3, p. 735-768, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/edufoco/article/view/19877>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Nesse trabalho discutem-se as relações entre Ciência, tecnologia e sociedade de matriz africana, no contexto de transformação da matéria por meio do ferro, do ferreiro e da forja, e a necessidade de o currículo de Ciências dialogar com a cultura e a história africana e afro-brasileira.

- BENITE, A. M. C. *et al.* Ensino de Química e a ciência de matriz africana: uma discussão sobre as propriedades metálicas. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 2, p. 131-141, 2017. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39_2/05-QS-72-15.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Esse artigo traz uma proposta de intervenção pedagógica para o ensino de Química envolvendo os conceitos das propriedades dos metais com base em discussões sobre racismo e em Ciência e tecnologia de matriz africana.

- BLOWER, A. P. Grupos distorcem estudos, e cientistas frisam: "Não existem raças humanas do ponto de vista genético". *O Globo*. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/grupos-distorcem-estudos-cientistas-frisam-nao-existem-racas-humanas-do-ponto-de-vista-genetico-23168524>. Acesso em 29 jul. 2020.

Matéria sobre a visão de cientistas atuais sobre o conceito de raças e de como esse conceito é utilizado por grupos supremacistas para justificar o preconceito.

- BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. *Química Nova na Escola*, n. 11, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a01.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

O artigo procura definir o que são pilhas e baterias apresentando o funcionamento, os impactos ambientais, bem como os tipos mais comuns no dia a dia dos brasileiros no início do século.

- BOLSANELLO, M. A. Darwinismo social, eugenia e racismo "científico": sua repercussão na sociedade e educação brasileira. *Educar*, n. 12, p. 153-165, 1996. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/er/n12/n12a14.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Artigo que mostra o pensamento intelectual brasileiro que fomentou preconceitos enraizados até os dias de hoje na sociedade, inclusive na escola.

- BREWER, R. *The Science of Ecology*. 2. ed. San Diego: Saunders College, 1994.

Nesse livro, o autor apresenta a Ecologia em um contexto histórico, oferecendo explicações de princípios, e aborda tópicos como crescimento populacional.

- CAMARGO, M. J. R.; BENITE, A. M. C. Educação para as relações étnico-raciais na formação de professores de química: sobre a lei 10.639/2003 no ensino superior. *Química Nova*, v. 42, n. 6, p. 691-701, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v42n6/0100-4042-qn-42-06-0691.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Nesse artigo, são discutidos os aspectos teórico-metodológicos que podem ser estabelecidos para o ensino de Química considerando os aspectos da educação para relações étnico-raciais.

EM MODERNIZAÇÃO

- CARMO, J. S. dos; PRADO, P. S. T. do. Apresentação de trabalho em eventos científicos: comunicação oral e painéis. *Interação em Psicologia*, v. 9, n. 1, p. 131-142, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/psicologia/article/view/3293/2637>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Esse texto apresenta uma proposta de sistematização para apresentações orais e painéis para eventos científicos e acadêmicos.

- CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal*? Tradução: Raul Filker. São Paulo: Brasiliense, 1993.

De maneira clara e bem exemplificada, o autor explica e discute diferentes tipos de raciocínio científico, como a indução e a dedução, além de outras questões relacionadas à filosofia da Ciência, aos discursos científicos e à própria natureza da Ciência.

- DOLABELA, F.; TORQUATO, C. *Empreendedorismo sem fronteiras*: um excelente caminho para pessoas com deficiência. Rio de Janeiro: Alta Books, 2015.

O livro apresenta uma discussão sobre inclusão e empreendedorismo, convidando o leitor a despertar o empreendedor que tem em si e transformar o sonho em realidade produtiva.

- FAIAD DA SILVA, C. R. *et al*. A África como tema para o ensino de metais: uma proposta de atividade lúdica com narrativas do Pantera Negra. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, v. 2, n. 2, p. 39-56, 2018. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/relus/article/view/1505>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Artigo com uma proposta lúdica para trabalhar o conteúdo metais no ensino de química, através de problematizações utilizando como eixo central as discussões sobre a HQ, a minissérie e o filme do Pantera Negra, trabalhando também com as questões étnico-raciais e de gênero no ensino.

- FERNANDES, L. dos S.; CAMPOS, A. F. Pesquisas em periódicos nacionais e internacionais sobre o ensino e aprendizagem de ligação química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 12, n. 2, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4235>. Acesso em: 28 jul. 2020.

O artigo identifica os resultados de pesquisas em periódicos nacionais e internacionais sobre o tema ligação química, principalmente os concernentes às pesquisas que envolvem as concepções alternativas dos estudantes.

- FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. *Química Nova na Escola*, n. 24, 2006. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc24/af1.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Por meio de uma revisão da literatura, esse trabalho discute as dificuldades conceituais apresentadas pelos estudantes sobre o tema ligações químicas e assuntos correlatos.

- FIORAVANTI, C. Águas mortas. *Pesquisa Fapesp*, maio 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/aguas-mortas/>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Essa matéria traz um panorama da região do rio Doce tomando como base dados resultantes dos seis meses que sucederam o vazamento de lama com rejeitos de mineração da barragem da Samarco, em Mariana (MG).

- FOLHA DE S. PAULO. Liderança é questão de testosterona, diz psiquiatra. 11 set. 2010. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/me1109201006.htm#:~:text5Paulo%20%2D%20Lideran%C3%A7a%20%C3%A9%20quest%C3%A3o%20de,psiquiatra%20%2D%2011%2F09%2F2010&text5Ast%C3%BAcia%2C%20falsidade%2C%20crueldade.,na%20pol%C3%ADtica%20ou%20na%20economia>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Nesse artigo são apresentadas as propostas de Adolf Tobeña, autor do livro *Cérebro e poder,* segundo o qual diversos estudos mapearam o vínculo consistente entre a testosterona e a liderança em seres humanos, mas foram sistematicamente maquiados pelos próprios pesquisadores.

- FREITAS, R.; FIUZA, R.; COSTA, D. Com impactos na agricultura, mineração e turismo, tragédia da Vale traz incertezas para futuro da economia de Brumadinho. *G1 Minas* e *CBN BH*, Brumadinho, 24 jul. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/07/24/com-impactos-na-agricultura-mineracao-e-turismo-tragedia-da-vale-traz-incertezas-para-futuro-da-economia-de-brumadinho.ghtml>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Notícia que mostra os impactos na agricultura, na mineração e no turismo, com depoimentos de famílias afetadas pelo desastre do rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho (MG).

- GARATEA. *Site da iniciativa Garatea*. Disponível em: <https://www.garatea.space/>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Site da iniciativa Garatea que explica o projeto, a iniciativa lunar e as iniciativas aeroespaciais para escola.

- GEM – Global Entrepreneurship Monitor. Disponível em: <https://atendimento.sebrae-sc.com.br/wp-content/uploads/2019/05/1551466386GEM_2018.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

O relatório apresenta um retrato, ainda que parcial, do fenômeno multifacetado e complexo do empreendedorismo no Brasil em 2018.

- GOES, L. F.; FERNANDES, C.; AGOSTINHO, S. M. L. Concepções e dificuldades de um grupo de professores de química sobre conceitos fundamentais de eletroquímica. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII eneq). Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0236-1.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

O artigo apresenta uma revisão das principais concepções alternativas e as dificuldades conceituais apresentadas sobre os conceitos fundamentais de eletroquímica na literatura nacional e internacional.

- LANG-STANTON, P.; JACKSON, S. Eugenia: como movimento para criar seres humanos "melhores" nos EUA influenciou

EM MODERNA

Hitler. *BBC*, 23 abr. 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-39625619>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Reportagem que conta o histórico das ideias eugenistas, contextualizando-as com o modo como a teoria da evolução as influenciou. A reportagem também mostra como a eugenia foi aceita e naturalizada durante anos e como isso afetou a vida de pessoas, tratando de debates éticos.

- LEÓN, L. P. Quatro anos após rompimento de barragem, água do Rio Doce ainda gera desconfiança. *EBC, Radioagência Nacional*, Ipatinga (MG), 17 out. 2019. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/acervo/geral/audio/2019-10/quatro-anos-apos-rompimento-de-barragem-agua-do-rio-doce-ainda-gera-desconfianca/>.. Acesso em: 27 jul. 2020.

Matéria da Agência Brasil sobre a desconfiança de moradores da região do rio Doce com a qualidade da água pós-rompimento da barragem de Mariana, e sobre as ações que foram tomadas para mitigar os impactos.

- LEONARD, A. *The Story of Stuff (A História das Coisas*). Free Range Studios. (20 min) Dez. 2007. Versão legendada. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9GorqroigqM>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Documentário que debate consumo, cadeia produtiva e o impacto do consumo no ambiente.

- LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 33, n. 4, 2011. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_4/199-CCD-7510.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Esse artigo conceitua metais pesados considerando seus aspectos químicos, ambientais e toxicológicos e abre um caminho para trabalhar de forma contextualizada esse tema no ensino de Química.

- MAB. Movimento dos Atingidos por Barragens. Brumadinho: quando o lucro vale mais. (2019) (34 min 51 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ack1QctLvf8>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Esse documentário traz relatos de pessoas que tiveram a vida impactada pelo rompimento da barragem de rejeitos na região de Brumadinho (MG), em janeiro de 2019.

- MEZAN, R. *Tempo de muda:* ensaios de psicanálise. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

Nesse livro, o autor discute os vínculos entre emoção, experiência e criação artística. E como, na adversidade, na infelicidade ou em tempos difíceis, seres humanos podem ficar paralisados ou sair renovados.

- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/acoes-e-programas/programas/tecnologia-e-transformacao-mineral>. Acesso em: 12 abr. 2021.

Nesse *site*, é possível o acesso a vários documentos sobre o setor de mineração no Brasil, como o "Boletim do setor mineral".

- MORAIS, C. A. de; ALBUQUERQUE, R. O. de; LADEIRA, A. C. Q. Processos físicos e químicos utilizados na indústria mineral. *Química Nova na Escola*, n. 8, 2014. p. 9-17. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/08/04-CTN2.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Esse trabalho descreve a química e a físico-química da obtenção de metais a partir de seus minérios. São descritas as técnicas mais comuns utilizadas pelas indústrias de mineração e metalurgia.

- MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro *Física*. *Ciência & Educação*, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v20n3/1516-7313-ciedu-20-03-0617.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

O trabalho analisa como a dinâmica conhecida como os três momentos pedagógicos foi concebida no livro *Física* da Coleção Magistério – 2º grau do final dos anos 1980, procurando entender a interação entre a perspectiva freiriana de educação alinhada à perspectiva crítico-social dos conteúdos.

- ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

O livro apresenta uma abordagem holística clássica da ciência ecológica, destacando a aplicação dos princípios ecológicos dos dilemas humanos, como crescimento da população, gerenciamento de recursos e contaminação ambiental.

- OKUNO, E.; FRATIN, L. *Desvendando a física do corpo humano – biomecânica*. 2. ed. São Paulo: Manole, 2016.

A obra apresenta uma abordagem qualitativa e quantitativa dos conceitos físicos envolvidos na biomecânica, destacando como a partir das leis da mecânica é possível entender as condições de equilíbrio estático e de equilíbrio dinâmico do corpo humano.

- OLIVA, C. R. D. *et al*. Explorando os conceitos de oxidação e redução a partir de algumas características da história da ciência. *Química Nova na Escola,* v. 42, n. 1, p. 30-36, 2020. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc42_1/06-CCD-24-19.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

O artigo trata dos conceitos de oxirredução por meio de uma abordagem fundamentada em História e Filosofia da Ciência para a educação. Nele, os autores buscam trazer o desenvolvimento histórico dos significados dos termos oxidação e redução visando diminuir a dificuldade de compreensão de seus atuais significados.

- PACCA, J. L. A. *A lei da inércia:* planejamento pedagógico e aprendizagem. 1. ed. Curitiba: Appris, 2018.

O livro traz uma coletânea de problemas bem descritos pela literatura sobre as concepções dos estudantes a respeito da lei da inércia. Também discute os pressupostos teóricos desses problemas e como eles podem ser considerados no planejamento pedagógico do professor.

- PALÁCIO, S. M. *et al*. Toxicidade de metais em soluções aquosas: um bioensaio para sala de aula. *Química Nova na Escola,* v. 35, n. 2. p. 79-83, 2013. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/03-QS-61-11.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

MODELO

O texto propõe a utilização de um bioensaio simples e de baixo custo para abordar os efeitos de metais em soluções aquosas em diferentes concentrações.

- PANTERA NEGRA. Estados Unidos. Walt Disney Studios, 2018, cor (134 min). Direção: Ryan Coogler.

No início do filme, cinco tribos africanas guerreiam quando um meteorito com *vibranium* (um metal fictício) cai na Terra. Um guerreiro ingere uma "erva coração" afetada pelo metal e ganha habilidades sobre-humanas, tornando-se o primeiro Pantera Negra.

- PEREIRA, R. Webquest: ferramenta pedagógica para o professor. *Caderno temático.* Programa de desenvolvimento educacional. Diretoria de políticas e programas educacionais. Paraná: Secretaria do Estado de Educação, 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1670-6.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Material pedagógico organizado em seis unidades que apresenta aspectos práticos sobre a ferramenta *Webquest*, mostrando suas definições e abordagens de como utilizá-la e onde encontrar essa ferramenta.

- PORTO, P. A.; QUEIROZ S. L. Editorial – Negligências e tragédias. *Química Nova na Escola*, v. 41, n. 1, p. 3, 2019. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc41_1/QNESC_41-1_revista_baixa.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Nesse editorial, a revista traz uma importante questão para reflexão: em episódios impactantes como o do rompimento da barragem de Brumadinho, deve-se discutir com os estudantes não apenas os conteúdos de Química, mas também questões éticas, morais, de direitos dos cidadãos e de deveres do Estado.

- RODRIGUES, C.; MENEZES, L.; DA PONTE, J. P. Práticas de discussão em sala de aula de Matemática: os casos de dois professores. *Bolema*, Rio Claro, v. 32, n. 61, p. 398-418, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/bolema/v32n61/0103-636X-bolema-32-61-0398.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Ao analisar duas situações, os autores apresentam reflexões acerca de princípios que podem ajudar a guiar discussões no contexto da sala de aula.

- RUBINGER, M. M. M.; BRAATHEN, P. C. *Ação e reação*: ideias para aulas especiais de química. Belo Horizonte: RHJ, 2012.

O artigo traz atividades práticas, projetos e planejamentos para aulas de Química.

- SANTIAGO, R. B.; ARENAS, T. Proposta para o ensino-aprendizagem do centro de gravidade a partir do equilíbrio do corpo humano. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. 956-979, 2018. Disponível em: <http://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n3p956>. Acesso em: 29 jul. 2020.

O trabalho apresenta uma proposta que envolve o uso do corpo humano como instrumento inicial de investigação para promover o estudo sobre o centro de gravidade.

- SANTOS, C. E. *et al*. Determinação do coeficiente de atrito para interface plástico-madeira em plano inclinado. VIII Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

Esse artigo, apresentado em congresso, traz atividade prática para o entendimento da força de atrito.

- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Revista Ensaio*, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

O texto apresenta e discute alguns conceitos como alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação.

- SAVIAN FILHO, J. *Argumentação:* a ferramenta do filosofar. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2015.

Nesse livro, o autor aborda vários conceitos associados à temática da argumentação, com exemplos didáticos que podem enriquecer as aulas e ajudar a esclarecer dúvidas dos estudantes.

- SEBRAE. *Manual do aluno* – disciplina de empreendedorismo. Disponível em: <http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/bc0a1b29c05ef9eb60a43c1303b881e8/$File/5696.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Módulo que busca contextualizar o tema empreendedorismo e as características do comportamento empreendedor.

- SEBRAE. *Guia essencial para empreendedores* – Descoberta, v. 1. Disponível em: <https://m.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/df/artigos/guia-essencial-para-empreendedores,4866b12a92b29610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Página de *download* dos volumes do *Guia essencial para empreendedores* do Sebrae. Ao todo, os quatro volumes: Descoberta, Ideação, Modelagem e experimentação e Implantação trazem um panorama completo para a construção de novos negócios, desde encontrar propósito até a implantação final do negócio.

- SILVA, J. R. *Homens de ferro.* Os ferreiros na África central no século XIX. 2008. Dissertação (Mestrado em História Social) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8138/tde-03092009-145620/publico/JULIANA_RIBEIRO_DA_SILVA.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Nessa dissertação, a autora trata da compreensão da atuação dos ferreiros nas transformações ocorridas na África central no século XIX. O trabalho do ferreiro, além de masculino, era cercado por segredos inacessíveis à maioria, como o conhecimento sobre a transformação do minério de ferro que, para muitas sociedades africanas, estava ligada histórica e simbolicamente à fertilidade e à legitimação de poder.

MODERNA

- SOUSA FILHO, P. C. de; GALAÇO, A. R. B. S.; SERRA, O. A. Terras raras: tabela periódica, descobrimento, exploração no Brasil e aplicações. *Química Nova*, v. 42, n. 10, p. 1.208-1.224, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v42n10/0100-4042-qn-42-10-1208.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

O trabalho trata dos elementos terras raras, focando a história de seu descobrimento, sua organização periódica, o histórico de sua exploração no Brasil, aplicações e perspectivas futuras.

- UNIVESP. Ecologia – Aula 4 – Comunidades: definição e propriedades. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Hs60EPIuees>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Videoaula, gravada para a Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), na qual são abordados os conceitos e as propriedades das comunidades, com detalhamento dos métodos matemáticos envolvidos para quantificar as métricas das comunidades.

- UNIVESP. Ecologia – Aula 5 – Interações biológicas e evolução. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gNC5kZxiBuo>. Acesso em: 27 jul 2020.

Nessa videoaula, são abordadas as interações interespecíficas e as intraespecíficas e como estas afetam as populações e as comunidades.

- UNIVESP. Ecologia – Aula 6 – Comunidades: zonação e sucessão ecológica. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nDb1EHWpjDA>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nessa videoaula são abordados os diferentes aspectos da zonação e da sucessão ecológica.

- VILLANI, A.; PACCA, J. L. A.; HOSOUME, Y. Concepção espontânea sobre movimento. *Revista Brasileira de Ensino de Física,* v. 7, n. 1, p. 37-45, 1985. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol07a04.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

O artigo aborda as principais concepções espontâneas sobre movimento com base em um levantamento da literatura da área.

- VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. Células a combustível: energia limpa a partir de fontes renováveis. *Química Nova na Escola*, n. 15, 2002. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a06.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

O trabalho busca definir o que são células a combustível e discute de forma resumida seus princípios e seu funcionamento.

- WORLD Population History. Disponível em: <worldpopulationhistory.org>. Acesso em: 27 jul. 2020.

Nessa página, encontram-se informações sobre o impacto do crescimento populacional e marcos importantes na história da humanidade, entre outros dados importantes, como uso da terra, taxas de fertilidade, emissões de CO_2, expectativa de vida e urbanização.

- ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 5, p. 3-16, 1983. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol05a09.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Esse trabalho aborda as principais concepções espontâneas sobre dinâmica com base em um levantamento da literatura da área.

- ZYLBERSZTAJN, A. A evolução das concepções sobre força e movimento. *Departamento de Física*: UFSC, 2011. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4180370/course/section/1040986/Evolu%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2020.

Esse artigo apresenta uma abordagem histórica sobre a compreensão das causas do movimento, desde a Grécia Antiga, com a visão aristotélica, até os pressupostos da mecânica newtoniana do século XVII.

MODERNA

UNIDADE 1
Explorando o Universo e a vida

Abertura

Espera-se que os estudantes percebam que, em termos qualitativos, Europa e a Terra a princípio compartilham características necessárias para o desenvolvimento da vida como nós a conhecemos. Como justificativa para essa conclusão, os estudantes podem citar que ambas apresentam fonte de energia, água em fase líquida, nutrientes e atmosfera com gás oxigênio. No entanto, não é muito provável encontrar na Europa toda a diversidade de seres vivos existente na Terra, potencialmente apenas os extremófilos. Assim, espera-se que eles concluam que, mais do que verificar a presença de fatores essenciais para os seres vivos, essas missões precisam obter dados mais precisos, pois as condições em que esses fatores se encontram são relevantes. Por exemplo, a pressão atmosférica de Europa é cerca de 100 bilhões de vezes menor que a da Terra. Isso tem impacto na proteção contra a radiação, na temperatura da superfície do planeta e na concentração de gás oxigênio. Uma solução para o estabelecimento de colônias humanas pelo Universo seria o desenvolvimento de tecnologia para a construção de ambientes artificiais, como mostra a segunda imagem em que se veem placas solares como fonte de energia e domos parecidos com estufas para o desenvolvimento de cultivos ou tecnologia para o processo de terraformação.

Alguns estudantes podem questionar a necessidade de procurar vida com as mesmas características da observada na Terra. Uma discussão pertinente a partir desse questionamento seria sobre os avanços tecnológicos oriundos da exploração espacial de forma mais ampla. Um artigo que apresenta exemplos desses avanços e que pode auxiliar nessa discussão é intitulado "Grandes avanços científicos da Apollo 11 que transcenderam a missão à Lua", disponível em: <https://exame.com/ciencia/grandes-avancos-cientificos-da-apollo-que-transcenderam-a-missao-a-lua/>, acesso em: 28 jul. 2020. Ele evidencia que a busca pela vida em outras partes do Universo é apenas um dos objetivos possíveis da exploração espacial, por meio de tecnologias presentes no dia a dia.

Tema 1. Espera-se que os estudantes mencionem que, para ser considerado um planeta, um corpo celeste deve orbitar em torno de uma estrela, ter massa suficiente para assumir um formato aproximadamente esférico e ter dimensão predominante entre os objetos que se encontram em órbitas vizinhas. Assim, Europa deveria orbitar em torno do Sol e ser predominante entre os corpos em órbitas vizinhas, pois já possuía formato esférico.

Tema 2. Espera-se que os estudantes relacionem a evolução dos modelos atômicos com a descrição de fenômenos e propriedades da matéria que não eram explicados por modelos anteriores. Caso não consigam diferenciar as características fundamentais que distinguem os modelos atômicos, propostos desde John Dalton (1766-1844) até os dias atuais, retome o conteúdo. Uma forma de fazê-lo é apresentar cada modelo em ordem cronológica de proposição, relacionando-o às evidências científicas que levaram à proposição de um novo modelo.

Tema 3. Espera-se que os estudantes relatem que o Sol transforma hidrogênio em hélio em seu interior por meio da fusão nuclear. Com o esgotamento do hidrogênio, o Sol se tornará uma gigante vermelha, com temperatura mais elevada que a atual. Em sequência, perderá massa, restando somente seu núcleo, que será resfriado, dando origem a uma anã branca e, na sequência, uma anã negra. O aumento da temperatura do Sol durante a fase de gigante vermelha acarretará a evaporação da água e a elevação da temperatura ambiente, impossibilitando a manutenção da vida na Terra.

Tema 4. Espera-se que os estudantes mencionem que a água atua como um solvente para diversos nutrientes essenciais aos organismos vivos. O solvente é um importante meio para o transporte desses nutrientes e para a ocorrência de reações químicas fundamentais à manutenção das células.

Tema 5. Espera-se que os estudantes respondam que, apesar de a diversidade de seres vivos ser grande hoje, nem sempre foi assim, pois as condições na Terra não eram favoráveis. Ao longo do tempo, conforme as mudanças ambientais vêm ocorrendo, os seres vivos estão mudando também.

Tema 1

1. As evidências da matéria e da energia escura são baseadas em medidas indiretas. Ao analisarmos, por exemplo, o movimento de uma galáxia, os cálculos mostram uma massa muito maior do que a visível; essa massa extra (não observada) é denominada matéria escura. A energia escura parte de um pressuposto similar. Para explicar a aceleração do Universo, é necessário considerar a existência de uma energia extra, denominada energia escura.

2. Alternativa **c**. Como 1 ano-luz equivale a, aproximadamente, $9{,}5 \cdot 10^{12}$ km, temos:

$$D = 2{,}3 \cdot 10^{6} \text{ anos-luz} \cdot \frac{9{,}4 \cdot 10^{12} \text{ km}}{1 \text{ ano-luz}}$$

$$\therefore D \simeq 2 \cdot 10^{19} \text{ km}$$

3. Usando a lei de Hubble, temos:

$v = H_0 D \Rightarrow 384 = 74 \cdot D \therefore D \simeq 5{,}2$ Mpc

4. Alternativa **c**.

I. Verdadeira.

II. Verdadeira.

III. Falsa, pois, de acordo com o princípio da relatividade, as leis da natureza são iguais se os referenciais forem inerciais.

5. Alternativa **b**. A nave pode voar a uma velocidade de 80% da velocidade da luz; logo:

$v = 0{,}8\ c$

Usando a equação que representa a dilatação do tempo, temos:

EM ABERTURA

$$\Delta t_{astronauta} = \frac{\Delta t_{observadores}}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow 9 = \frac{\Delta t_{repouso}}{\sqrt{1 - (0{,}8)^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 9 = \frac{\Delta t_{repouso}}{0{,}6} \therefore \Delta t_{repouso} = 5{,}4 \text{ anos}$$

6. Alternativa **e**.

I. Correta. Aplicando a equação do fator de Lorentz:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0{,}998 \cdot c)^2}{c^2}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0{,}998^2}} \therefore \gamma \simeq 15$$

II. Correta. Calculando a distância:

$\Delta s = v \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta s = (0{,}998 \cdot 3 \cdot 10^8) \cdot 30 \cdot 10^{-6}$

$\therefore \Delta s = 8.982 \text{ m} \simeq 9.000 \text{ m}$

III. Incorreta. Conforme o item anterior, a distância é 9.000 m.

IV. Correta. Pudemos ver os efeitos relativísticos para velocidades próximas à da luz; o tempo e o espaço foram diferentes para observadores na Terra e para os referenciais em velocidades próximas à da luz (múon).

7. **a)** O gêmeo da Terra medirá maior tempo, uma vez que, para o gêmeo que viaja, haverá dilatação temporal em relação ao seu irmão da Terra, com base no fator de Lorentz.

b) Sendo $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t'$ (em que Δt é o intervalo de tempo medido no referencial da Terra, e $\Delta t'$, o intervalo de tempo medido no referencial da espaçonave), o tempo medido pelo gêmeo que viaja é:

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t' \Rightarrow \Delta t' = \frac{\Delta t}{\gamma} \Rightarrow \Delta t' = \frac{50}{\frac{10}{6}}$$

$\therefore \Delta t' = 30$ anos

Logo, o gêmeo que ficou na Terra terá:

$30 + 50 = 80$ anos de idade

O gêmeo que viajou terá:

$30 + 30 = 60$ anos de idade

8. Alternativa **c**. A partir da equação de Hubble, temos:

$v = H \cdot d \Rightarrow 2{,}0 \cdot 10^8 = 15{,}3 \cdot 10^{-19} \cdot d$

$\therefore d \simeq 1{,}3 \cdot 10^{26}$ m

Supondo uma velocidade de afastamento constante, pela definição de velocidade média, temos:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 2{,}0 \cdot 10^8 = \frac{1{,}3 \cdot 10^{26}}{\Delta t} \therefore \Delta t = 6{,}5 \cdot 10^{17} \text{ s}$$

Como 1 ano $= 3{,}1 \cdot 10^7$ s, temos:

$$\Delta t = 6{,}5 \cdot 10^{17} \text{ s} = 6{,}5 \cdot 10^{17} \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ ano}}{3{,}1 \cdot 10^7 \text{ s}}$$

$\therefore \Delta \simeq 2 \cdot 10^{10}$ anos

Portanto, a idade do Universo é da ordem de 10^{10}.

9. **a)** De acordo com o enunciado, objetos que se movem com velocidade v em relação a um referencial inercial têm o tempo dilatado por um fator γ. Uma dilatação do tempo de 0,5% corresponde a $\gamma = 1{,}005$. Observando a tabela, para $\gamma = 1{,}005$ temos $v = 0{,}100c$; logo:

$v = 0{,}100c \Rightarrow v = 0{,}100 \cdot 3 \cdot 10^8$

$\therefore v = 3 \cdot 10^7 \text{ m s}^{-1}$

O valor de velocidade obtido para que o tempo dilate apenas 0,5% é muito maior do que as velocidades dos objetos em nosso dia a dia. Logo, efeitos da dilatação no dia a dia não são percebidos.

b) A dilatação do tempo é dada por:

$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t'$

Da tabela, para $v = 0{,}600c$ temos $\gamma = 1{,}250$. Substituindo na equação, temos:

$\Delta t = 1{,}250 \cdot 10 \therefore \Delta t = 12{,}5$ min

10. Alternativa **b**. Do enunciado, $\Delta t_{André} = 2\Delta t_{Regina}$, comparando com a expressão $\Delta t_{André} = \gamma \cdot \Delta t_{Regina}$, temos que $\gamma = 2$.

Pelo gráfico, temos para $\gamma = 2$:

$$\frac{v}{c} \simeq 0{,}87 \Rightarrow v \simeq 0{,}87 \cdot c \therefore v \simeq \frac{87}{100}c$$

Portanto, a velocidade v é aproximadamente 87% de c.

Tema 2

1. Durante a explosão dos fogos de artifício, a energia fornecida é absorvida pelos íons de cobre. Essa energia faz com que os elétrons de valência passem para um estado excitado. Quando retornam ao estado fundamental, os elétrons liberam a energia excedente em forma de luz visível (cor). Como a energia de transição é quantizada e característica de cada elemento químico, enxergamos sempre uma cor específica, que, no caso do cobre, é a cor azul.

2. Se o número atômico do flúor é 9, o átomo desse elemento químico apresenta 9 elétrons. A forma iônica F^- apresenta 1 elétron a mais que o átomo, ou seja, 10 elétrons, e a seguinte distribuição eletrônica:

	K	L
$_9F^-$	2	8

Consultando a tabela periódica, verificamos que o elemento químico com Z = 10 e, portanto, a mesma configuração que o ânion fluoreto é o neônio (Ne).

3. Os núcleos atômicos são formados pela fusão de prótons e nêutrons e, por meio da captura de elétrons para estabilizar a carga nuclear positiva, são formados os átomos. Átomos que apresentam número de prótons iguais são do mesmo elemento químico, mas podem apresentar número de nêutrons diferentes dependendo da reação nuclear que deu origem a tais isótopos. Como a abundância de cada um dos isótopos não é a mesma na natureza, uma amostra sempre contém uma mistura dos isótopos mais estáveis. Assim, a massa atômica associada a um elemento químico considera todos os isótopos e sua respectiva abundância na natureza, que é variável de acordo com a localidade.

4. **a)** Somando os elétrons das seis camadas, obtém-se o total de 75 elétrons.

b) Como o átomo é eletricamente neutro, o número de elétrons é igual ao número de prótons, ou seja, 75.

MODERNA

c) O número atômico é igual a 75, pois ele corresponde ao número de prótons de um átomo.

d) O elemento químico é o rênio (Re). A busca pode ser feita pelo número atômico, pois a tabela periódica está organizada em ordem crescente de número atômico. Se o elemento químico é representativo, pode-se cruzar as informações de qual é a última camada preenchida na eletrosfera, para localizar o período, e de quantos elétrons há nela, para localizar o grupo.

5. O objetivo desta atividade é fazer com que os estudantes sejam capazes de formular uma hipótese com base nos conceitos estudados neste capítulo. Uma hipótese possível é a seguinte: as linhas observadas no espectro indicado correspondem à radiação eletromagnética emitida por átomos de hidrogênio quando liberam a energia absorvida. Essas radiações são emitidas quando o elétron do hidrogênio é transferido de um subnível de maior energia para um de menor energia. Embora exista somente um elétron, há mais de uma transição possível e, portanto, mais de uma linha é observada no espectro de emissão do hidrogênio.

6. A existência de diversas teorias para a estrutura atômica ao longo do tempo revela que a comunidade científica depende do conhecimento e da tecnologia disponíveis em dado momento histórico e que está em permanente construção. Mediante novas evidências experimentais, a comunidade científica busca alterar os modelos explicativos a fim de aumentar a capacidade preditiva, com base no conhecimento desenvolvido e trazendo benefícios para a sociedade.

7. Alternativa **b**. Somente a afirmação IV está incorreta, pois, na configuração eletrônica apresentada em B, o número de elétrons do magnésio é igual ao número atômico, ou seja, trata-se de um átomo, pois ele está eletricamente neutro.

8. A propriedade que pode ajudar a explicar esse acúmulo é a densidade. Os corpos mais densos são mais fortemente atraídos pelo centro de gravidade e se deslocam em direção a ele em um fluido (característica similar àquela encontrada no período de formação da Terra). A disposição dos elementos químicos na tabela periódica nos permite prever quais deles são mais densos, pois a densidade aumenta no grupo com o aumento do número atômico, e no período em direção ao centro da tabela.

9. Alternativa **d**. Os elementos I e II apresentam 1ª e 2ª energias de ionização próximas entre si, indicando que os elétrons removidos devem estar na mesma camada, diferentemente do elemento III, em que a diferença entre a 1ª e a 2ª energia de ionização é de aproximadamente dez vezes, indicando que os elétrons estão em camadas mais afastadas entre si. Assim, o sódio deve ser o elemento III, pois ele apresenta apenas um elétron na camada de valência, ao passo que o magnésio e o cálcio apresentam dois elétrons na camada de valência. O elemento II apresenta energias de ionização maiores que o I, indicando que os elétrons da camada de valência de II devem ocupar camadas mais próximas do núcleo. Assim, II deve ser o elemento magnésio, cuja última camada ocupada é a terceira, enquanto a última camada ocupada no caso do cálcio é a quarta.

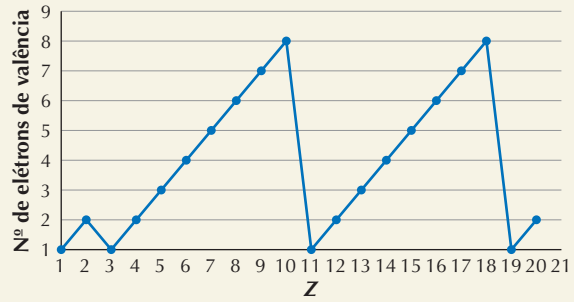
10. A configuração eletrônica dos elementos químicos de número atômico 1 a 20 é:

Elemento químico	Nível de energia			
	K	L	M	N
$_{1}H$	1			
$_{2}He$	2			
$_{3}Li$	2	1		
$_{4}Be$	2	2		
$_{5}B$	2	3		
$_{6}C$	2	4		
$_{7}N$	2	5		
$_{8}O$	2	6		
$_{9}F$	2	7		
$_{10}Ne$	2	8		
$_{11}Na$	2	8	1	
$_{12}Mg$	2	8	2	
$_{13}Al$	2	8	3	
$_{14}Si$	2	8	4	
$_{15}P$	2	8	5	
$_{16}S$	2	8	6	
$_{17}Cl$	2	8	7	
$_{18}Ar$	2	8	8	
$_{19}K$	2	8	8	1
$_{20}Ca$	2	8	8	2

O gráfico obtido com esses dados deverá ser semelhante ao mostrado a seguir.

ADILSON SECCO

Variação do número de elétrons de valência em função do número atômico



Espera-se que os estudantes observem a repetição periódica do número de elétrons de valência em função do número atômico e possam identificar pontos do gráfico com os grupos da tabela periódica (os pontos de máxima no gráfico, por exemplo, correspondem ao grupo dos gases nobres, com 8 elétrons de valência, exceto o hélio, com apenas 2 elétrons).

REPRODUÇÃO

Tema 3

1. Sabe-se atualmente que os planetas do Sistema Solar são: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Saturno, Júpiter, Urano e Netuno.

2. Porque a cor das estrelas depende somente da temperatura de sua superfície. Estrelas mais frias apresentam uma cor mais próxima dos tons de vermelho, enquanto estrelas mais quentes apresentam uma cor mais próxima dos tons de azul.

3. O processo evolutivo de uma estrela depende da sua massa. À medida que o núcleo da estrela queima seu combustível através de reações nucleares, a força gravitacional faz a estrela contrair, levando a temperatura do núcleo a aumentar e queimar outros elementos químicos. Nesse processo, a estrela passa por fases diferentes de reações nucleares, em que gera elementos químicos cada vez mais pesados. Por fim, dependendo da massa, a estrela chega num ponto em que não consegue mais gerar energia suficiente para manter sua estrutura e colapsa devido à força gravitacional. Estrelas de menor massa se tornam anãs brancas, enquanto que estrelas de maior massa explodem e viram uma supernova ou até mesmo um buraco negro.

4. A principal fonte de energia das estrelas é a energia nuclear gerada durante as transformações de elementos químicos leves em elementos químicos mais pesados.

5. O diagrama HR é um gráfico que mostra a relação existente entre a luminosidade de uma estrela e sua temperatura efetiva. Através desse diagrama, é possível extrair informações sobre a evolução estelar e estimar idade e outras informações das estrelas.

6. Temos que 1 ano-luz equivale a $9{,}5 \cdot 10^{12}$ km; logo:

$D_{\text{ano-luz}} = 1{,}5 \cdot 10^{8}$ km $\Rightarrow$

$\Rightarrow D_{\text{ano-luz}} = 1{,}5 \cdot 10^{8}\ \text{km} \cdot \dfrac{1\ \text{ano-luz}}{9{,}5 \cdot 10^{12}\ \text{km}}$

$\therefore D_{\text{ano-luz}} \simeq 1{,}6 \cdot 10^{-5}$ ano-luz

Já 1 parsec equivale a $3{,}097 \cdot 10^{13}$ km; logo:

$D_{\text{parsec}} = 1{,}5 \cdot 10^{8}$ km $\Rightarrow$

$\Rightarrow D_{\text{parsec}} = 1{,}5 \cdot 10^{8}\ \text{km} \cdot \dfrac{1\ \text{pc}}{3{,}097 \cdot 10^{13}\ \text{km}}$

$\therefore D_{\text{parsec}} \simeq 4{,}84 \cdot 10^{-6}$ pc

7. A massa total de hidrogênio que se funde para produzir hélio é de:

$m_{\text{fusão}} = 0{,}05 \cdot m_{\text{Estrela}} = 0{,}05 \cdot 4 \cdot 10^{30}$ kg $\Rightarrow$

$\Rightarrow m_{\text{fusão}} = 2 \cdot 10^{29}$ kg

Dessa forma, a parcela de massa que se converte em energia é dada por:

$m_{\text{convertida}} = 0{,}001 \cdot m_{\text{fusão}} = 0{,}001 \cdot 2 \cdot 10^{29}$ kg $\Rightarrow$

$\Rightarrow m_{\text{convertida}} = 2 \cdot 10^{26}$ kg

Finalmente, podemos utilizar a fórmula de Einstein para calcular a energia equivalente a essa quantidade de matéria, assim:

$E = m_{\text{convertida}} \cdot c^2 = 2 \cdot 10^{26} \cdot (3 \cdot 10^{8})^2 \Rightarrow E = 1{,}8 \cdot 10^{43}$ J

Então, da definição de potência, temos:

$P = \dfrac{E}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \dfrac{1{,}8 \cdot 10^{43}}{2 \cdot 10^{26}} \therefore \Delta t = 9 \cdot 10^{16}$ s

Considerando 1 ano $= 3{,}15 \cdot 10^{7}$ s, esse período equivale a:

$\Delta t = \dfrac{9 \cdot 10^{16}}{3{,}15 \cdot 10^{7}} \therefore \Delta t \simeq 3 \cdot 10^{9}$ anos

8. Sendo d a distância, em parsecs, da estrela Rigel ao planeta Terra, a partir do enunciado, temos:

$M = m + 5 \log_3\left(3 \cdot d^{-0{,}48}\right) \Rightarrow$

$\Rightarrow -6{,}8 = 0{,}2 + 5 \log_3\left(3 \cdot d^{-0{,}48}\right) \Rightarrow$

$\Rightarrow \log_3\left(3 \cdot d^{-0{,}48}\right) = -1{,}4 \Rightarrow 3 \cdot d^{-0{,}48} = 3^{-1{,}4} \Rightarrow$

$\Rightarrow d^{-0{,}48} = 3^{-2{,}4} \Rightarrow d = 3^{\frac{2{,}4}{0{,}48}} \Rightarrow d = 3^{5}$

$\therefore d = 243$ pc

Como 1 pc $\simeq 3 \cdot 10^{13}$ km, temos:

$d = 243\ \text{pc} \cdot \dfrac{3 \cdot 10^{13}\ \text{km}}{1\ \text{pc}} \therefore d = 7{,}29 \cdot 10^{15}$ km

9. Alternativa **e**. À temperatura de −55°C, a água em Marte estaria no estado sólido.

10. Alternativa **a**. Se a temperatura da estrela é cinco vezes a temperatura do Sol, sua temperatura é cerca de 30.000 K (5 · 6.000 K). Então, de acordo com a tabela, em relação à temperatura de 28.000 K, a luminosidade é $2 \cdot 10^{4} = 20.000$, que é a luminosidade de uma estrela de tipo B0 e que por sua vez possui luminosidade 20.000 vezes maior que a do Sol.

11. Alternativa c.

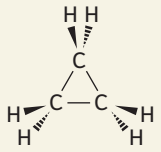
Analisando as afirmações, temos:

1. Incorreta. De acordo com o gráfico da densidade, a maior parte da massa se concentra no núcleo solar.
2. Incorreta. A densidade varia ao longo do raio gerando uma distribuição de massa não uniforme.
3. Correta. Valores dados nos gráficos.
4. Correta. Valores dados nos gráficos.

Tema 4

1. Fórmula molecular do ciclopropano: C_3H_6

Fórmula estrutural com indicação da orientação dos átomos de hidrogênio:



2. Apenas dois dos compostos orgânicos apresentados têm momento de dipolo (μ) igual a zero. Isso ocorre porque, apesar de as ligações C–H serem polares, a disposição espacial dos átomos apresenta soma vetorial igual a zero. Nos demais compostos, além de as ligações serem polares, a soma vetorial dos dipolos não se anula.

3. A estrutura do sabão, por apresentar caráter anfipático, apresenta uma região que é polar (assim como a água) e outra região que é apolar (assim como a gordura). Desse modo, a região hidrofóbica (apolar) do sabão interage com as moléculas apolares de gordura, confinando as partículas gordurosas no interior das micelas formadas. A região hidrofílica (polar) da micela interage com a água quando enxaguamos a louça, arrastando e removendo a sujeira gordurosa.

MODELO

4. A geometria da molécula é tetraédrica, pois o átomo central apresenta quatro pares de elétrons na camada de valência, configurando um arranjo eletrônico tetraédrico, e a fórmula molecular é do tipo AX_4, em que A é o átomo central. Como os quatro átomos ligados ao átomo central são idênticos, a molécula apresenta vetor momento de dipolo elétrico resultante igual a zero e, assim, ela é apolar. Espera-se que os estudantes sejam capazes de fazer generalizações com base em casos específicos apresentados, como os da **Tabela 4.3**.

5. **a)** $C_7H_{13}ON_2Cl$

b) Trata-se de um composto polar em razão da diferença de eletronegatividade entre alguns de seus átomos e a assimetria das ligações químicas presentes nessa molécula, assim, o momento dipolo difere de zero.

c) Os estudantes podem propor que a ação biocida se dê apenas quando esse composto entra em contato com o organismo patogênico e que provavelmente ocorrem interações intermoleculares entre moléculas desse composto e moléculas existentes no patógeno, desencadeando eventos que resultam na morte deste.

6. Nosso corpo é constituído em sua maior parte por água. É necessário mais energia para o rompimento das ligações de hidrogênio e aumento da energia cinética das moléculas de água em comparação a outras moléculas com massa molecular similar que não interagem por ligações de hidrogênio. Isso auxilia na manutenção da temperatura corporal nas variações de temperaturas ambientais. Além disso, moléculas com massa molecular similar à água não interagem por ligações de hidrogênio, são gases nas condições de pressão e temperatura corporal, diferentemente da água, que é líquida nessas condições.

7. A formação de uma ligação química ocorre com liberação de energia. Dessa forma, a curva de energia que representa a formação da molécula de gás oxigênio deve ter o perfil apresentado a seguir.

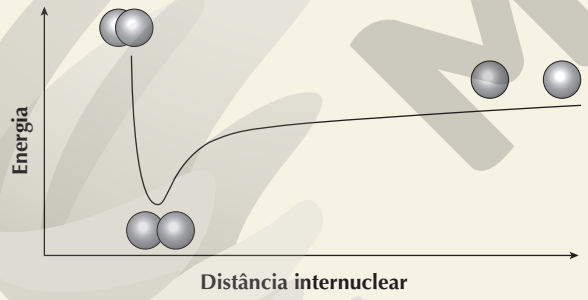


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

8. Alternativa **e**.

a) Incorreta. As moléculas de água, ao interagirem com espécies iônicas, estabelecem com estas interações íon-dipolo.

b) Incorreta. As moléculas de água podem interagir por meio de interações íon-dipolo com o poliacrilato, já que esse polímero apresenta grupos iônicos.

c) Incorreta. Por causa da presença de átomos de hidrogênio ligados a átomos de oxigênio nas moléculas de celulose, estas interagem com a água por meio de ligações de hidrogênio, não por interações íon-dipolo.

d) Incorreta. A celulose é formada por moléculas polares que interagem com a água principalmente por meio de ligações de hidrogênio, não por interações dipolo instantâneo-dipolo induzido.

e) Correta. São estabelecidas interações íon-dipolo entre o poliacrilato e as moléculas de água devido ao caráter iônico de parte desse polímero, sendo essa interação mais intensa que as ligações de hidrogênio estabelecidas entre a celulose e as moléculas de água.

Se necessário, auxilie os estudantes a resolverem essa atividade, retomando conhecimentos sobre a formação de íons e ligação iônica. É importante eles perceberem a diferença entre os dois polímeros apresentados e como essa diferença está relacionada ao uso deles em dois produtos bastante conhecidos. É importante eles perceberem que o tipo de interação que as partículas de diferentes substâncias estabelecem entre si está na base de muitas inovações tecnológicas.

9. **a)** O propano e o metoximetano são gases nessas condições, pois suas temperaturas de ebulição são menores que 25 °C. Já o etanol é líquido nessas condições, pois só passa para a fase gasosa a uma temperatura superior a 25 °C.

b) Moléculas de propano interagem entre si por dipolo instantâneo-dipolo induzido. As de metoximetano, principalmente por interações dipolo-dipolo. As de etanol, principalmente por ligações de hidrogênio. Quanto mais intensa for a interação entre as moléculas de uma substância, maior será a temperatura necessária para que ocorra a mudança de fase. Essa temperatura também depende da massa molecular, e, em geral, quanto maior seu valor, mais elevadas as temperaturas de fusão e de ebulição da substância. Como as substâncias da tabela apresentam massas moleculares próximas, as diferenças observadas podem ser atribuídas predominantemente às interações intermoleculares.

10. Para que as semelhanças entre essas fórmulas estruturais possam ser reconhecidas por deficientes visuais, espera-se que os estudantes, individualmente, busquem materiais e procedimentos para a confecção de modelos tridimensionais que explorem, por exemplo, texturas variadas para representar diferentes átomos. Ajude-os a selecionar as propostas mais viáveis, em número adequado para que cada proposta possa ser atribuída a um grupo de estudantes que deverá executá-la. Por se tratar de construções geométricas, sugerimos que a atividade seja planejada e avaliada em parceria com o professor de Matemática. Propomos a leitura do resumo do trabalho apresentado no XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ) "Modelo atômico alternativo para o ensino de geometria molecular para deficientes visuais". Disponível em: <http://www.sbq.org.br/eneq/xv/resumos/R1157-2.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020. Caso considere válido, aproveite essa oportunidade para realizar uma atividade em grupo. Para isso, disponibilize diferentes materiais aos estudantes para que eles possam construir pelo menos uma das representações propostas nessa questão.

MANUAL DO PROFESSOR

Prática investigativa

Prepare-se!

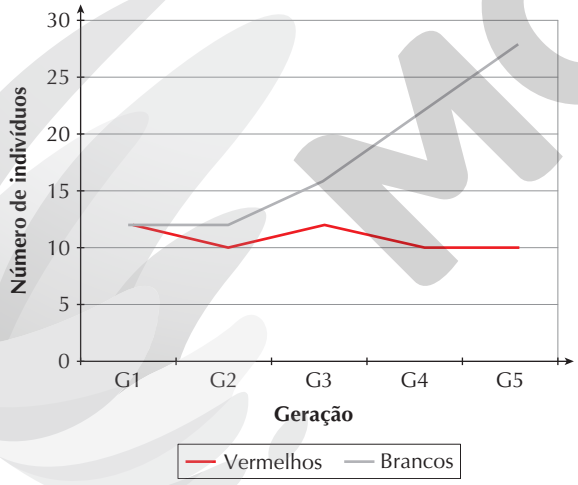
1. A intenção dessa atividade inicial é possibilitar aos estudantes levantar hipóteses sobre a simulação que se dará durante o jogo. Embora tenham conhecimento prévio da etapa do Ensino Fundamental, as hipóteses elaboradas podem ser diversas. No entanto, na situação exposta, indivíduos com a cor vermelha da pelagem vão predominar no ambiente vermelho; já no ambiente branco, após muitas gerações, vão predominar indivíduos com a pelagem branca. Espera-se, nas justificativas, a menção da relação presa-predador e a atuação da seleção natural.

Discuta com seus colegas

1. Veja, a seguir, um exemplo de tabela de resultados com dados obtidos em uma prática para o tabuleiro branco.

Tabuleiro branco						
		G1	G2	G3	G4	G5
brancos	inicial	12	12	16	22	28
	capturados	6	4	5	8	11
	sobreviventes	6	8	11	14	17
vermelhos	inicial	12	10	12	10	10
	capturados	7	4	7	5	3
	sobreviventes	5	6	5	5	7

Considerando os dados apresentados na tabela, o gráfico abaixo mostra os números iniciais de indivíduos das cinco gerações no tabuleiro branco.

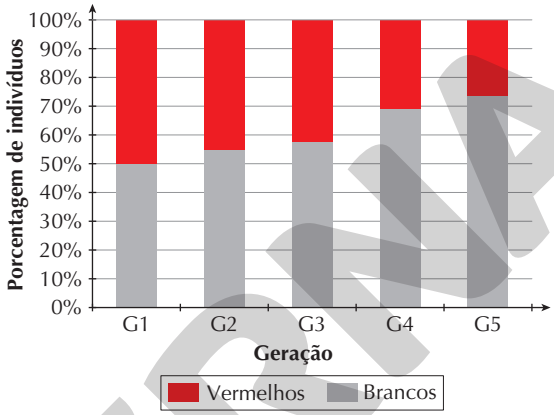


No cenário branco (tabuleiro branco), a variedade branca vai aumentando o tamanho de sua população, enquanto a vermelha fica estável, podendo, dependendo do caso, reduzir de tamanho ou mesmo se extinguir.

2. Com base nos dados apresentados como resposta do item anterior, a tabela a seguir traz as porcentagens de indivíduos brancos e vermelhos em cada geração e para o cenário branco.

	G1	G2	G3	G4	G5
brancos (%)	50	55	57	69	74
vermelhos (%)	50	45	43	31	26

O gráfico ideal para representar a variação na quantidade relativa de indivíduos das duas variedades em cada tabuleiro (neste exemplo, o branco) seria o de barras empilhadas, como mostra o gráfico abaixo.



3. Fica evidente que a variedade vermelha torna-se proporcionalmente cada vez menos representada no total de indivíduos sobre o tabuleiro branco. Espera-se que, no tabuleiro vermelho, sejam os indivíduos brancos aqueles que vão ficando proporcionalmente mais escassos. Para o predador, que tem que capturar o maior número de presas possível no tempo disponível, as mais visíveis são as que têm cor diferente do fundo. A pressão seletiva da predação favorece a variedade com mais sucesso na camuflagem. Ao mudar a cor de fundo, a situação se inverte.

1. Alternativa **c**. Redi e Pasteur mostraram que os seres vivos são oriundos de outros seres vivos preexistentes, invalidando a alternativa **a**, que afirma que eles podem ser criados em laboratório. Os experimentos de Redi e Pasteur refutaram a hipótese de que a vida teria surgido espontaneamente, o que torna as alternativas **b** e **d** incorretas. A alternativa **e** está incorreta porque os experimentos de Redi e Pasteur tinham como objetivo contestar a ideia de que vermes e microrganismos eram gerados espontaneamente.

2. **a)** Espera-se que os estudantes respondam que as evidências da ocorrência de endossimbiose mencionadas no texto são: presença de dupla membrana e presença de DNA distinto do nuclear.

b) Espera-se que os estudantes expliquem que a célula eucariótica em formação teria englobado bactérias que já tinham a capacidade de realizar respiração aeróbia e não as teria degradado. Por ser uma associação mutualística, as bactérias se mantiveram no citoplasma e teriam se perpetuado dando origem às atuais mitocôndrias.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MOBRA

c) Espera-se que os estudantes respondam que outra evidência a favor da endossimbiose seria a existência de trechos de DNA de bactéria ancestral incorporado ao DNA nuclear.

d) Espera-se que os estudantes respondam que a outra organela celular que se origina por endossimbiose é o cloroplasto e esquematizem esse processo.

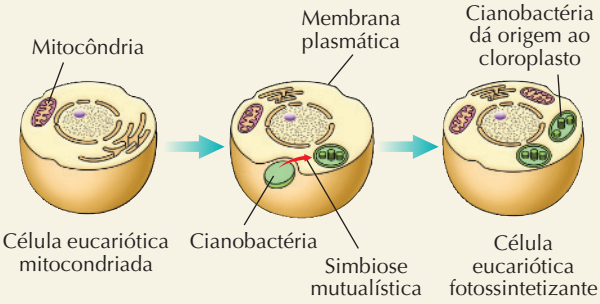


ILUSTRAÇÃO: ANGELO SHUMAN

3. a) O efeito gargalo é o que se verifica quando algum evento (geralmente cataclísmico) elimina parte da população sem nenhum tipo de seleção entre os indivíduos, dos quais os que sobram correspondem apenas a uma amostra ao acaso da população original. A consequência frequente é a perda da variabilidade na população.

b) O efeito fundador ocorre quando apenas alguns indivíduos de uma população migram e colonizam nova área, carregando consigo apenas uma parte da variação que há na população original. Com isso, as frequências dos alelos na nova população ficam diferentes das frequências encontradas na população de origem.

c) Seria a deriva genética por efeito fundador, já que poucos indivíduos da população continental poderiam ter migrado para o arquipélago. Além de frequências alélicas distintas, a seleção natural e a deriva atuariam sobre a população do arquipélago de maneira diferente da do continente.

4. Alternativa **b**. A alternativa **a** está incorreta, porque o mimetismo consiste na presença de características que confundem um grupo de organismo com outro. A alternativa **c** está incorreta, porque a imagem não faz relação à deriva genética, mas à seleção natural. A alternativa **d** está incorreta, porque na imagem não temos a ocorrência de mimetismo nem podemos afirmar que houve mutação, que é a alteração no material genético dos indivíduos. A coloração de advertência serve de alerta para que predadores evitem o ataque, o que não é o que acontece com a coruja, o que anula a alternativa **e**.

5. a) Espera-se que os estudantes respondam que, segundo Needham, que era adepto à ideia da geração espontânea, as larvas dos mosquitos teriam nascido espontaneamente da água. Já Redi, que era adepto da biogênese, ideia aceita até hoje, diria que elas nasceram de ovos colocados na água pelos mosquitos.

b) Espera-se que os estudantes elaborem um experimento em que simulem as condições ambientais para o desenvolvimento das larvas do mosquito e que seja possível observá-las. Eles devem prever observações replicadas para a confirmação dos resultados e ter um controle que valide o experimento, resultando em dois frascos. O frasco experimental ficará aberto, acessível às fêmeas dos mosquitos. Já o frasco controle ficará fechado, impedindo que as fêmeas se aproximem da água. A quantidade e a qualidade da água utilizada, bem como as condições ambientais dos dois grupos, devem ser as mesmas.

6. Lamarck explicaria, de acordo com sua teoria, que, em razão do desuso da visão em ambientes sem iluminação, os olhos do tuco-tuco atrofiaram-se e essa característica foi transmitida aos descendentes. De acordo com a teoria moderna de evolução, os fatores evolutivos responsáveis pelo aparecimento dos indivíduos cegos foram mutação e recombinação gênica, enquanto a seleção natural foi o fator responsável pela prevalência desses indivíduos, que apresentavam vantagem adaptativa em relação aos indivíduos com olhos funcionais.

7. Alternativa **c**. O texto refere-se ao movimento das placas litosféricas durante a formação de montanhas, o que fez com que houvesse a elevação de regiões que eram ocupadas por oceanos e que os organismos que morreram durante esse processo fossem fossilizados. Sendo assim, todas as outras alternativas estão incorretas.

8. a) Especiação alopátrica, ocorrida em razão da fragmentação de uma população em duas por barreira geográfica (mar cortando a área de ocorrência da espécie de planta).

b) A ocorrência de especiação poderia ser evidenciada pelo isolamento reprodutivo como consequência do isolamento geográfico. Se a troca de genes entre elas não é mais possível, constituem-se, então, duas espécies distintas.

9. Alternativa **d**. Todas as outras alternativas estão incorretas, porque não foi a necessidade que produziu a característica "silenciosa", isto é, as cobras não se adaptaram à condição em questão. Em todas essas alternativas temos a interpretação lamarckista para o surgimento de cobras silenciosas.

10. Alternativa **a**. A alternativa **b** está incorreta, porque não houve migração de indivíduos de uma população ancestral, pois essa estava distribuída em um supercontinente até o momento da deriva continental. As três espécies, que compartilham o mesmo ancestral comum, vivem em locais semelhantes, invalidando a alternativa **c**. A alternativa **d** está incorreta, porque a população ancestral não tinha capacidade de voo e não houve migração, e sim isolamento geográfico. A captura, o transporte e a soltura de aves pelo homem não têm relação com a formação de novas espécies, o que invalida a alternativa **e**.

EM ABERTA

11. a)

Espécies	Número	Frequência relativa (%)
Azul-claro	6	24
Azul-escuro	7	28
Verde-claro	8	32
Verde-escuro	4	16
Total	25	100

b) A redução foi de 50%.

c) Espera-se que os estudantes respondam que o desastre ecológico é um evento que intensifica o efeito da deriva genética, pois reduz a variabilidade na população. Se a população for grande, há mais chances de, após os efeitos de uma deriva, se recuperar com o tempo. Por outro lado, se a população for pequena, a probabilidade de recuperação ao longo do tempo diminui. Nesse caso, a população é pequena, e os efeitos da deriva serão maiores. As alterações nas frequências de cada característica podem se manter ao longo do tempo ou não. Dependerá das condições ambientais, mas é possível que a população não volte à diversidade que apresentava antes do desastre.

Reflexões sobre a ciência

1. Espera-se que os estudantes sejam capazes de inferir que uma teoria científica "recém-nascida" oriunda da pesquisa básica pode parecer, a princípio, sem perspectiva de utilidade a curto e a médio prazo e, portanto, sem importância, porém, além do conhecimento *per se*, ela tem potencial de se tornar uma ferramenta indispensável para a pesquisa aplicada futura.

2. Com base na leitura do texto, espera-se que os estudantes sejam capazes de identificar os estudos de Tyndall sobre o comportamento da luz como exemplo de ciência básica e a invenção da fibra ótica por Kapany como um exemplo de aplicação do conhecimento descrito.

3. Os estudantes podem apresentar como resposta à pergunta inicial a pesquisa científica e as invenções. Porém, após a leitura do texto, espera-se que sejam capazes de compreender que a pesquisa científica pode ter dois propósitos: gerar conhecimento novo sem valor econômico imediato ou converter conhecimento em inovação tecnológica. Com base nesse entendimento, acredita-se que eles conseguirão identificar a contribuição da pesquisa básica para o surgimento das inovações tecnológicas que beneficiam a sociedade. Na reportagem da *Revista Pesquisa Fapesp*, "Os impactos do investimento", edição 246 de agosto de 2016, disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/os-impactos-do-investimento/> (acesso em: 7 jul. 2020), podem ser encontrados exemplos de pesquisas básicas que resultaram em aplicações.

Pensamento crítico e argumentação

1. O emissor A apresenta dados que explicam a causa de se considerar o mercado espacial um setor em franca expansão, sem que haja um ponto de vista sendo defendido. O exemplo é uma explicação.

O emissor B está fornecendo uma justificativa para o que está sendo apresentado. Há a preocupação de dar algum elemento para que o receptor se convença de que a conclusão do raciocínio (o investimento na exploração espacial é estratégico para países em desenvolvimento) faz sentido. Para isso, usa-se uma evidência (os preços médios por quilograma de um saco de café e de um satélite) como apoio. Esse é um exemplo de raciocínio argumentativo.

2. a) Citadas por A: reportagem no jornal da TV, relatório anual da ONU, vídeo de um canal de fãs de ficção científica, conversa com cientista de uma universidade federal, documentário, livro paradidático, artigo científico da aula de Física.

Citadas por B: revista de curiosidades usada em sala de aula, professora de Filosofia, *blog* de uma cientista que trabalha com Astronomia, entrevista mostrada na aula de Física com cientistas que estudam o tema.

b) Resposta pessoal. É possível que os estudantes apresentem diferentes critérios, pois podem interpretar a ideia de *qualidade* de formas distintas. Isso vai enriquecer seu repertório crítico durante a discussão. Todavia, espera-se que seja mencionado que a *fonte* de divulgação das evidências deve ser levada em consideração na avaliação da qualidade dessas evidências. A discussão precisa contemplar a ideia de que as evidências devem ter credibilidade e ser reproduzíveis para que possam ser avaliadas como boas ou não. No caso do diálogo, uma forma de verificar esses critérios é pensar quando/em quais meios as fontes de informação costumam *estar disponíveis e ser acessíveis* para serem checadas. Além do acesso a essas informações (*de onde* a evidência foi obtida), é interessante que seja discutido também *como* as evidências foram obtidas, para avaliar se é possível confiar nelas ou não. Esses são pontos-chave para a classificação no contexto da atividade. Um caminho possível de resposta e discussão seria classificar as evidências em categorias, organizando-as em uma tabela, para checar e avaliar as informações. Mesmo essa categorização permite discussões com a turma, pois a classificação é baseada nas informações do diálogo e em inferências quanto à natureza de certas mídias. Um *blog*, por exemplo, pode tanto ter um texto mais informal (sem que o autor necessariamente se preocupe com a citação de suas fontes) quanto mais formal (mantendo a preocupação de citar as fontes dos dados). Por isso, ele pode estar nas duas categorias. Também é importante ressaltar que as evidências conside-

EM MODERNA

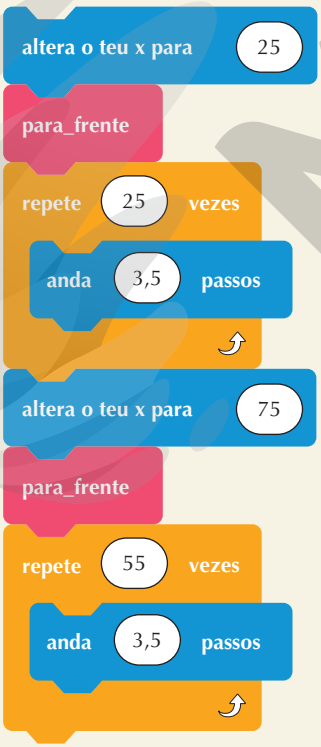
radas fortes comumente são aquelas que passam por algum tipo de leitura/avaliação externa antes da publicação.

c) "[...] acho que é muito dinheiro investido, para pouco resultado. É só ver os números. Eu vi num canal de fãs de *Star Trek* que no mundo são investidos mais de 20 bilhões de dólares por ano em missões espaciais...". Nesse caso, o emissor apresenta uma evidência que dá suporte à justificativa "muito dinheiro investido". Ele não apresenta, entretanto, uma justificativa para "pouco resultado", que é o ponto a ser defendido. Sendo assim, o argumento é fraco.

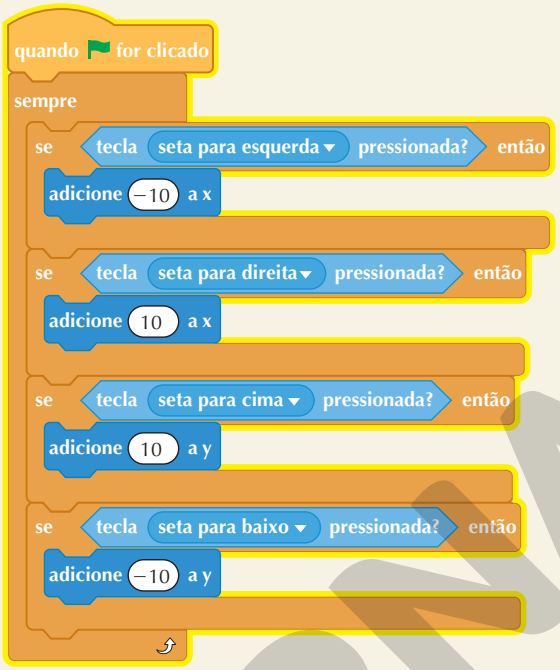
3. Resposta pessoal. Os estudantes podem se posicionar a favor dos investimentos em exploração espacial argumentando que ela "pode nos levar longe" ou contra, argumentando que ela "pode nos levar a lugar nenhum", por exemplo. Como a pergunta não define a quem "nós" se refere, eles podem responder como espécie humana ou como brasileiros, por exemplo. O importante aqui é que construam argumentos claros e coerentes utilizando fontes de evidência confiáveis para embasar suas conclusões.

Comunicação

Há várias possibilidades de algoritmos que podem ser desenvolvidos para completar a tarefa proposta. Valorize os achados de seus estudantes, caso eles tenham encontrado uma forma não usual de resolver o problema. Uma das possibilidades de resposta é indicada a seguir, utilizando blocos associados aos comandos Controle, Movimento e Meus blocos (direção).



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO



Comando para mover a nave por todo o cenário usando as setas do teclado.

UNIDADE 2
Humanos, metais e máquinas

Abertura

Espera-se que os estudantes, com base na análise das imagens, mencionem que a indústria de base fornece matéria-prima para o desenvolvimento de novas tecnologias, como o *smartphone* que na fotografia exibe a notícia sobre o acidente de Brumadinho, MG, contribuindo, direta ou indiretamente, para desastres socioambientais, uma vez que somos dependentes delas. É importante que eles mencionem que o consumismo acarreta o aumento da demanda do setor industrial, que está intimamente ligado à extração de recursos naturais.

Tema 1. Espera-se que os estudantes respondam que, desde o início da sua evolução, há milhões de anos, o homem já desenvolvia ferramentas, utilizando pedras, chifres de animais, conchas, madeira etc., para ajudar nas tarefas do seu dia a dia, como na caça e na pesca. Porém, após a Revolução Industrial, houve uma aceleração no desenvolvimento de máquinas e equipamentos que transformaram as condições de produção tanto na agricultura como na indústria. Atualmente, o uso de diversos tipos de tecnologia, incluindo os recursos digitais, facilita e aumenta a qualidade de vida dos seres humanos.

Tema 2. Espera-se que os estudantes expliquem que, com o aumento populacional ao longo da história da humanidade, aumentou também a necessidade de se desenvolverem ferramentas e máquinas que auxiliassem nas tarefas do dia a dia. Com a grande demanda por essas tecnologias, houve um crescimento da intervenção humana no ambiente, o que contribuiu para impactos provocados por catástrofes como a de Brumadinho, MG.

MODERNA

Tema 3. Espera-se que os estudantes citem propriedades como as condutividades elétrica e térmica, o brilho característico desses materiais, suas relativamente altas temperaturas de fusão, além da maleabilidade e da ductibilidade, propriedades importantes para a formação de lâminas e fios a partir desses materiais.

Tema 4. Espera-se que os estudantes mencionem de forma simplificada, que na produção do aço ocorrem diversas transformações químicas, desde a obtenção do ferro metálico a partir do seu minério até a adição de carbono na quantidade adequada para a obtenção dessa liga. É possível que eles mencionem também a necessidade de submeter o minério ou o metal a altas temperaturas e/ou adicionar outros reagentes para facilitar a produção dessa liga.

Tema 5. Espera-se que os estudantes citem materiais como o plástico ou o aço (por sua resistência e leveza) para compor a estrutura e borracha para produzir as rodas. Com relação à parte elétrica, baterias ou placas solares podem ser sugeridas — em ambos os casos, metais são exigidos para a transmissão elétrica.

Tema 6. Espera-se que os estudantes definam o funcionamento da alavanca, com base na gangorra, como uma barra fixa que, presa a um ponto de apoio, se movimenta de modo que a força exercida de um lado move um objeto localizado na outra extremidade. Os estudantes devem reconhecer como alavancas objetos como tesoura, abridor de garrafa, pegadores de comida e alicate.

Tema 1

1. Alternativa **d**. A alternativa **a** está incorreta, pois filmes que representam humanos e dinossauros vivendo juntos são de ficção científica, não tendo base científica com registros fósseis. A extinção dos dinossauros ocorreu há cerca de 66 milhões de anos, e o surgimento dos hominídeos demorou bastante para ocorrer após a extinção dos dinossauros, invalidando a alternativa **b**. Já a alternativa **c** está incorreta, pois o fóssil mais antigo encontrado da nossa linhagem é o *Sahelanthropus tchadensis* e não o da "Lucy" – *Australopithecus aferensis*. Acredita-se que o *Sahelanthropus tchadensis* erabípede, o que invalida a alternativa **e**.

2. **a)** O Crescente Fértil, região da Mesopotâmia, corresponde à Síria e ao Iraque atuais. Nessa região houve uma mudança no modo de vida caçador-coletor para agropastoril.

b) Foi o aquecimento rápido que se verificou há cerca de 50 mil anos no período interglacial. Esse aquecimento fez as geleiras recuarem para mais próximo dos polos e aumentou o volume de chuvas, causando regressão dos desertos, entre eles o que se estendia pela região da Mesopotâmia, abrindo os caminhos para a Europa.

3. **a)** A melanina, pigmento que dá cor à pele, é um eficiente filtro para a radiação ultravioleta. Essa radiação, todavia, é importante para a síntese da vitamina D. Em ambientes com menor intensidade de UV, como os das regiões temperadas e nas florestas (sombreamento), a melanina passa a ter um efeito limitante sobre a síntese da vitamina D, provocando hipovitaminose, raquitismo e eventualmente a morte.

b) A radiação UV é nociva para as moléculas de ácido fólico, necessárias no corpo materno para o adequado desenvolvimento embrionário e saúde dos bebês. A melanina ajuda, nesse sentido, a filtrar a radiação UV, muito mais intensa nas regiões tropicais.

4. Alternativa **b**. Estudos apontam que o aumento do volume craniano juntamente com a redução da mandíbula (achatamento da face) foi a primeira grande variação da linhagem humana; em seguida, o encurtamento dos membros anteriores, a locomoção bípede e o uso e aprimoramento de ferramentas.

5. Alternativa **e**. A postura ereta ou bípede, o desenvolvimento cerebral, a manipulação precisa de objetos e o desenvolvimento da linguagem foram fatores que influenciaram na evolução do *Homo sapiens*, invalidando as alternativas **a**, **b**, **c** e **d**.

6. Alternativa **b**. Acredita-se que o *Homo sapiens* tenha surgido na África e depois migrado para a Europa, invalidando as alternativas **a**, **d** e **e**. Já a alternativa **c** está incorreta porque o *H. sapiens* e o *H. neandertha-lensis* têm o mesmo ancestral comum.

7. **a)** O local e o período da superposição de ocorrência dos humanos e neandertais indicam que o encontro das duas espécies teria ocorrido apenas após a saída do *Homo sapiens* da África, mais exatamente no período interglacial, quando o *Homo sapiens* pôde chegar ao Crescente Fértil (no Oriente Médio). Dessa forma, nunca houve contato entre os africanos e os neandertais.

b) Se os chineses tivessem se originado do *Homo erectus*, uma espécie que saiu da África há mais de 1,2 milhão de anos e viveu quase todo seu tempo de existência na Ásia, seus genes atuais não atestariam uma proximidade tão grande com o *Homo sapiens* que saiu da África só mais recentemente. Isso quer dizer que não poderiam descender do *Homo erectus*.

8. **a)** Corpo baixo e troncudo (corpulento) relacionado à dissipação do calor; nariz muito desenvolvido relacionado ao preaquecimento do ar antes que ele chegue aos pulmões; domínio do fogo relacionado à necessidade de aquecimento corporal.

b) Os grandes caninos dos gorilas, associados à arcada quadrada, são ausentes no *Australopithecus*, cuja arcada é em U.

CÓPIA

Tema 2

Prática investigativa

Prepare-se!

1. De acordo com a ONU, a população mundial está em torno de 7,7 bilhões de pessoas, e essa quantidade tende a aumentar no decorrer dos anos. A oferta de recursos naturais, como água potável e solo, está cada vez mais restrita. Atualmente, várias regiões do mundo já sofrem com a falta de água e alimentos. Com uma superpopulação, os recursos naturais ficariam cada vez mais escassos, afetando assim a vida da população e, consequentemente, diversos setores da sociedade, como fábricas, indústrias, serviços, entre outras áreas.
2. O objetivo desta atividade é propiciar o levantamento de hipótese do experimento. Espera-se que os estudantes suponham que, em razão da limitação de recursos, o desenvolvimento das plântulas de feijão será impactado pelo aumento de indivíduos por vaso. Assim, as respostas podem mencionar que, nos vasos com mais sementes, a média das massa dos indivíduos será menor do em vasos com menor semeadura.

Discuta com seus colegas

1. Espera-se que os estudantes tenham notado que, nos vasos com menos sementes, as plantas se desenvolveram melhor, pois havia maior disponibilidade de recursos. Sendo assim, a biomassa dos vasos com menos sementes foi maior do que a biomassa dos vasos com mais sementes.
2. Inicialmente, foram considerados quatro recursos, potencialmente limitantes, para o desenvolvimento das plantas: nutrientes do solo, água, CO_2 e luz. Dentre eles, a água não deve ter sido efetivamente limitante, em razão da rotina de rega; o CO_2 também esteve plenamente disponível, já que o ambiente onde ficaram os vasos era exterior e, portanto, arejado; a luz, por sua vez, não deve ter sido limitante para os indivíduos como um todo, mesmo levando em conta o sombreamento das folhas umas sobre as outras – por isso, a escolha de um ambiente aberto tal como seria um campo de cultivo. Quanto ao solo, cuja proporção era a mesma em todos os vasos, não houve qualquer tipo de reposição. Assim, os nutrientes minerais do solo, cuja disponibilidade diminuiu à medida que as plantas se desenvolveram, foram provavelmente o recurso limitante.
3. Espera-se que os estudantes tenham compreendido que a superpopulação pode ser um problema quando os recursos são limitados, pois a intensidade do efeito limitante de um recurso tende a ser maior quando se aumenta a densidade populacional, gerando crescente competição intraespecífica.
4. Espera-se que os estudantes transponham a atividade para um panorama hipotético de aumento da população mundial a números cada vez maiores. Quanto maior a população, maior será a demanda por recursos naturais e alimentos, que podem se tornar cada vez mais escassos. Os estudantes podem concluir que poderá haver escassez de recursos (alimento, água etc.) para o conjunto de indivíduos do planeta.

1. Alternativa **d**. No clímax, a composição em espécies mantém-se constante. Nesse caso, dizemos que a comunidade está estável e entrou em equilíbrio. Todas as outras alternativas apresentam corretamente eventos de sucessões ecológicas.
2. Alternativa **d**. A "grande aceleração" é caracterizada por mudanças nas curvas de indicadores antrópicos em função do tempo. Todas as outras afirmações estão corretas.
3. **a)** Tamanho das populações: sapos – 6 indivíduos; gafanhotos – 25 indivíduos. Densidade populacional: sapos – 0,1 indivíduo por m^2; gafanhotos – aproximadamente 0,42 indivíduo por m^2.
   b) Sendo 6 os sapos, a cada 5 dias a população de gafanhotos perde 6 indivíduos. Sendo assim, a população de gafanhotos perde 12 indivíduos em 10 dias. Como a população inicial de gafanhotos tem 25 indivíduos, o tamanho final será de 13 indivíduos e a densidade será de 13 indivíduos por 60 m^2 ou, aproximadamente, 0,22 indivíduo por m^2. Seriam 12 os gafanhotos mortos em 10 dias, ou seja, 1,2 morto por dia. Com essa taxa, o número de dias para desaparecerem 25 indivíduos será $\frac{25}{1,2}$, ou seja, aproximadamente 21 dias.
4. A riqueza é o número de espécies, não importando sua abundância relativa. Já a diversidade combina a riqueza com as importâncias relativas das espécies, podendo diferenciar duas comunidades de mesma riqueza onde em uma delas certas espécies são mais dominantes que na outra.
5. **a)** A relação descrita é do tipo protocooperação, em que o crustáceo obtém seu alimento do peixe e o peixe se livra de resíduos e parasitas. A relação, entretanto, não é obrigatória – caso os organismos sejam separados, ambos conseguem sobreviver.
   b) É o mutualismo, que se distingue da protocooperação por ser uma relação muito mais íntima e na maior parte das vezes obrigatória.
6. Alternativa **b**. Quando o ambiente exerce uma pressão ao crescimento populacional, ocorre a resistência do meio, ou seja, aumenta-se o número de indivíduos que morrem ou deixam de ser acrescentados à população por conta da limitação de recursos, o que invalida as demais alternativas.
7. **a)** Não. Como a capacidade de suporte é semelhante nas duas espécies em separado, quando as po-

EDIÇÃO ESPECIAL

pulações são postas junto, a mesma capacidade agora suporta as duas populações e, portanto, cada uma delas não consegue crescer tanto. A interação é do tipo competição, já que as duas populações utilizam o mesmo recurso e são prejudicadas, não conseguindo crescer tanto quanto cresceriam se estivessem separadas uma da outra.

b) Espera-se que o *P. aurelia* seja considerado o competidor mais forte, pois foi a espécie que conseguiu manter-se no ambiente, diferentemente de *P. caudatum*.

8. Alternativas corretas: **01**, **04**, **08**. A emigração é a saída de indivíduos de uma população. No final de 2008, houve um aumento de 80% da população de macacos-prego.

9. Alternativa **b**. A alternativa **a** está incorreta, pois em **A**, os adultos e o idosos são menos numerosos que as crianças. Em **B**, o número de crianças, adultos e idosos é relativamente constante, o que invalida a alternativa **c**. Em **C**, o número de crianças é menor que o de adultos, invalidando as alternativas **d** e **e**.

Tema 3

1. Existem muitos significados do termo "conduzir", empregados em diferentes contextos, como, no sentido figurado, com significado de arrastar ou puxar ("os cavalos conduziam a carruagem"); ou em Física, com significado de transmitir energia entre dois pontos diferentes. A charge emprega pelo menos dois dos significados do termo "conduzir", explorando o fato de o robô ser feito de metal, sendo, portanto, ótimo condutor elétrico, como explicado na abordagem das propriedades dos metais, devido à facilidade de movimentação dos elétrons no modelo de nuvem eletrônica. A outra forma utilizada é em relação à música, com significado de reger, dirigir uma orquestra.

2. a) O óxido crômico, ou óxido de crômio(III), é formado por um elemento químico metálico (crômio, Cr) e por um elemento químico não metálico (oxigênio, O). Portanto, trata-se de um composto iônico formado pelo cátion Cr^{3+} e pelo ânion O^{2-}.

b) A representação I pode ser atribuída ao óxido crômico devido ao empacotamento de cátions e ânions, formando uma estrutura cristalina com interação simultânea entre os íons, em uma ligação iônica. Já a representação **II**, podemos atribuí-la ao crômio, uma vez que representa um modelo de nuvem eletrônica em uma ligação metálica.

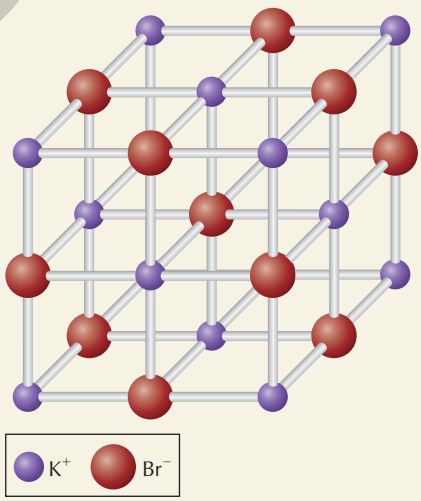
c) O metal crômio conduz eletricidade na fase sólida, o que pode ser explicado pelo modelo da nuvem eletrônica, que prevê elétrons com movimento livre na estrutura metálica. O retículo cristalino no óxido de crômio(III), por sua vez, é constituído por íons (cátions e ânions) atraindo-se em diversas direções, formando, assim, um agregado bastante organizado e com forte interação entre os íons, o que dificulta a condução da corrente elétrica na fase sólida. Quando na fase líquida, esses íons adquirem maior mobilidade, o que explica a condutibilidade elétrica da substância nessa fase.

3. Alternativa **d**. Os materiais I, II e III são compostos por não metais. O material IV é composto por um metal, o ferro, e forma ligações metálicas.

4. Polo positivo: SO_4^{2-}. Polo negativo: Fe^{2+}. Espera-se que os estudantes sejam capazes de, a partir da fórmula iônica, identificar a carga dos íons.

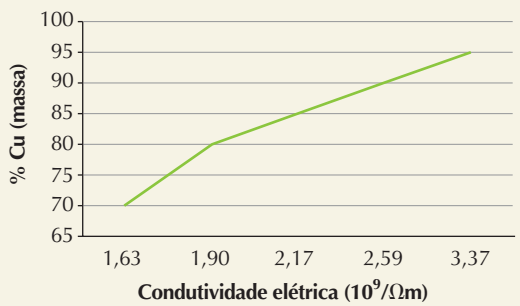
5. Substâncias iônicas: II e V. Substância metálica: IV. Substâncias iônicas conduzem corrente elétrica quando fundidas ou quando em solução aquosa, pois, nessas situações, o retículo cristalino encontra-se desfeito e os íons adquirem mobilidade. Substâncias metálicas, além de, geralmente, apresentar altas temperaturas de transição de fase, como as substâncias iônicas, conduzem corrente elétrica em fase sólida devido aos elétrons livres da estrutura metálica. As amostras I e III são de substâncias moleculares, nas quais as ligações são covalentes e não compartilham dos padrões de propriedades observados para substâncias iônicas e metálicas.

6. Resposta pessoal. É importante que os estudantes representem os cátions como esferas menores que os ânions, respeitando o padrão geométrico de organização dos íons, e que percebam que, neste composto, a proporção entre os cátions e os ânions é 1 : 1, pois ambos são monovalentes. Uma representação possível é apresentada a seguir.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

7. a)



MODELO

b) O metal que apresenta maior condutividade elétrica é o cobre, pois, quanto maior a porcentagem desse elemento químico na liga metálica, maior a condutividade elétrica dessa liga. Deixe claro que essa conclusão é apenas para o exemplo da atividade; existem ligas que não apresentam linearidade entre a composição e a condutividade.

8. a) O mercúrio é o único entre os metais que se apresenta líquido, a 25 °C e 1 atm. Tal característica facilita a formação do amálgama e a sua coleta.

b) O texto informa que, em relação ao processo de extração, o mercúrio tem facilidade em formar uma liga metálica com o ouro, chamada de amálgama, favorecendo a separação do ouro dos sedimentos presentes nos rios. Além disso, à mesma pressão, o mercúrio se funde e evapora a temperaturas menores que o ouro, o que possibilita que esses metais sejam separados por aquecimento, facilitando a obtenção do ouro.

c) Resposta pessoal. O objetivo da atividade é fazer com que os estudantes reflitam sobre como alguns aspectos aparentemente vantajosos de processos produtivos podem resultar em danos à saúde e ao ambiente. Os estudantes podem mencionar a marginalização social dos trabalhadores de garimpos, que geralmente não têm acesso às informações sobre a toxicidade dos materiais com os quais trabalham e são explorados por mineradoras em todo o mundo. O conhecimento químico poderia auxiliá-los a não se expor a tais materiais tóxicos, mas que o fim desse tipo de atividade exploratória está atrelado à participação de vários setores da sociedade, como o governo, a população, os órgãos ambientais, entre outros. A sociedade deve participar das decisões que envolvem a exploração de recursos naturais e opinar de maneira ativa, uma vez que esse tipo de atividade pode afetar a qualidade de vida das gerações atuais e futuras. Os estudantes podem mencionar a importância da Química Verde, em que os processos químicos têm sido continuamente aprimorados para gerar menos resíduos, empregar menos matérias-primas poluentes e diminuir os impactos causados ao ambiente.

d) O texto traz a informação de que o mercúrio se funde e evapora a temperaturas relativamente baixas comparado a outros metais. Isso faz com que vapores dessa substância contaminem o ar e se espalhem pela atmosfera. Assim, não se alimentar de animais e plantas que contenham mercúrio não evita a contaminação, uma vez que os vapores dessa substância também podem estar presentes no ar, com risco de se difundir por longas distâncias. Essa atividade tem como objetivo mostrar aos estudantes que eles devem se posicionar criticamente sobre qualquer prática que afete o ambiente e as pessoas, independentemente da região do mundo onde tal prática ocorra, uma vez que os possíveis danos causados afetarão a todos.

Tema 4

1. Apenas as reações representadas pelas equações **a** e **c** são de oxirredução, como mostra a variação de Nox nos esquemas a seguir.

a) $\overset{+2\,-2}{2\,ZnS(s)} + 3\,\overset{0}{O_2(g)} \longrightarrow \overset{0}{2\,Zn(s)} + \overset{+6\,-2}{2\,SO_3(g)}$

Oxidação

$\Delta Nox(S) = +6 - (-2) = 8$

Redução

$\Delta Nox(Zn) = 0 - (+2) = -2$

$\Delta Nox(O) = -2 - 0 = -2$

Portanto, a transferência total de elétrons pode ser calculada da seguinte forma:

$2\ mol \cdot 8\ e^- = (2\ mol \cdot 2\ e^-) + (6\ mol \cdot 2\ e^-) = 16\ mol$

Total de elétrons transferido corresponde a 16 mol.

b) $\overset{+2+6-2}{ZnSO_4(aq)} + \overset{+2-1}{CaCl_2(aq)} \longrightarrow \overset{+2-1}{ZnCl_2(aq)} + \overset{+2+6-2}{CaSO_4(s)}$

Não se trata de uma reação de oxirredução, pois não houve variação no número de oxidação das espécies químicas; portanto, não houve transferência de elétrons.

c) $\overset{0}{N_2(g)} + 3\,\overset{0}{H_2(g)} \longrightarrow 2\,\overset{-3\,+1}{NH_3(g)}$

Oxidação

$\Delta Nox(H) = +1 - 0 = 1$

Redução

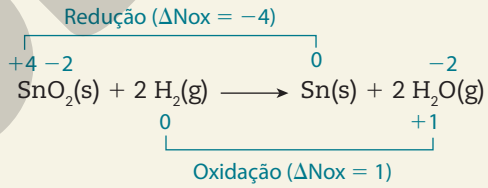
$\Delta Nox(N) = -3 - 0 = -3$

Portanto, a transferência total de elétrons pode ser calculada da seguinte forma:

$6\ mol \cdot 1\ e^- = 2\ mol \cdot 3\ e^- = 6\ mol$

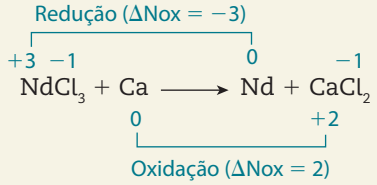
Total de elétrons transferido corresponde a 6 mol.

2. a)



b) O hidrogênio gasoso constitui atmosfera redutora, pois promove a redução dos cátions estanho a estanho metálico. De acordo com a equação química, pode-se verificar que o estanho recebe 4 elétrons e o hidrogênio é oxidado, de tal forma que cada átomo de hidrogênio cede 1 elétron, totalizando 4 elétrons. O agente oxidante é o óxido de estanho(IV), e o agente redutor é o gás hidrogênio.

3. a) A equação não balanceada com os respectivos Nox dos elementos químicos é dada por:



Para igualar as quantidades de elétrons cedidos e recebidos, basta atribuir o coeficiente 2 à espécie

EDIÇÃO ESPECIAL

$NdCl_3$ e o coeficiente 3 à espécie Ca.

$2\ NdCl_3 + 3\ Ca \longrightarrow Nd + CaCl_2$

Por fim, fazemos o balanço de massa:

$2\ NdCl_3 + 3\ Ca \longrightarrow 2\ Nd + 3\ CaCl_2$

b) O agente redutor é o cálcio metálico, e o agente oxidante é o cloreto de neodímio(III).

4. a) O enunciado descreve um processo pirometalúrgico, que ocorre em temperaturas elevadas e controladas.

b) $\overset{+2\ -2}{ZnS(s)} + 2\ \overset{0}{O_2(g)} \xrightarrow{\Delta} \overset{+2\ +6\ -2}{ZnSO_4(s)}$

c) O agente oxidante é o gás oxigênio, e o agente redutor é o sulfeto de zinco.

d) $\overset{+2+6-2}{ZnSO_4(s)} \xrightarrow{\Delta} \overset{+2-2}{ZnO(s)} + \overset{+6\ -2}{SO_3(g)}$

Como não há variação de Nox dos elementos químicos, a reação não é de oxirredução.

5. Alternativa **c**. O processo apresentado no trecho do livro é a eletrólise. Industrialmente, emprega-se a eletrólise ígnea – não aquosa como no trecho apresentado –, para o processo de obtenção do alumínio. O ouro é encontrado na natureza em sua forma metálica e, por isso, não precisa passar pelo processo de eletrólise. O calcário é obtido diretamente das rochas. O ferro metálico é produzido em altos-fornos, em que o agente redutor é uma espécie de carbono gerada a partir da queima do carvão mineral. Por fim, a produção da amônia ocorre em fase gasosa por meio da reação entre gás hidrogênio e gás nitrogênio.

6. a) No cátodo, pois este é o eletrodo em que ocorre a redução.

b) O processo é mais eficiente para o cobre, pois, comparando-se a variação das concentrações após cerca de 70 minutos, que corresponde ao tempo necessário para estabilização das curvas, o rendimento de cobre metálico é de 100%, enquanto de estanho metálico é de aproximadamente 25%, restando íons em solução.

7. A semirreação que ocorre no ânodo é a oxidação do cobre metálico formando íons cobre(II).

$Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\ e^-$

A representação submicroscópica, em que a esfera à esquerda corresponde ao átomo de cobre (Nox = 0) e à direita está o íon cobre(II), é apresentada a seguir.

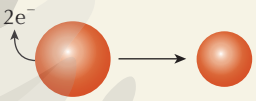


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

8. a) A semirreação que descreve a redução dos íons cobre(II) a cobre metálico é representada a seguir.

$Cu^{2+}(aq) + 2\ e^- \longrightarrow Cu(s)$

A partir da semirreação podemos afirmar que, para formar 1 mol de cobre metálico, são necessários 2 mol de elétrons. Assim, para formar 0,05 mol de cobre é preciso

1 mol Cu	2 mol e^-
0,05 mol Cu	$n(e^-)$

$n(e^-) = 0{,}10$ mol

Cada pilha fornece $5{,}0 \cdot 10^{-3}$ mol de elétrons, sendo necessário 20 pilhas para depositar 0,05 mol de cobre metálico.

b) A massa molar de cobre é 63,5 g mol^{-1}; assim, a massa de 0,05 mol de cobre depositado é: 63,5 g mol^{-1} · 0,05 mol = 3,175 g

9. Analisando a série de prioridade de descarga, chegamos aos seguintes resultados de espécies que se reduzem ou oxidam.

Sais em solução aquosa	Reduz	Oxida
$MgSO_4$	H^+ ou H_2O	OH^- ou H_2O
KI	H^+ ou H_2O	I^-
$Ni(NO_3)_2$	Ni^{2+}	OH^- ou H_2O
$CuBr_2$	Cu^{2+}	Br^-

10. Sob condições ideais, as grandezas massa, corrente e tempo são diretamente proporcionais num processo de eletrólise. Assim, a partir dos dados fornecidos é possível deduzir os valores nas diferentes condições reacionais. É importante que os estudantes não esqueçam de converter os dados em horas para segundos. Os valores realçados em cinza completam a tabela do enunciado.

Condição	*m*(Na)	i	t
I	115 g	134 A	1 h
II	184,5 g	100 A	129 min
III	46 g	20 A	965 s

11. As semirreações de redução de V^{3+} e V^{2+} são, respectivamente,

$V^{3+}(aq) + 3\ e^- \longrightarrow V(s)$

$V^{2+}(aq) + 2\ e^- \longrightarrow V(s)$

Ou seja, a quantidade de elétrons para produzir vanádio metálico a partir de íons vanádio(III) é maior, comparada à reação com íons vanádio(II). Assim, sob as mesmas condições, entre elas quantidade de carga elétrica empregada no processo, ocorre a produção de uma massa maior de vanádio metálico a partir da solução de V^{2+}.

12. Alternativa **a**. Possibilidades no cátodo: $K^+(aq)$ e $H_2O(l)$. A prioridade de descarga é da $H_2O(l)$. Assim, a reação que ocorre é:

$2\ H_2O(l) + 2\ e^- \longrightarrow H_2(g) + 2\ OH^-(aq)$

O aumento da concentração de íons $OH^-(aq)$ promove o aparecimento da coloração rósea próximo ao cátodo.

Possibilidades no ânodo: $I^-(aq)$ e $H_2O(l)$. A prioridade de descarga é do $I^-(aq)$. Assim, a reação que ocorre é:

$2\ I^-(aq) \longrightarrow I_2(s) + 2\ e^-$

A formação de I_2 leva ao aparecimento da coloração azulada próximo ao ânodo.

13. a) A proporção estequiométrica entre os gases cloro e hidrogênio na eletrólise da salmoura é 1 : 1, conforme a equação química representada a seguir.

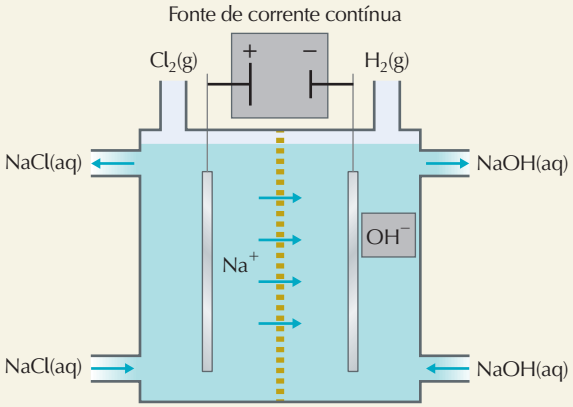
$2\,Cl^-(aq) + 2\,H_2O(l) \longrightarrow 2\,OH^-(aq) + Cl_2(g) + H_2(g)$

Com base nos dados da tabela periódica e no valor da produção anual de gás cloro fornecida no enunciado, temos:

1 mol Cl_2	1 mol H_2
71 g Cl_2	2 g H_2
$60 \cdot 10^6 \cdot 10^6$ g Cl_2	$m(H_2)$

$m(H_2) \simeq 1{,}69 \cdot 10^{12}$ g = 1,69 milhão de toneladas

b)



14. a) Do ponto de vista macroscópico, a estudante quer testar se a consistência ou a viscosidade do meio em que o prego está imerso afetam a rapidez da reação. Essa hipótese é baseada, em nível submicroscópico, na ideia de que a reação depende da mobilidade dos íons em solução, a qual poderia ser diminuída em um meio mais viscoso.

b) Levando em consideração que o aço é composto principalmente de ferro, temos:

$2\,Fe(s) + 3\,Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 2\,Fe^{3+}(aq) + 3\,Cu(s)$

Inicialmente, forma-se ferro(II), que depois é oxidado a ferro(III); entretanto, os estudantes não têm subsídios para saber disso nesse momento. Em relação ao sistema II, a reação que ocorrerá será a mesma, pois espera-se que a gelatina adicionada não participe da reação.

c) Resposta pessoal. É provável que os estudantes tendam a responder intuitivamente que a reação na gelatina será mais lenta. Peça que justifiquem quimicamente suas hipóteses e comparem as hipóteses iniciais com os resultados observados. A difusão de gás oxigênio diminui na presença da gelatina e, com isso, reduz a concentração de reagente no meio reacional, diminuindo a rapidez da reação.

d) As etapas a seguir correspondem a uma das possibilidades de respostas que os estudantes podem propor para testar a hipótese levantada.

1. Em um béquer ou frasco, adicione sulfato de cobre(II) à água.
2. Agite com a bagueta até completa dissolução.
3. Em outro béquer, adicione água à gelatina.
4. Aguarde até que a gelatina fique hidratada e aqueça-a em fogo brando até completa dissolução.
5. Adicione sulfato de cobre(II).
6. Agite com a bagueta até completa dissolução.
7. Despeje cada uma das soluções em uma placa de Petri diferente.
8. Limpe bem o prego com palha de aço e com álcool para a retirada de óxidos e gordura.
9. Quando a solução com gelatina esfriar e começar a ficar mais viscosa, mergulhe um prego em cada amostra e marque o tempo simultaneamente.
10. Anote as mudanças observadas em intervalos regulares.
11. Avalie os resultados obtidos.

Espera-se que o prego na solução de sulfato de cobre(II) se oxide imediatamente, tornando-se marrom, enquanto a solução de sulfato de cobre(II) fica mais clara; na solução com gelatina, o fenômeno costuma demorar alguns dias.

Esse tipo de atividade favorece o desenvolvimento do pensamento computacional, sobretudo em relação à ideia de algoritmo como uma sequência finita de procedimentos que permite alcançar certo objetivo.

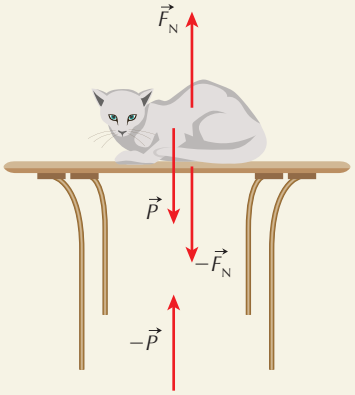
Tema 5

1. a) Essa afirmação se refere à segunda lei de Newton, pois trata da proporção entre a resultante das forças e a aceleração obtida.

b) Essa afirmação se refere à terceira lei de Newton, lei da ação e reação, pois descreve uma situação na qual a força aplicada pelo martelo seria a ação, e a força aplicada pelo prego a reação.

c) Essa afirmação se refere à primeira lei de Newton, o princípio da inércia, já que os passageiros têm a tendência de manter o seu estado de movimento.

2. A mesa empurra o gato para cima, com uma força normal $(\vec{F}_N)$. O gato empurra a mesa para baixo, sendo essa a reação da normal $(-\vec{F}_N)$. A Terra atrai o gato, com a força peso $(\vec{P})$. O gato atrai a Terra para cima, sendo essa a reação do peso $(-\vec{P})$.



3. A resultante das forças que atuam sobre um deles é a soma vetorial de todas as forças atuantes, que são a força de tração (no cabo), a força peso, a força normal e a força de atrito. O enunciado descreve uma situação na qual há um par ação e reação que nunca se anulam por serem aplicadas em corpos diferentes. A resultante

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

EM OBRA

das forças dadas pode não ser nula em um deles, por exemplo, se a força de tração for maior que a força de atrito; logo, esse será arrastado, e o outro vencerá.

4. Alternativa **c**. A aceleração do corpo em queda no plano inclinado sem atrito é $a = g \text{ sen } \theta$, logo, constante. Com essa aceleração, a velocidade do corpo aumenta.

5. Alternativa **c**. A pessoa aplica a força de atrito no solo, na direção paralela ao solo e com sentido para trás. O solo, pela lei da ação e reação, aplica a força no sentido contrário (no sentido do movimento) com a mesma intensidade.

6. Alternativa **c**. A velocidade mínima no ponto mais alto é dada por:

$v = \sqrt{Rg} \Rightarrow v = \sqrt{3{,}6 \cdot 10} \therefore v = 6 \text{ m s}^{-1}$

Passando para km h^{-1}:

$v = 21{,}6 \text{ km h}^{-1}$

7. Alternativa **d**. Como a caixa está apoiada sobre uma superfície horizontal, a força normal tem a mesma intensidade do peso; logo:

$F_N = m \cdot g \Rightarrow F_N = 200 \cdot 10 \therefore F_N = 2.000 \text{ N}$

A intensidade da força de atrito estático máxima será, portanto:

$F_{at\,máx} = \mu_e \cdot F_N \Rightarrow F_{at\,máx} = 0{,}5 \cdot 2.000$

$\therefore F_{at\,máx} = 1.000 \text{ N}$

Como cada trabalhador aplica uma força com intensidade de 200 N, são necessários pelo menos 6 trabalhadores para retirar a caixa do repouso, uma vez que 5 trabalhadores aplicarão um total de 1.000 N, o que ainda é igual à intensidade da força de atrito estático máxima.

8. Alternativa **b**. Como o movimento é uniforme, a resultante das forças será não nula apenas nos trechos não retilíneos, ou seja, nos trechos *BC* e *DE*.

9. Utilizando a segunda lei de Newton na forma $a = \frac{F_R}{m}$, podemos obter a aceleração dos três carros:

$a_A = 10{,}6 \text{ m s}^{-2}$

$a_B = 10{,}5 \text{ m s}^{-2}$

$a_C = 10{,}4 \text{ m s}^{-2}$

Logo, o carro com a maior aceleração é o carro A.

10. De acordo com a segunda lei de Newton e escolhendo um dos pontos, temos:

$F = ma \Rightarrow F = 0{,}1 \cdot 0{,}01 \therefore F = 0{,}01 \text{ N}$

Tema 6

1. Caso apenas uma força aja sobre um objeto, a força resultante sobre ele não pode ser nula; portanto, o objeto não pode estar em equilíbrio estático.

2. O momento de uma força é proporcional ao comprimento do braço da alavanca. Portanto, a maçaneta da porta é fixada no ponto oposto do eixo de giro da porta para facilitar sua rotação.

3. Da situação de equilíbrio estático, temos:

$P_{pessoa} + P_{andaime} = 2T \Rightarrow m_{pessoa}\, g + P_{andaime} = 2T \Rightarrow$

$\Rightarrow 50 \cdot 10 + P_{andaime} = 2 \cdot 400$

$\therefore P_{andaime} = 300 \text{ N}$

4. O sistema está em equilíbrio de rotação. Assim, considerando o eixo da roda como eixo de rotação, podemos escrever:

$P \cdot 40 = F \cdot 100 \Rightarrow 200 \cdot 40 = F \cdot 100 \therefore F = 80 \text{ N}$

5. O sistema está em equilíbrio de rotação. Assim, considerando o ponto A como eixo de rotação e adotando como positivo o sentido para cima, temos:

$N_B \cdot 10{,}0 - 50 \cdot 5{,}0 - 50 \cdot 7{,}0 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow N_B \cdot 10{,}0 - 250 - 350 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow N_B \cdot 10{,}0 = 600 \therefore N_B = 60 \text{ N}$

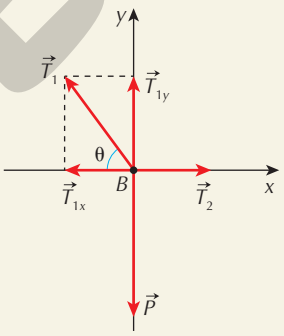
Da situação de equilíbrio de translação, sabemos que a soma das intensidades de todas as forças peso deve ser igual à soma das intensidades das forças de reação, portanto:

$N_A + N_B = 50 + 50 \therefore N_A + N_B = 100 \text{ N}$

Substituindo o valor de N_B obtido da situação de equilíbrio de rotação, temos:

$N_A + 60 = 100 \therefore N_A = 40 \text{ N}$

6. Alternativa **d**. Considerando as forças que atuam no ponto de junção dos fios, temos a seguinte representação esquemática:

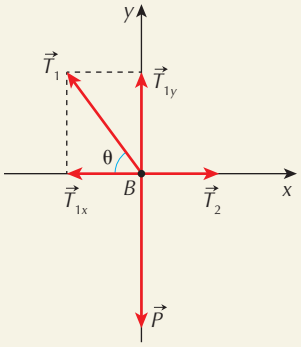


Das componentes no eixo y, temos:

$T_{1y} = P_A \Rightarrow T_1 \cdot \text{sen } 30° = 300 \Rightarrow T_1 \cdot 0{,}5 = 300$

$\therefore T_1 = 600 \text{ N}$

7. Alternativa **e**. Vamos considerar as forças que atuam no ponto de junção dos fios. A representação esquemática dos vetores é igual à do exercício anterior, portanto, das componentes do eixo y, temos:



$T_{1y} = P_A \Rightarrow T_1 \cdot \text{sen } 37° = m \cdot g \Rightarrow$

$\Rightarrow T_1 \cdot 0{,}6 = 24 \cdot 10 \therefore T_1 = 400 \text{ N}$

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

MODERNA

Já no eixo x, temos:

$T_{1x} = T_2 \Rightarrow T_1 \cdot \cos 37° = T_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 400 \cdot 0{,}8 = T_2 \therefore T_2 = 320$ N

8. Alternativa **b**. Considerando o ponto de junção dos fios, decompondo nesse ponto as forças na direção vertical e considerando o sistema em equilíbrio, podemos escrever para cada figura:

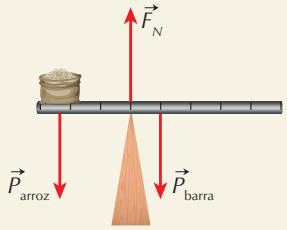
$$\begin{array}{l} \text{Figura 1} \\ \text{Figura 2} \end{array} \begin{cases} 2 \cdot T_1 \cdot \cos 30° = P \\ 2 \cdot T_2 \cdot \cos 60° = P \end{cases}$$

Como a intensidade do peso é a mesma nas duas equações, temos:

$T_1 \cdot \cos 30° = T_2 \cdot \cos 60° \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{\cos 30°}{\cos 60°} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{0{,}87}{0{,}5} \therefore \frac{T_2}{T_1} = 1{,}74$$

9. Alternativa **e**. Desenhando as forças que agem na barra, temos:

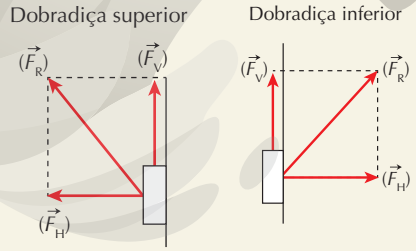


O sistema está em equilíbrio de rotação, então, considerando o ponto de apoio como eixo de rotação, podemos escrever:

$P_{arroz} \cdot 3x = P_{barra} \cdot x \Rightarrow m_{arroz} \cdot g \cdot 3x = m_{barra} \cdot g \cdot x \Rightarrow$

$\Rightarrow 3m_{arroz} = m_{barra} \therefore m_{barra} = 15$ kg

10. Alternativa **d**. A porta tende a girar no sentido horário; logo, as dobradiças devem realizar forças na horizontal ($\vec{F}_H$) de forma que gerem momento no sentido anti-horário para satisfazer a condição de equilíbrio rotacional. Assim, a dobradiça superior deve fazer uma força horizontal para a esquerda e a inferior para a direita. Além disso, as dobradiças realizam forças verticais ($\vec{F}_V$) para cima para equilibrar o peso da porta, satisfazendo a condição de equilíbrio de translação. As figuras a seguir ilustram as forças aplicadas em cada dobradiça.



ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Reflexões sobre a ciência

1. As normativas têm o intuito de impedir que sejam implementadas políticas que diferenciem os indivíduos, independentemente de sua condição física, material ou social, ao estabelecer que todos são iguais perante a lei. Dessa forma, as interpretações e extrapolação indevidas de teorias científicas não têm respaldo em lei para serem aplicadas.

2. **a)** A testosterona é o principal hormônio associado ao desenvolvimento do sistema reprodutor masculino e o desenvolvimento dos músculos, entre outras características. Esse hormônio também é produzido em indivíduos do sexo feminino em níveis mais baixos.

b) A afirmação foi feita por um pesquisador, o que pressupõe que ela tenha sido embasada em uma pesquisa. Pode haver, no entanto, extrapolações indevidas atribuindo a indivíduos do sexo masculino uma predisposição biológica para exercer postos de liderança. O crescimento do número de mulheres em postos de liderança é um dos diversos indicativos de que o nível de testosterona não é o que determina essas condições. Há exemplos que contrapõem essa afirmação, seja no núcleo familiar, seja ocupando cargos de importância mundial – a exemplo da chanceler da Alemanha, Angela Merkel, e da pesquisadora Mayana Zatz, líder do laboratório de Genoma Humano da USP, entre outras.

3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes indiquem que, somente por meio da deturpação de teorias e metodologias científicas foi possível justificar a criminalização de determinadas parcelas da sociedade. A prevalência dos preconceitos nos dias atuais pode ser um resquício da discriminação praticada em outras épocas. Além disso, aspectos culturais, sociais e econômicos são usados para justificar as desigualdades e podem, assim, contribuir para a manutenção de determinados preconceitos na sociedade atual.

Pensamento crítico e argumentação

1. As respostas podem ser obtidas separando as afirmações que parecem semelhantes na escrita e agrupando aquelas que têm as mesmas ideias e/ou palavras.

Argumentos indutivos: b, f, i, k, n.

Argumentos por analogia: c, e, j, m, o.

Argumentos dedutivos: a, d, g, h, l.

2. <u>Argumento dedutivo:</u>

Ideia geral: (l) Usa um princípio geral para compreender um caso em especial (passa do mais geral para o mais específico).

Ponto de partida: (d) Começa com uma afirmação (ou hipótese), que será testada por meio da observação.

Movimento cognitivo: (a) Passa da ideia para a observação.

MODERNA

Força do argumento: (g) Apresentam conclusões inatacáveis, pois assume-se que todas as premissas são verdadeiras.

Conclusão do argumento: (h) Se as premissas são verdadeiras, a conclusão é definitivamente válida.

Argumento indutivo:

Ideia geral: (i) Usa um caso especial para entender um princípio geral (passa do mais específico para o mais geral).

Ponto de partida: (b) Começa com as observações e se move em direção a generalizações e teorias.

Movimento cognitivo: (f) Passa da observação para a ideia.

Força do argumento: (k) Apresenta alguma probabilidade de ser verdadeiro, o que pode variar com base na força das evidências usadas para apoiá-lo.

Conclusão do argumento: (n) Se as premissas são verdadeiras, a conclusão provavelmente é válida.

Argumento por analogia:

Ideia geral: (c) Usa similaridades entre fatos e objetos específicos para prever comportamentos associados a eles.

Ponto de partida: (e) Começa com uma comparação, que pode ser observada entre dois fatos ou objetos, para então concluir (inferência) sobre um deles.

Movimento cognitivo: (j) Passa da comparação para a construção de uma inferência.

Força do argumento: (m) Os argumentos são fracos ou fortes dependendo da relevância das semelhanças observadas para o estabelecimento da conclusão.

Conclusão do argumento: (o) Se há semelhanças justificáveis por premissas consideradas verdadeiras entre o que está sendo analisado, a inferência sobre outra semelhança, ou seja, a conclusão é provavelmente válida.

3. As respostas para esta atividade estão baseadas nas categorias força do argumento e conclusão do argumento, da atividade 2.

Argumento dedutivo: a qualidade desse argumento depende da força de suas premissas. Todavia, diferentemente dos outros tipos de argumentos, esse argumento é passível de testes por meio de observações e experimentações. Essa ideia foi extraída das afirmações g e h.

Argumento indutivo: as generalizações da indução têm maior probabilidade dependendo da força das premissas. Essa ideia foi extraída das afirmações k e n.

Argumento por analogia: dado que esse argumento está embasado na comparação, sua qualidade pode ser avaliada de acordo com a relevância das semelhanças estabelecidas. É preciso avaliar se as premissas que sustentam a comparação fazem sentido e se a comparação é pertinente. Também é possível avaliar se não há diferenças que poderiam cancelar a analogia/comparação estabelecida. Essas ideias foram extraídas das afirmações m e o.

4. **a)** O fragmento "'A bacia do rio Doce é hoje a mais impactada do Brasil', comentou Pavan, com base nos trabalhos em campo e de laboratório do Giaia", indica o uso de um argumento dedutivo. Os trabalhos de campo e de laboratório confirmaram a hipótese de degradação da área.

b) Observa-se nesse caso o uso de um argumento indutivo, pois, "com base na análise de 143 desastres em mineração reportados no mundo entre 1968 e 2009", os pesquisadores estabelecem uma "correlação entre os ciclos de alta e de baixa dos preços dos minérios no mercado internacional com rompimentos de barragens de rejeitos". Ou seja, em algumas observações particulares deriva-se uma conclusão geral.

c) As comparações entre os diferentes países indicam o uso de argumento por analogia. O uso ou não dos mesmos modelos de barragens nos diferentes países pressupõe que há semelhanças e diferenças que sustentam a decisão.

5. As respostas são variadas. A seguir, sugere-se um exemplo por tipo de argumento.

Argumento dedutivo: as pesquisas mostraram que, nos trechos de rios próximos à barragem que vazou, não havia seres vivos. Isso ocorre porque, quando há muitas partículas sólidas na água, a penetração dos raios de luz é comprometida, interferindo na fotossíntese dos organismos autotróficos. Sem esses organismos, os heterotróficos não podem sobreviver. A prevenção de acidentes ambientais que envolvem vazamentos de rejeitos é fundamental para preservar a vida aquática.

Argumento indutivo: é melhor prevenir os desastres ambientais causados por vazamentos das barragens de rejeitos, pois a recuperação de áreas degradadas é cara e pode levar pelo menos dez anos, como já foi avaliado em casos anteriores.

Argumento por analogia: em razão do tamanho e das características da área atingida, o acidente de Fukushima foi considerado uma grande tragédia ambiental, pois foi difícil remediar seus danos. Considerando a semelhança na magnitude dos vazamentos de barragens, elas também podem ser consideradas grandes tragédias ambientais de difícil remediação.

MODERNA

Valores e atitudes

1. **a)** Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes escolham as características que eles ainda não apresentem ou que apresentem de forma incipiente e julguem essenciais para alcançar bons resultados, caso decidam ser empreendedores. É importante que eles percebam que, mesmo não tendo a intenção de empreender, as características citadas nos exemplos e nos quadros são relevantes para ter sucesso no mercado de trabalho de modo geral.

b) Resposta pessoal. Uma forma de registro seria por meio de tabela, como pode ser observado a seguir.

Características	Ação	Prazo
Independência e autoconfiança	- Focar o olhar nas conquistas, celebrando-as. - Transformar os pensamentos negativos em positivos. - Gastar menos do que ganha. - Comprar somente o essencial.	2 meses

2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes consigam propor uma solução criativa ao identificar uma situação ou problema em sua comunidade. Utilizamos a história da jovem Nanda Carvalho para mostrar como eles podem preencher o quadro. As etapas 5 e 6 são suposições, uma vez que não é possível depreender da reportagem as informações sobre esses processos.

1. Falta de serviços em ambiente virtual voltados para pequenos e microempreendedores da região.	2. O serviço oferecido será uma plataforma digital com foco em venda, compra e compartilhamento de produtos. O pequeno vendedor vai expor seus produtos gratuitamente. Os possíveis clientes terão acesso aos produtos de acordo com o perfil de cada um.
3. O público-alvo serão os pequenos e microempreendedores. Eles têm necessidade de vender seus produtos, no entanto, muitas vezes não têm condições financeiras para pagar anúncios e fazer propaganda da empresa.	4. O serviço apresenta dois diferenciais: 1) Os pequenos vendedores não precisarão pagar para ficar ranqueados/destacados (o que acontece em diversas plataformas de compra e venda). 2) O valor de 10% destinado à *startup* será fixo.
5. Como o serviço criado será uma plataforma na internet, a estrutura será virtual. Com base em um mapeamento das comunidades e *sites* de potenciais clientes, será usada como estratégia a divulgação de vídeos curtos explicando o serviço nas redes sociais voltadas para esse público. Também será possível estabelecer parceria com empresas de *marketing* para realizar a divulgação do serviço.	6. Com base nos comentários dos potenciais clientes, será possível perceber as necessidades de melhorias em relação ao *design* da plataforma.

MODELA

SÔNIA LOPES
Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Licenciada em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade de São Paulo.
Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Professora universitária aposentada.

SERGIO ROSSO
Licenciado em Ciências pela Universidade de São Paulo.
Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo.
Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo. Professor.

Editora responsável:
MAÍRA ROSA CARNEVALLE
Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos. Editora.

CIÊNCIAS DA NATUREZA LOPES & ROSSO

Evolução e Universo

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza e suas Tecnologias

1ª edição

São Paulo, 2020

MODERNA

Elaboração de originais

Artur Guazzelli Leme Silva
Bacharel em Química Ambiental pela Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área de concentração: Bioquímica) pela Universidade de São Paulo (SP). Editor.

Bianca Trama Freitas
Licenciada em Ciências da Natureza para o Ensino Fundamental pela Universidade de São Paulo, Escola de Artes, Ciências e Humanidades (SP). Mestra em Ciências (Programa de Pós-graduação em Biologia Química) pela Universidade Federal de São Paulo (SP). Doutora em Ciências dos Materiais (área de Química dos Materiais) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (SP). Professora.

Carlos Mariz de Oliveira Teixeira
Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Licenciado em Física pelo Instituto de Física e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no programa: Física pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Daiane Breves Seriacopi
Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Astronomia pela Universidade de São Paulo (SP). Astrofísica.

Fabio Rizzo de Aguiar
Bacharel em Ciências com habilitação em Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz (SP). Licenciado pleno em Química pelas Faculdades Oswaldo Cruz (SP). Doutor em Química pela Universidade do Porto revalidado pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Graciele Almeida de Oliveira
Bacharel em Química e doutora em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área: Bioquímica) pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (SP). Pesquisadora e professora.

Ivo Bernardi de Freitas
Bacharel e licenciado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Mestre em Química na área de Química Inorgânica pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Químico.

Joana Guilares de Aguiar
Bacharel e licenciada em Química pela Universidade Estadual de Campinas (SP). Mestra em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Doutora em Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Juliana Maia
Licenciada em Química pela Universidade Estadual de Santa Cruz (BA). Licenciada em Pedagogia pela Faculdade da Aldeia de Carapicuíba (SP). Mestra em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Editora.

Lina M. Almeida-Silva
Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Bahia (BA). Doutora em Ciências (área de concentração: Zoologia) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora.

Nathália Helena Azevedo
Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Paulo (SP). Licenciada pelo Programa Especial de Formação Pedagógica em Biologia pelo Centro Universitário Claretiano – CEUCLAR (SP). Mestra em Ciências no programa: Ecologia (área de concentração: Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) pela Universidade de São Paulo (SP). Bióloga.

Oliveira-Junior, M. M.
Licenciado em Química pelos Instituto de Química e pela Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ensino de Ciências no programa: Ensino de Ciências (área de concentração: Ensino de Química) pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Patrícia Araújo dos Santos
Bacharela e licenciada em Química pela Universidade de São Paulo (SP). Doutora em Ciências no programa: Ciências Biológicas (área de concentração: Bioquímica) pela Universidade de São Paulo (SP). Editora e professora.

Rodrigo Uchida Ichikawa
Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Tecnologia Nuclear (área de concentração: Tecnologia Nuclear – Materiais) pela Universidade de São Paulo (SP). Doutor em Ciências no Programa: Tecnologia Nuclear (área de concentração: Tecnologia Nuclear – Materiais) pela Universidade de São Paulo (SP). Editor.

Rosana Louro Ferreira Silva
Licenciada em Ciências pela Faculdade de Ciências Exatas e Experimentais da Universidade Mackenzie (SP). Doutor em Educação (área de concentração: Educação – Opção: Ensino de Ciências e Matemática) pela Universidade de São Paulo (SP). Professora universitária.

Tathyana Tumolo
Bacharel em Química pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (SP). Licenciada em Química pela Universidade de Franca (SP). Pós-doutorada pelo Departamento de Bioquímica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (SP). Editora.

Vinicius Roggério da Rocha
Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (SP). Mestre em Ciências no Programa: Meteorologia pela Universidade de São Paulo (SP). Professor.

Edição de texto: Thalita B. C. Encarnação (Coordenação), Andreza C. Souza Silva, Artur Guazzelli Leme Silva, Carlos M. de Oliveira Teixeira, Carolina Rossi, Fabio Rizzo de Aguiar, Izabel Bueno, Jeferson Felix, Juliana Bardi, Juliana de Oliveira Maia, Livia Aceto, Luiz A. de Paula, Maiara Oliveira Soares, Marina M. de Brito, Marina Vieira Santos, Matheus C. Torres, Patrícia A. dos Santos, Pedro Magalhães, Rafaela W. Sobrinho, Rodrigo Uchida Ichikawa, Tathyana C. Tumolo, Tatiani A. G. Donato

Assessoria pedagógica: Daniela Ferrari

Preparação de texto: Fabiana Biscaro, Malvina Tomaz

Gerência de *design* e produção gráfica: Everson de Paula

Coordenação de produção: Patricia Costa

Gerência de planejamento editorial: Maria de Lourdes Rodrigues

Coordenação de *design* e projetos visuais: Marta Cerqueira Leite

Projeto gráfico: APIS Design, Bruno Tonel, Douglas Rodrigues José

Capa: APIS Design, Bruno Tonel

Foto: Arte computadorizada de um nanorrobô hipotético capaz de interagir com células infectadas. Roger Harris/ Science Photo Library/ Fotoarena

Coordenação de arte: Wilson Gazzoni Agostinho

Edição de arte: Adriana Santana, Clayton Renê P. Soares, Eliazar Alves Cavalcanti Junior

Editoração eletrônica: Teclas editorial

Edição de infografia: Giselle Hirata, Priscilla Boffo

Coordenação de revisão: Elaine C. del Nero

Revisão: Equipe Moderna, Cecília Kinker, Nancy H. Dias, Renato da Rocha, Viviane T. Mendes

Coordenação de pesquisa iconográfica: Luciano Baneza Gabarron

Pesquisa iconográfica: Márcia Mendonça

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)

Lopes, Sônia
Ciências da natureza : Lopes & Rosso / Sônia Lopes, Sergio Rosso ; editora responsável Maíra Rosa Carnevalle. -- 1. ed. -- São Paulo : Moderna, 2020.

Conteúdo: Evolução e universo -- Energia e consumo sustentável -- Água, agricultura e uso da terra -- Poluição e movimento -- Corpo humano e vida saudável -- Mundo tecnológico e ciências aplicadas
Bibliografia.

1. Biologia (Ensino médio) 2. Física (Ensino médio) 3. Química (Ensino médio) I. Rosso, Sergio. II. Carnevalle, Maíra Rosa. III. Título.

20-36704 CDD-373.19

Índices para catálogo sistemático:

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

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

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

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

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

MODERNA

Apresentação

Conversando com você, *estudante*,

Estamos vivenciando um momento sem precedentes de integração mundial e de produção e fluxo de informação, promovidos principalmente pelo uso disseminado de tecnologias da comunicação. Nesse cenário, as contribuições das Ciências da Natureza e suas Tecnologias ganham ainda mais importância, trazendo novos dados acerca dos fenômenos naturais e novas interpretações daquilo que já conhecíamos, desvendando fronteiras tecnológicas cada vez mais amplas.

Diante dessa realidade, almejamos uma educação de qualidade amplamente acessível a jovens como você, pautada em dados científicos e no desenvolvimento de senso crítico, fornecendo instrumentos para que você faça escolhas conscientes a fim de melhorar a sua qualidade de vida e a das demais pessoas. Afinal, entender a natureza nos possibilita adotar posturas mais adequadas diante dos enormes desafios do mundo atual.

Por meio desta coleção, vamos analisar como a Química, a Física e a Biologia e suas tecnologias estão integradas na resolução de problemas reais. Nosso objetivo é que você encontre o estímulo para despertar seu olhar para a natureza de modo crítico, analítico, ético e responsável. Para isso, selecionamos temáticas atuais e relevantes que serão abordadas à luz dessas ciências ao longo de cada uma das unidades. Com essas escolhas, procuramos valorizar o desenvolvimento de competências e habilidades fundamentais para sua formação como indivíduo e cidadão de um mundo em constante transformação.

Assim, convidamos você a desfrutar do prazer de abrir os olhos e desvendar a beleza que é entender a natureza e fazer parte dela.

Com carinho,

Os Autores.

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

MODERNA

Conheça seu livro

Esta obra está dividida em Unidades que abrangem diferentes tópicos e seções. Veja e entenda, a seguir, a estrutura do seu livro e o propósito de cada parte dele.

Por que ordenamos a Unidade dessa forma?

Apresenta os conteúdos de cada componente curricular da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias trabalhados na Unidade, evidenciando as relações entre eles e a temática da Unidade, bem como os objetivos de aprendizagem pretendidos.

Abertura de Unidade

Imagens e texto convidam você a conhecer uma problemática atual e interdisciplinar que servirá de desencadeador de ideias a serem trabalhadas na Unidade.

Pense nisso!

Questões que ajudam a estabelecer relações entre o que você já sabe e o que será estudado.



Por dentro da BNCC

Relação das competências gerais e das habilidades definidas na BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e outras áreas do conhecimento que foram mobilizadas na Unidade e em cada um dos Temas e das seções.

Tema

Cada Unidade é dividida em um número variável de Temas, nos quais os conteúdos foram selecionados e organizados para possibilitar sua compreensão e atuação sobre a problemática apresentada na abertura da Unidade.



Termos e conceitos

Os termos e os conceitos importantes estão destacados em negrito no texto.

Videotutorial

- Assista ao videotutorial com orientações sobre o volume.

Os videotutoriais apresentam informações sobre o volume.

O **Boxe +** é composto de informações complementares, principalmente das concernentes a aspectos das culturas tradicionais, como as indígenas e as quilombolas.

O **Bloco de notas** traz as definições de grandezas e suas unidades de medida, além de valores de referência diversos.

Fique por dentro

Fonte de ouro e régua do Universo

ZORZETTO, R. *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, n. 261, nov. 2017.

Aprenda sobre a formação de elementos químicos com maior número de prótons que o ferro a partir da colisão de estrelas de nêutron. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/fonte-de-ouro-e-regua-do-universo/>. Acesso em: 28 ago. 2020.

Fique por dentro

Sugestões comentadas de recursos complementares que vão ajudar você a ampliar seus conhecimentos e se aprofundar nos conteúdos abordados no Tema.

MODERNA

Prática investigativa

Prática investigativa

Propostas de atividades para você investigar situações, construir modelos, interpretar resultados e até planejar os próprios experimentos, considerando a segurança e o descarte ambientalmente correto dos resíduos.

Atividades

Atividades

Uma seleção de atividades – a maioria desenvolvida especialmente para este livro, mas incluindo também questões de vestibulares de todo o país – ajuda a revisar, aplicar, aprofundar e até expandir os conceitos estudados no Tema.

Reflita sobre seu aprendizado!

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

Reflita sobre seu aprendizado

Momento de identificar as compreensões alcançadas por você e os aspectos de cada Tema que ainda precisam ser mais bem trabalhados.

Reflexões sobre a ciência

Reflexões sobre a ciência

Seção destinada a abordar aspectos da natureza da ciência e dos procedimentos científicos, desenvolvendo também a leitura inferencial.

Pensamento crítico e argumentação

Pensamento crítico e argumentação

Com diferentes propostas de análise de situações cotidianas, esta seção ajuda você a desenvolver o senso crítico e a argumentação – habilidades características da prática científica tão necessárias no contexto atual das *fake news*.

Valores e atitudes

Valores e atitudes

Atividades contextualizadas que ajudam você a refletir, à luz dos novos conhecimentos construídos, acerca de suas atitudes diante de diversas situações, propondo intervenções pessoais e mudanças de postura.

Comunicação

Comunicação

Propostas de atividades em grupo que ajudarão você a desenvolver a criatividade, a atitude cidadã e as habilidades de comunicação e trabalho em equipe. Nelas, você produzirá material relevante ao seu contexto local, com base nos conhecimentos construídos ao longo da Unidade, e o divulgará para a comunidade por meio de tecnologias de informação e comunicação (TICs).

Revise e amplie!

Revise e amplie!

É o momento para você refletir sobre seu aprendizado, reconhecer conceitos da Unidade que ainda precisam ser mais bem trabalhados, além de buscar aprofundar a aprendizagem sobre a temática, identificando novos aspectos a serem estudados.



Este ícone indica momentos propícios para você retomar o infográfico ***Segurança no laboratório***, presente no início de cada volume.

MODERNA

Sumário

UNIDADE 1

Explorando o Universo e a vida 10

Tema 1 **Cosmologia** 12

Como tudo começou? A teoria do Big Bang 13

Modelo cosmológico padrão: matéria escura e energia escura 13

Partículas elementares 14

Lei Hubble-Lemaître e a expansão do Universo 14

Cosmologia: visão clássica de Newton *versus* visão relativística de Einstein 15

Relatividade restrita 16

Noções de relatividade geral: o espaço-tempo e a teoria de gravitação de Einstein 17

Atividades 19

Tema 2 **A formação dos átomos** 21

A fusão nuclear e a formação dos núcleos atômicos 21

Constituição atômica 22

Massa atômica e abundância isotópica 23

Espectros atômicos 24

Tabela periódica e configuração eletrônica 25

A organização da tabela periódica 25

Distribuição eletrônica por níveis de energia 27

Distribuição eletrônica por subníveis de energia 28

Propriedades periódicas 29

Atividades 30

Tema 3 **Evolução estelar e o Sistema Solar** 32

Cores das estrelas 32

Nascimento e fonte da energia das estrelas 33

Morte das estrelas 34

Buracos negros 36

Surgimento do Sistema Solar 36

Modelos geocêntrico e heliocêntrico 36

Características do Sistema Solar 37

Formação do Sistema Solar 38

Exploração do Sistema Solar 39

Zona habitável 41

Vida na Terra 42

Atividades 42

Tema 4 **A química da vida** 44

Formação de moléculas 44

Modelo de ligação química de Lewis 44

Teoria da ligação de valência 45

Ligação covalente 45

Fórmulas químicas e representação de moléculas 46

A água como solvente 48

Polaridade das ligações covalentes 49

Geometria molecular 50

Polaridade das moléculas 51

Interações intermoleculares 52

Propriedades da água em fase líquida 53

De moléculas a células 54

Atividades 55

Tema 5 **Origem e evolução da vida na Terra** 57

Teorias da origem da vida 57

Os experimentos de Redi 57

Controvérsia entre Needham e Spallanzani 58

Os experimentos de Pasteur 59

Indícios dos primeiros seres vivos 60

Como teriam se formado as primeiras células? 61

Evolução da célula 62

Surgimento dos multicelulares eucariontes 64

Boxe + ... 66

Dinâmica da Terra e a evolução biológica 66

As ideias de Lamarck 67

As ideias de Darwin e Wallace 68

Prática investigativa – Jogo presa-predador 68

Exemplos de seleção natural 70

Evidências da evolução 72

Fósseis 72

Homologia 73

Órgãos ou partes do corpo vestigiais 73

Evidências moleculares 74

Embriologia comparada 74

Atividades 74

Reflexões sobre a ciência 77

Pensamento crítico e argumentação 78

Comunicação 81

Revise e amplie! 81

MODERNA

UNIDADE 2

Humanos, metais e máquinas 82

Tema 1 Evolução humana 84

A espécie humana e sua linhagem evolutiva 84
Classificação dos primatas 84
Evolução dos Hominini e do gênero *Homo* 85
Eventos evolutivos 87
Dispersão pelo mundo todo 89
A colonização das Américas 90
A diversificação fenotípica do *Homo sapiens* 91
Atividades 91

Tema 2 Populações e comunidades 94

Prática investigativa – Superpopulação é um problema? 94
Conceitos de população e comunidade 95
Propriedades de uma população 96
Tamanho populacional 96
Dinâmica populacional: conceitos e taxas 96
Fatores que afetam o crescimento populacional 98
Estrutura etária 98
Ecologia das comunidades 99
Distribuição de abundâncias 99
Biodiversidade 100
Dinâmica de comunidades: sucessão ecológica 100
Interferência humana nas mudanças do planeta 101
O que é o Antropoceno? 101
Quando se iniciou o Antropoceno? 102
Atividades 102

Tema 3 Metais e seus minérios 105

Minerais e minérios 105
Metais e a tabela periódica 107
Lantanídeos e actinídeos 107
Ligação iônica 108
Formação de íons e estabilidade energética 108
Os íons e a tabela periódica 110
Íons poliatômicos e íons complexos 110
Propriedades dos compostos iônicos 110
Ligações metálicas 111
Propriedades dos metais 111
Ligas metálicas 111
Beneficiamento de minérios 112
Técnicas de separação de misturas 112
Processos metalúrgicos e terras-raras 113
Atividades 114

Tema 4 Processos metalúrgicos extrativos 116

Fundamentos das reações de oxirredução 116
Pirometalurgia 117
Pirometalurgia do ferro 117
Hidrometalurgia 119
Hidrometalurgia do cobre 119
Eletrometalurgia 119
Eletrólise ígnea: isolando substâncias simples 120
Refino eletrolítico 121
Eletrólise em solução aquosa 121
Aspectos quantitativos da eletrólise 122
Atividades 123

Tema 5 Leis de Newton, máquinas simples e dinâmica do movimento circular 125

O movimento necessita de uma causa? 125
Movimento inercial 125
Primeira lei de Newton 126
Forças 126
Força gravitacional ou peso 126
Força normal 127
Força de tração 127
Força de atrito 127
Força elástica 129
Segunda lei de Newton 130
Terceira lei de Newton 132
Máquinas simples 132
Polia fixa 132
Polia móvel 133
Plano inclinado 133
Movimento circular 135
Atividades 136

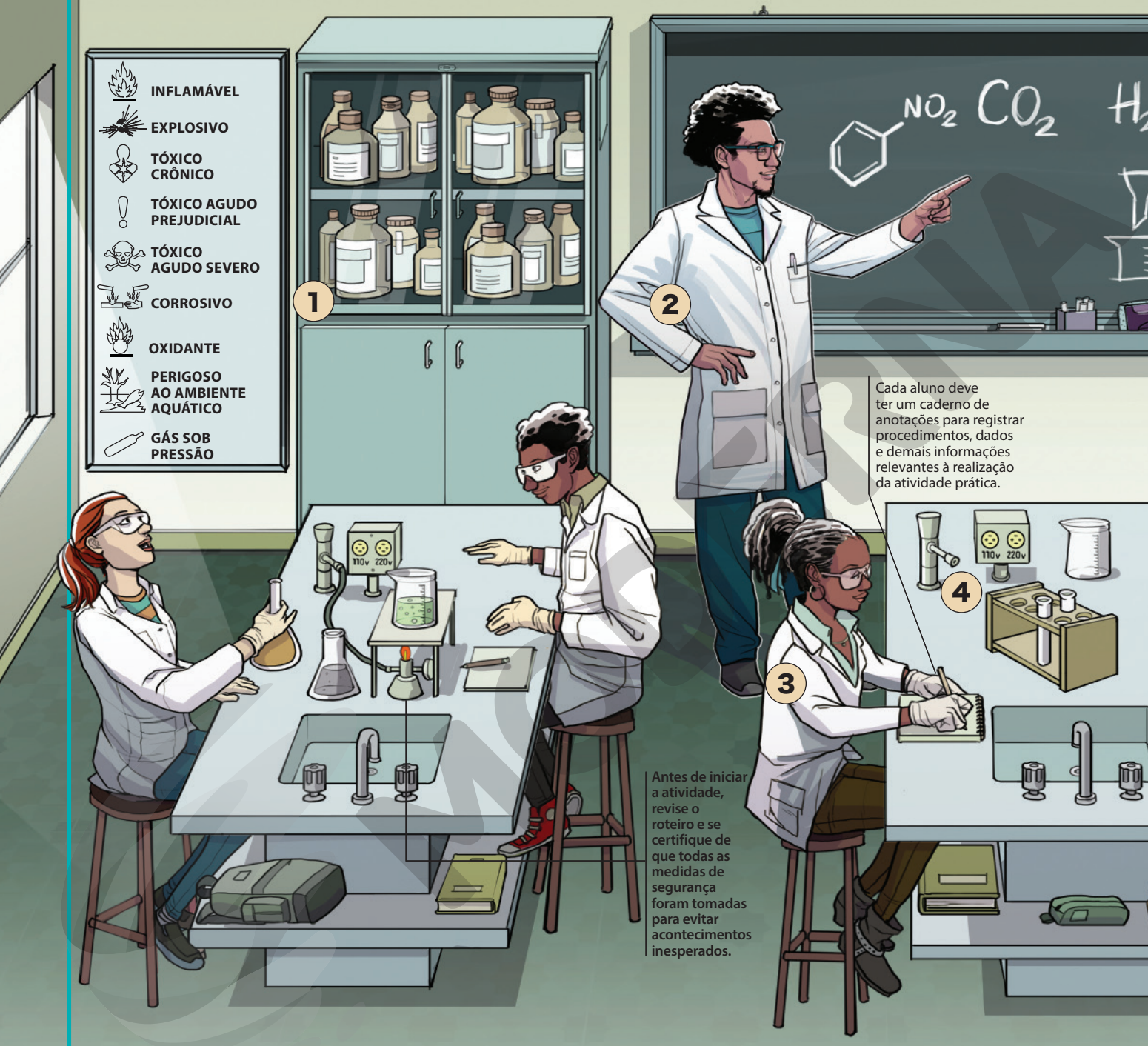
Tema 6 Equilíbrio 138

Equilíbrio 138
Corpo extenso e ponto material 139
Equilíbrio de um ponto material 140
Momento de uma força 141
Vantagem mecânica 142
Equilíbrio de um corpo extenso 142
Alavancas 143
Atividades 145
Reflexões sobre a ciência 147
Pensamento crítico e argumentação 148
Valores e atitudes 150
Revise e amplie! 151
Tabela periódica 152
Tabela para consulta 153
Respostas 154
Por dentro da BNCC 155
Bibliografia 159

EM MODERIA

Segurança no laboratório

Seja no laboratório, seja na sala de aula, qualquer atividade prática deve ser realizada respeitando as normas básicas de segurança.



1 Armário de reagentes
É fundamental verificar os símbolos e as informações presentes nos rótulos dos frascos de reagentes e nas fichas de informações de segurança (FISPQ) que devem acompanhar os produtos químicos.

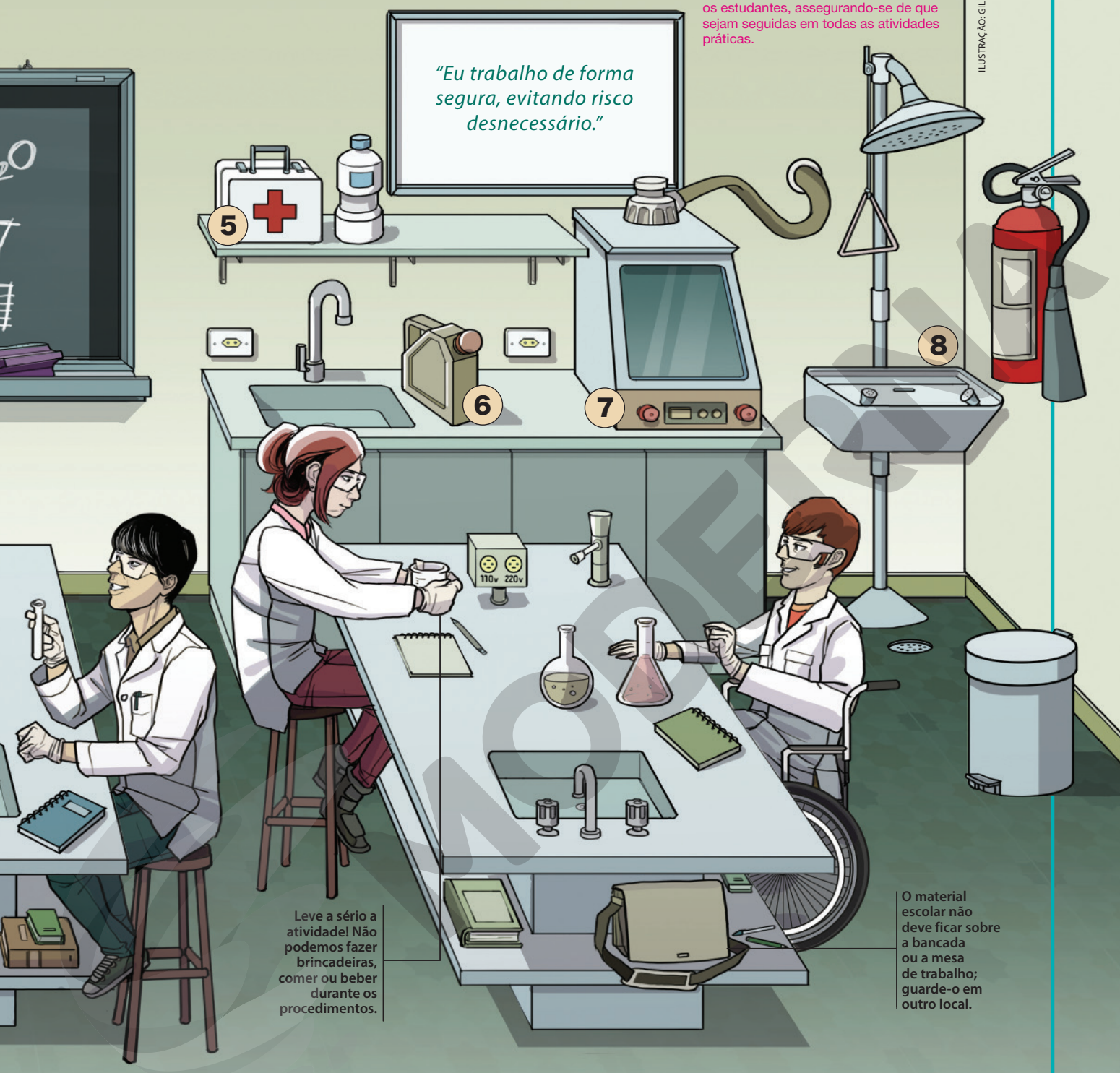
2 O que fazer?
Devemos prestar muita atenção às explicações do professor antes de iniciar uma atividade prática. Se mesmo assim houver dúvidas ou acontecer algum imprevisto, comunique-o imediatamente.

3 Proteja-se
O uso de roupas e equipamentos de proteção adequados é obrigatório durante a atividade prática. Devemos usar calças compridas, calçados fechados, avental, óculos de proteção e, em alguns casos, luvas. Cabelos longos devem ser presos.

4 Fonte de gás e de eletricidade
Verifique a voltagem de equipamentos elétricos antes de ligá-los e não manipule substâncias inflamáveis próximo de chamas. Ao final, certifique-se de ter desligado os aparelhos e fechado as saídas de gás.

Consulte as orientações de segurança detalhadas na seção *Segurança nas atividades práticas* do **Suplemento para o Professor** e divulgue-as para os estudantes, assegurando-se de que sejam seguidas em todas as atividades práticas.

ILUSTRAÇÃO: GIL TOKIO



5 Primeiros socorros
Em caso de acidente, comunique ao professor imediatamente. As substâncias envolvidas deverão ser informadas para orientar o socorro. Lembre-se dos telefones de emergência: 192 (Samu) e 193 (Corpo de Bombeiros).

6 Descarte de resíduos
Alguns resíduos gerados durante as atividades devem ser tratados antes de serem descartados ou lançados à rede de esgoto. Esses resíduos devem ser separados em recipientes adequados para posterior tratamento.

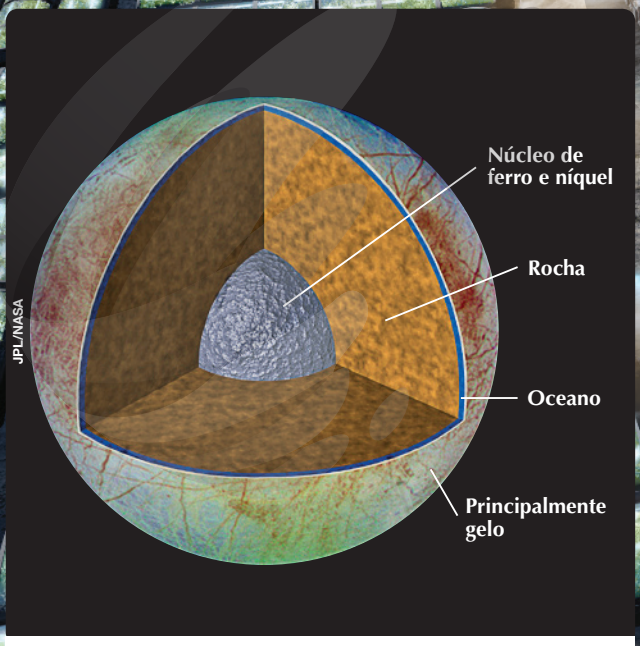
7 Capela de exaustão
Esse equipamento de proteção coletiva é usado para manipular as substâncias tóxicas e as reações químicas que podem liberar gases ou vapores tóxicos. O sistema de exaustão impede a passagem desses vapores para o interior do laboratório.

8 Lava-olhos e chuveiro
Esse equipamento de proteção coletiva deve ser utilizado se produtos químicos entrarem em contato com os olhos ou com o corpo. Sob orientação do professor, lave o local atingido com água em abundância.

MODELO

UNIDADE

1 Explorando o Universo e a vida



JPL/NASA

Fonte: NASA. Jet Propulsion Laboratory. *Interior of Europe*. Disponível em: <https://europa.nasa.gov/resources/113/interior-of-europa/>. Acesso em: 6 mar. 2020.

A imagem menor, à esquerda, retrata um modelo da estrutura interna de Europa, um dos quatro principais satélites naturais de Júpiter, feito a partir de dados sobre gravidade e campo magnético obtidos pela sonda Galileo entre 1995 e 2003. Uma das características mais marcantes desse satélite é a presença de água. Estima-se que Europa tenha cerca do dobro da quantidade de água que existe na Terra, mesmo sendo um pouco menor que a Lua. Mais interessante ainda é que há fortes evidências de que haja água em fase líquida abaixo da crosta de gelo, embora o satélite esteja distante do Sol, apontando a existência de alguma fonte interna de energia. Todas essas características transformaram Europa em um importante campo de estudo da Astrobiologia nos últimos anos. Atualmente, encontra-se em execução pela agência espacial norte-americana (Nasa) a missão Juno: a sonda foi lançada em 2011 e está desde 2016 orbitando Júpiter com a tarefa de trazer informações do planeta gasoso e seus satélites. É por meio de missões como essas que se obtêm as informações necessárias para estimar a probabilidade de encontrar vida como nós a conhecemos em outros pontos do Universo e de colonizar outros corpos celestes, como está idealizado na imagem de fundo.

Fonte: TBC Mars (Teslarati). Disponível em: <https://www.teslarati.com/tbc-mars-teslarati-2/>; Simulated View from Europa's Surface. *Jet Propulsion Laboratory – Caltech*. Disponível em: <https://europa.nasa.gov/resources/34/simulated-view-from-europas-surface/>. Acessos em: 15 maio 2020.

ORLY WANDERS

- Analise os elementos da página anterior traçando um comparativo entre Europa e a Terra. Com base nele, indique que características deveriam ser observadas e analisadas nas missões destinadas a procurar por vida, tal como a conhecemos, ou possíveis lugares para o estabelecimento de colônias humanas fora da Terra.

Por que ordenamos a Unidade dessa forma?

Um dos maiores questionamentos da Ciência é a origem do Universo e da vida. Como tudo começou? Quando? Só existe vida na Terra? Há outras formas de vida no Universo? O que explica a diversidade de seres vivos do planeta? Quais são os prós e os contras do investimento em pesquisa espacial? Essas perguntas são tão amplas que a busca por respostas abrange a união dos esforços de diversas áreas da pesquisa. Nesta Unidade, vamos analisar alguns desses avanços. O Tema 1 trata da teoria da origem do Universo e das leis físicas que o governam. O Tema 2 discute a formação dos átomos e as características dos elementos químicos. O Tema 3 aborda a evolução estelar e a fonte de energia das estrelas, além do surgimento e da estrutura do Sistema Solar e suas relações com a busca de vida fora da Terra. O Tema 4 trata da formação de moléculas e o papel do solvente água no surgimento das primeiras células. O Tema 5 apresenta as teorias de origem da vida, além de introduzir a evolução dos seres vivos. Ao final da Unidade, propõe-se uma reflexão sobre a artificialidade da distinção entre pesquisa básica e pesquisa aplicada, o valor atribuído aos investimentos em exploração espacial em função dos benefícios trazidos para a sociedade e o uso do pensamento computacional como estratégia na resolução de problemas.

Assim, os objetivos gerais desta Unidade são:

- Compreender que as formas de vida que observamos hoje em nosso planeta, assim como as que esperamos encontrar em nossas explorações espaciais, são resultado de um longo processo natural e espontâneo que ocorreu com crescente ganho de complexidade e foi regido pelas leis da Física e da Química.
- Investigar os níveis de complexidade da organização da matéria, desde a combinação das partículas elementares na origem do Universo até o surgimento dos organismos eucariontes na Terra, passando pela formação de estruturas moleculares em processos que dependem das condições ambientais como temperatura e presença de água, assim como da caraterística de polaridade desse solvente.

Pense nisso!

Registre em seu caderno

Tema 1. Quais são as características do satélite natural Europa semelhantes às de um planeta do Sistema Solar?

Tema 2. Como você explica a necessidade de os cientistas proporem diferentes modelos para a constituição da matéria ao longo dos anos?

Tema 3. Todas as estrelas nascem, modificam-se e morrem. O Sol, estrela do nosso Sistema, também. Considerando as etapas de evolução de uma estrela, o que você acredita que acontecerá com a vida na Terra com a morte do Sol?

Tema 4. Ao investigar corpos celestes, busca-se por água em estado líquido como um dos indícios da possível presença de vida. Por quê?

Tema 5. De acordo com o que se sabe, as características da Terra e as formas de vida permaneceram as mesmas desde o surgimento da vida? Justifique.

Por dentro da BNCC

O trabalho com esta Unidade favorece o desenvolvimento das competências e das habilidades citadas a seguir.

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 6; 7; 9; 10

Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competências específicas: 1; 2; 3

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT204; EM13CNT209; EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT304; EM13CNT307; EM13CNT308

Área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Competências específicas: 1; 2

Habilidades: EM13CHS103; EM13CHS206

Área de Matemática e suas Tecnologias

Competência específica: 4

Habilidade: EM13MAT405

Área de Linguagens e suas Tecnologias

Competência específica: 1

Habilidades: EM13LGG103; EM13LP16; EM13LP22; EM13LP43

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

MODERNA

TEMA 1

Cosmologia

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 5; 6
Habilidades: EM13CNT201; EM13CNT204; EM13CNT301



S. BRUNIER/(CC BY 4.0)/ESO

FOTO MAIOR: BRUNIER/(CC BY 4.0)/ESO; FOTO MENOR: Y. BELETSKY/(CC BY 4.0)/ESO

Figura 1.1 Os quatro principais telescópios da instalação Very Large Telescope, localizada no deserto do Atacama, Chile (2010). No canto superior direito é possível ver o *laser* que produz o feixe de luz. Esse conjunto de telescópios tem o objetivo de estudar a origem e a evolução do Universo, além de detectar e caracterizar exoplanetas possivelmente habitáveis.

O Universo observável tem bilhões de galáxias, e cada uma abriga bilhões de estrelas. Por sua vez, cada uma dessas estrelas pode ter um sistema planetário. Imagine, então, quantos planetas devem existir no Universo. Esse número tão grande pode nos fazer pensar: será que existem outras formas de vida fora da Terra? Além disso, como o Universo surgiu? Há uma explicação para sua origem? Ele está evoluindo?

As respostas a essas e várias outras perguntas relacionadas ao Universo ainda estão sendo estudadas. Agências espaciais como a National Aeronautics and Space Administration (Nasa), dos Estados Unidos, e a European Space Agency (ESA), uma organização intergovernamental europeia, mantêm alguns equipamentos para esse fim. Em junho de 2019 foi anunciado o mais novo instrumento para detecção de planetas fora do Sistema Solar, ou exoplanetas. Ele foi instalado no complexo Very Large Telescope (**Fig. 1.1**), localizado no Chile e operado pelo European Southern Observatory (ESO), sediado na Alemanha. Esse instrumento tem como objetivo estudar a origem e a evolução do Universo, além de detectar exoplanetas com água líquida em sua superfície em regiões do espaço onde é possível que ela exista, ou seja, as zonas habitáveis. Isso porque a água é uma substância essencial para a manutenção da vida que conhecemos na Terra. O feixe de luz que pode ser visto na **Figura 1.1** é produzido por um *laser* (em destaque, no canto superior direito da imagem), que cria uma "estrela" artificial auxiliando os sistemas ópticos a compensar os efeitos de distorção causados pela atmosfera da Terra.

Neste Tema vamos estudar os conceitos e teorias que nos permitem compreender o Universo.

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

Alerte os estudantes de que, na Figura 1.2, há um diagrama que representa a evolução do Universo e que cada seção, conforme apontam os fios, indica o que aconteceu ao longo do tempo.

Como tudo começou? A teoria do Big Bang

A **teoria do Big Bang** é atualmente a mais aceita para explicar o surgimento do Universo. Apesar de existirem algumas questões que ela não elucida totalmente, todas as previsões matemáticas e medidas observacionais realizadas até hoje a corroboram. De acordo com essa teoria, o Universo surgiu de uma **singularidade**, ou seja, algo muito pequeno equivalente ao conceito geométrico de um ponto, que não tem dimensão. Ela continha em si todo o conteúdo de matéria e energia do Universo, em um estado inicial de densidade e temperatura muito alto.

Essa singularidade passou então por um processo de expansão (**Fig. 1.2**) inicialmente muito rápido, dando origem ao espaço-tempo e a todo o Universo como hoje o conhecemos. De maneira simplificada, podemos entender a evolução do Universo em cinco fases: o Universo primitivo, a era da luz, a era das trevas, o Universo atual e o futuro distante.

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

CRIS ALENCAR

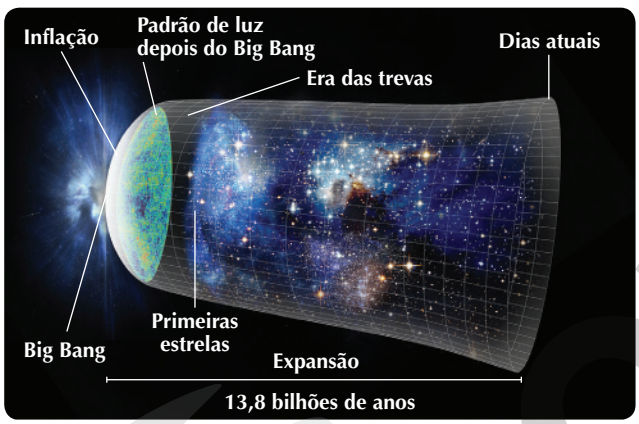


Figura 1.2 Diagrama com a representação temporal do Universo, desde o seu surgimento (Big Bang) até os dias atuais. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Vejamos uma descrição com mais detalhes de cada uma dessas fases.

Universo primitivo: essa fase incluiu o primeiro picossegundo do Universo, ou seja, tudo o que aconteceu entre o Big Bang e a fração de tempo de 10^{-12} s. Foi durante esse período que ocorreu a inflação do Universo e a separação das quatro forças elementares da Física: fraca, forte, eletromagnética e gravitacional.

Era da luz: essa fase durou pouco menos de 400 mil anos. A maior parte da energia do Universo nesse período era composta de radiação em vez de matéria. Alguns núcleos atômicos, constituídos de prótons e nêutrons, se formaram nos primeiros dois minutos, a maioria composta de hidrogênio, seguido por deutério, hélio e alguns traços de lítio e berílio (inferiores a 1%). Todos os outros átomos representados na tabela periódica foram formados posteriormente, em outra fase, no núcleo de estrelas, no processo de morte delas ou por impactos de raios cósmicos.

Era das trevas: esse período se iniciou logo após a era da luz e durou aproximadamente 1 bilhão de anos. Nessa fase, o Universo esfriou o bastante para que se formassem átomos neutros, ou seja, com os elétrons se juntando aos núcleos atômicos. Com isso, os fótons ("pacotes" individuais de radiação eletromagnética) conseguiram percorrer distâncias bem maiores sem que fossem desviados pela matéria. Os átomos formados nesse período (hidrogênio, deutério, hélio, lítio e berílio) emitiram uma radiação, chamada de **radiação cósmica de fundo**. O mais incrível é que os astrônomos conseguiram observar essa radiação. É a evidência mais forte que sustenta a teoria do Big Bang. No final da era das trevas surgiram as primeiras galáxias e os primeiros aglomerados de galáxias. O Universo começou a adquirir uma estrutura similar à que observamos hoje.

Universo atual: é o período que se inicia após o primeiro bilhão de anos e se estende até os dias de hoje. Tem idade estimada em 13,8 bilhões de anos. Ao longo desse intervalo de tempo não houve mudanças drásticas na estrutura do Universo como um todo. Ele permanece em expansão, embora em uma escala menor; estrelas nascem, evoluem e morrem; átomos com maior número de prótons que o hélio são continuamente criados nos interiores estelares; e galáxias evoluem, mas sem mudar a conformação do Universo como o conhecemos e conseguimos explicar.

Futuro distante: não sabemos como será o futuro distante do Universo. Componentes importantes como a matéria escura, e principalmente a energia escura, que veremos mais adiante, ainda são pouco conhecidos. Cenários vindouros ainda são verdadeiros mistérios.

Modelo cosmológico padrão: matéria escura e energia escura

A Cosmologia é a área da Astronomia que estuda a origem, a estrutura e a evolução do Universo. Ela segue um modelo padrão que trata o Universo em grande escala, chamado de **ΛCDM**; CDM é a abreviação em inglês para matéria escura fria (*cold dark matter*).

A matéria escura é um componente ainda pouco conhecido, porém extremamente relevante para descrever o funcionamento do Universo. Ela recebe esse nome porque nós não conseguimos enxergá-la. Ela não emite nenhuma radiação eletromagnética, como a luz, nem interage com ela. Mas sabemos que existe, pois exerce força gravitacional do mesmo jeito que a matéria que conhecemos. Quando realizam cálculos acerca do movimento de estrelas, galáxias ou aglomerados de galáxias, os astrônomos conseguem estimar a massa dentro de uma determinada região, no entanto esse valor nunca bate com a massa luminosa observável. Como não sabem de que se trata nem são capazes de enxergar essa matéria,

MODERNA



HO/CARNEGIE INSTITUTION OF WASHINGTON/AFP

Figura 1.3 A astrônoma Vera Cooper Rubin (1928-2016) comprovou a existência da matéria escura (Carnegie Institution for Science, 1970).



©HUMOR COM CIÊNCIA WILLIAN RAPHAEL SILVA

Figura 1.4 Na tirinha, o bugio Caco concluiu de modo indireto que o tucano Tuca roubou suas goiabas.

eles criaram o termo **matéria escura**. Ela é a responsável por exercer a atração gravitacional extra necessária para explicar o movimento de estrelas e galáxias. Portanto, a matéria escura é determinada de forma indireta, ou seja, sua detecção não é feita observando diretamente a matéria escura, mas sim outras partículas que indicam a sua existência. A tirinha **(Fig. 1.4)**, por exemplo, mostra como o bugio Caco chegou a uma conclusão de forma indireta. A existência da matéria escura foi provada em 1978 pela astrônoma estadunidense Vera Cooper Rubin (**Fig. 1.3**).

Outro elemento importante do modelo cosmológico padrão é a **energia escura**. Do mesmo modo que a matéria escura, a energia escura é um componente do Universo cujos efeitos são observáveis, porém sua natureza ainda é desconhecida. Sabemos que o Universo está se expandindo com uma velocidade acelerada, e foi dado o nome de energia escura à energia responsável por essa aceleração.

Além disso, não sabemos se existe uma relação entre a matéria escura e a energia escura. Elas podem ser fenômenos totalmente independentes.

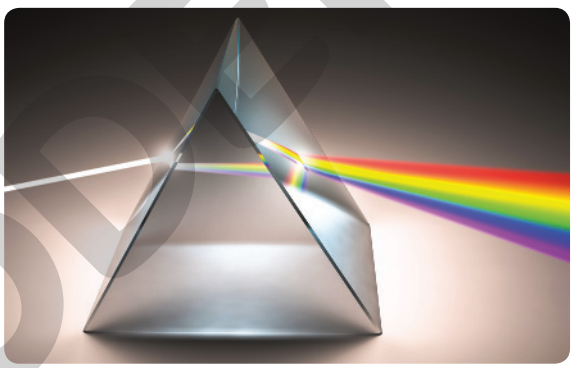
O modelo cosmológico padrão indica que cerca de 68% do Universo é composto de energia escura, aproximadamente 27% é composto de matéria escura e apenas 5% é composto da matéria que conhecemos, ou seja, tudo o que conseguimos observar, como planetas, estrelas, galáxias etc.

Partículas elementares

De acordo com o chamado modelo padrão, toda a matéria que conhecemos no Universo, ou seja, os 5% que podemos observar, é composta de três tipos de partículas elementares: *quarks*, léptons e partículas mediadoras. *Quarks* são partículas que podem se combinar para formar prótons e nêutrons, por exemplo – os prótons e nêutrons são formados por três *quarks*. Já um exemplo de lépton são os elétrons. E, quando as partículas elementares interagem entre si – pois, como vimos, elas podem se combinar formando prótons ou nêutrons –, temos as partículas mediadoras, responsáveis por essas interações. A interação eletromagnética, por exemplo, tem como partícula mediadora o fóton.

Lei Hubble-Lemaître e a expansão do Universo

A luz, que é uma radiação eletromagnética, pode ser decomposta em uma distribuição de frequências ou comprimentos de onda chamada de espectro eletromagnético. Nós conseguimos fazer essa decomposição passando a luz branca através de um prisma (**Fig. 1.5**), por exemplo.

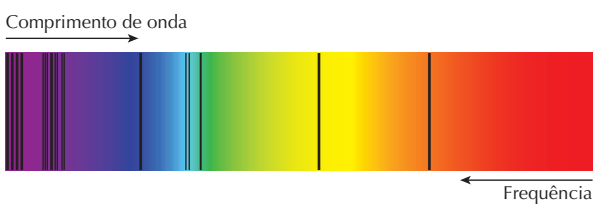


KTSIMAGE/ISTOCK PHOTOS/GETTY IMAGES PLUS

Figura 1.5 Luz branca atravessando um prisma e sendo decomposta nas cores do arco-íris.

Por meio do espectro, podemos obter informações relacionadas à temperatura do corpo que está emitindo a radiação, ou até mesmo de sua composição química.

Quando observamos o espectro de uma estrela, vemos um espectro contínuo com todas as cores e, sobrepostas a ele, várias linhas escuras de absorção (**Fig. 1.6**). Entretanto, se a estrela estiver se aproximando da Terra, essas linhas espectrais acabam sendo deslocadas para comprimentos de onda menores, ou seja, para o lado azul do espectro visível, e por isso esse efeito é chamado de **desvio para o azul**.



NELSON MATSUDA

Figura 1.6 Espectro de absorção do Sol.

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

MODERNA

Efeito similar ocorre no caso das estrelas que estão se afastando da Terra, com a diferença de que os comprimentos de onda observados são maiores do que aqueles esperados. Portanto, o efeito é classificado como **desvio para o vermelho**. Mais detalhes sobre espectroscopia serão vistos no Tema 2.

Dados observacionais obtidos desde a década de 1920 de objetos fora da nossa galáxia mostravam desvios significativos para o vermelho. Observações posteriores comprovaram esses resultados e revelaram que esse desvio aumentava quanto mais distante estava o objeto.

Ainda na década de 1920, o padre e astrônomo belga Georges Lemaître (1894-1966) explicou que os desvios para o vermelho aconteciam porque o Universo estava se expandindo. Ao se expandir, todos os corpos do Universo que não estão ligados gravitacionalmente se afastam uns dos outros e, portanto, é possível observar o desvio para o vermelho em seus espectros.

O trabalho de Lemaître não foi bem divulgado para os outros astrônomos do mundo, pois foi publicado em francês e em uma revista científica com pouca repercussão. Alguns anos mais tarde, o astrônomo estadunidense Edwin Powell Hubble (1889-1953) apresentou um artigo com conclusões semelhantes às de Lemaître. Porém, como publicou em inglês e em uma revista bem conhecida no meio acadêmico, os créditos do estudo acabaram sendo atribuídos somente a ele. Tornou-se então conhecida a chamada lei de Hubble, que em 2018 foi renomeada pela União Astronômica Internacional como **lei Hubble-Lemaître**, expressa por:

$$v = H_0 D$$

em que v representa a velocidade em km s^{-1} de afastamento do objeto, H_0 é um valor constante, conhecido como constante de Hubble, e D indica a distância entre o observador e o objeto, dada usualmente em Mpc (megaparsec). O valor da constante de Hubble mudou ao longo das últimas décadas e depende de parâmetros ainda não bem estabelecidos. Atualmente, o valor utilizado e que se encontra em concordância com as observações de grandes telescópios é de $H_0 = 74$ km s^{-1} Mpc^{-1}.

O **parsec (pc)** é uma unidade de medida de distância usada em Astronomia que possui a seguinte correspondência: 1 pc $\simeq 3 \cdot 10^{16}$ m ou 1 Mpc $\simeq 1 \cdot 10^{6}$ pc. Outra unidade de medida muito usada é o **ano-luz**, que corresponde à distância percorrida pela luz em um ano: 1 ano-luz $\simeq$ $\simeq$ 9,5 trilhões de km. Portanto, a correspondência entre o parsec e o ano-luz é: 1 pc $\simeq$ 3,26 anos-luz.

Com base nessas correspondências e na distância de aproximadamente 99 parsecs entre a Terra e a estrela de Magalhães, a mais brilhante do Cruzeiro do Sul, quanto tempo um fóton emitido por essa estrela demora para chegar à Terra?

A luz, no vácuo, viaja a uma velocidade constante. Logo, considerando o meio entre as estrelas como vácuo, podemos dizer que a distância da estrela de Magalhães em anos-luz indica um valor direto de quanto tempo a radiação emitida por ela demora para chegar à Terra. Sabendo que 1 parsec equivale a aproximadamente 3,26 anos-luz, temos:

$d = 99 \cdot 3{,}26 \therefore d \simeq 323$ anos-luz

Ou seja, um fóton emitido pela estrela de Magalhães demora em torno de 323 anos para chegar à Terra.

Cosmologia: visão clássica de Newton *versus* visão relativística de Einstein

Em 1687, o físico inglês Isaac Newton (1643-1727) compôs, com base nos trabalhos de cientistas que o antecederam, uma lei para explicar o movimento dos astros, baseada na gravidade. Newton universalizou o conceito de gravidade determinando que a força que puxa um objeto para o centro da Terra tem a mesma natureza da força que mantém a Lua em órbita em torno da Terra, chamada de **força gravitacional**. O modelo de Newton, válido até os dias atuais, foi generalizado pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955), em 1915.

Quando pensamos em como descrever o movimento de diferentes corpos que estão sob efeito da força gravitacional, é natural considerarmos o trabalho de Newton. Porém, quando tratamos de escalas muito pequenas (como na Física Quântica) ou muito grandes (como no Universo em larga escala), precisamos tomar alguns cuidados.

O estudo da Cosmologia parte de um princípio fundamental, chamado de **princípio cosmológico**. De acordo com ele, observadas em escalas suficientemente grandes, as propriedades do Universo são as mesmas em qualquer região.

Pode parecer uma afirmação simples, porém várias implicações importantes derivam do princípio cosmológico, por exemplo:

- As leis da Física devem ser as mesmas em qualquer região do Universo.
- As distribuições de matéria e energia, em larga escala (escalas maiores do que 250 milhões de anos-luz), devem ser as mesmas.
- O Universo não tem bordas e, portanto, também não tem um centro.

Quando tentamos aplicar as leis desenvolvidas por Newton para o Universo em grande escala, deparamos com alguns problemas. Isso não quer dizer que Newton estivesse errado, ou que suas equações não sejam válidas. Podemos considerar as leis de Newton como aproximações muito boas para explicar fenômenos físicos em situações em que:

- A velocidade relativa entre o observador e o objeto observado seja pequena (isto é, muito inferior a 0,001% da velocidade da luz).
- A escala considerada seja pequena (isto é, muito inferior a 0,001% do tamanho de um ano-luz).

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

MODERNA

Para escalas maiores do que essas, as leis de Newton precisam de um fator de correção que foi desenvolvido por Einstein (**Fig. 1.7**) em sua teoria da relatividade restrita e geral, conforme veremos a seguir. Já nas escalas de tamanho às quais estamos acostumados na Terra, e para objetos que viajam nas velocidades a que estamos habituados em nosso planeta, essa correção de Einstein é absolutamente desprezível, o que nos permite continuar aplicando as equações de Newton mesmo quando estamos tratando do movimento de planetas ao redor do Sol.

BETTMANN/COLLABORATOR/GETTY IMAGES

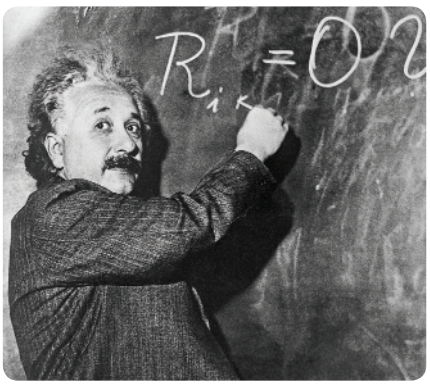


Figura 1.7 Albert Einstein em aula no Instituto de Tecnologia da Califórnia, em 1931. Einstein foi um dos maiores físicos de todos os tempos.

:: Relatividade restrita

Para compreender a teoria da relatividade restrita, vamos imaginar que estamos dentro de um trem em que não há janelas, ou que elas estejam todas fechadas. Sabemos que o meio de transporte está parado em relação ao chão no momento em que entramos nele, e somos capazes de sentir o momento em que ele começa a se mover, já que esse movimento inicial é acelerado.

Ao chegar a determinado valor de velocidade, vamos supor que a aceleração se anule e, portanto, a velocidade, a partir desse momento, se mantém constante. Se o trem não apresentar fricção com os trilhos ou, melhor ainda, se for um trem-bala magnético que desliza perfeitamente sem nenhum tipo de vibração, uma criança que tenha entrado dormindo em um de seus vagões e acorde apenas quando sua velocidade já estiver constante será incapaz de determinar, sem olhar para fora, se o trem está se movimentando ou parado em relação ao mundo externo.

Quando temos dois sistemas referenciais, como o trem e a plataforma do nosso exemplo, ambos com velocidade constante, podemos considerar que qualquer um dos dois está em movimento ou parado sem que haja variação nas equações de movimento. Ou seja, quem estiver dentro do trem pode imaginar que ele está parado e que a Terra está se movimentando abaixo dele.

Um fenômeno curioso pode ser observado quando levamos em conta que a velocidade da luz é constante em um meio homogêneo (c) e que nada pode atingir velocidade superior à da luz, que é de aproximadamente $300.000\ km\ s^{-1}$. Vamos imaginar que o nosso trem esteja viajando rapidamente, muito mais que qualquer trem convencional, e que sua velocidade corresponda à metade da velocidade da luz. Consideremos agora que um fóton de luz esteja sendo emitido pelo farol localizado na parte dianteira do trem (**Fig. 1.8**). Com que velocidade esse fóton seria observado por alguém fora do trem?

NELSON MATSUDA

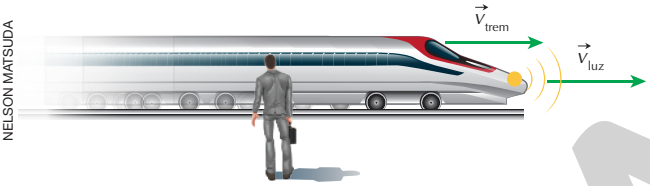


Figura 1.8 Um observador parado na plataforma observa um trem se movimentando com velocidade $\vec{v}_{trem}$ e um fóton emitido a uma velocidade $\vec{v}_{luz}$ pelo farol do trem.

De acordo com a Mecânica clássica, teríamos de somar a velocidade do trem $\left(\vec{v}_{trem}\right)$ à velocidade com que o fóton $\left(\vec{v}_{luz}\right)$ está sendo emitido. Porém, isso implicaria uma velocidade maior que a da luz. Como o fóton é radiação eletromagnética na forma de luz, ele não pode viajar a uma velocidade maior que sua própria velocidade máxima. É por isso que quando começamos a estudar velocidades altas, comparáveis à velocidade da luz, a Física clássica precisa de alguns ajustes.

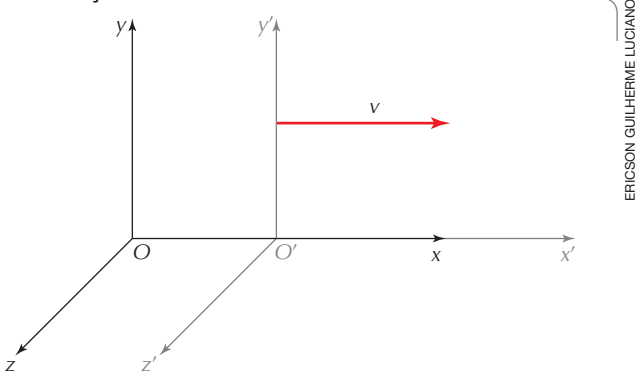
Albert Einstein foi uns dos primeiros físicos a estudar esse tipo de fenômeno, no início do século XX, e elaborou os dois importantes postulados a seguir.

- **Princípio da relatividade:** as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais movendo-se com velocidade constante.
- **Constância da velocidade da luz:** a luz viaja com uma velocidade constante c no vácuo, independentemente da velocidade da fonte de emissão.

Referencial inercial é o referencial de um corpo que continuará em repouso ou em movimento retilíneo uniforme se nenhuma força atuar sobre ele ou se a resultante das forças que atuarem sobre ele for nula.

Figura 1.9 Referenciais se movendo um em relação ao outro

ERICSON GUILHERME LUCIANO



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

MODERNA

Para entender as correções que precisam ser feitas nas leis clássicas da Física quando estamos em uma velocidade alta, vamos imaginar que o referencial *O* apresentado na **Figura 1.9** seja o referencial da pessoa parada na plataforma de trem, e o referencial *O'* seja o referencial do trem, sendo *v* a velocidade entre eles.

Na Mecânica clássica, a transformação para a posição entre os dois referenciais mostrados na **Figura 1.9** seria simplesmente:

$$x = x - vt$$

Mas, para considerarmos os efeitos da relatividade de Einstein, precisamos aplicar o chamado **fator de Lorentz**, dado por:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Assim, a transformação da posição entre os dois referenciais, considerando o fator de Lorentz, é dada por:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

em que *c* representa a velocidade da luz. Podemos observar que, se *v* for desprezível em relação a *c*, essa equação se torna equivalente à transformação clássica de referenciais. Porém, quando o valor de *v* se aproxima do *c*, essa correção passa a ser importante.

Além da coordenada *x*, em que há o componente não nulo da velocidade, a transformação de Lorentz também precisa ser aplicada no tempo, resultando em:

$$t = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Os efeitos da relatividade de Einstein podem também ser levados em consideração se pensarmos em um intervalo de tempo Δt, o que nos dá:

$$\Delta t_{movimento} = \frac{\Delta t_{repouso}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Essa equação representa a **dilatação do tempo**. Isso quer dizer que um intervalo de tempo de 1 s para o observador em repouso é diferente do intervalo de tempo de 1 s para quem está em movimento. No nosso exemplo do trem, quando o relógio do observador na plataforma marcar 10 s, o relógio do passageiro do trem marcará, nesse mesmo intervalo:

$$\Delta t = \frac{10}{1 - (0{,}5c)^2/c^2} \therefore \Delta t \simeq 11{,}5 \text{ s}$$

Logo, é como se o tempo passasse mais devagar para quem está em movimento em altas velocidades.

Já para um comprimento na direção *x*, a transformação de Lorentz é dada por:

$$\Delta x_{movimento} = \Delta x_{repouso} \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Ainda pensando no nosso trem, um adesivo de 1 m de comprimento colado horizontalmente na lateral de um de seus vagões será visto pela pessoa na plataforma, quando o trem estiver em movimento, com a seguinte medida:

$$\Delta x_{movimento} = 1 \cdot \sqrt{1 - (0{,}5c)^2/c^2} \therefore \Delta x_{movimento} \simeq 0{,}87 \text{ m}$$

A equação obtida representa a **contração do espaço**.

Os efeitos da relatividade restrita de Einstein implicam que, para um observador em movimento com uma velocidade comparável à da luz, porém menor que esta, o tempo passará mais devagar (dilatação do tempo) e o espaço percorrido será menor (contração do espaço) que para um observador com referencial de velocidade nula.

Vamos aplicar os conceitos apresentados a uma situação na qual seja possível observar a dilatação do tempo, considerando uma nave que viaje com 90% da velocidade da luz, ou seja, com velocidade de $0{,}9 \cdot c$. Digamos que, para um observador na Terra, um astronauta dentro dessa nave tenha passado um ano viajando. Quanto tempo terá transcorrido de acordo com o referencial do astronauta?

Aplicando a equação de dilatação do tempo, temos:

$$\Delta t = \frac{1 \text{ ano}}{1 - (0{,}9c)^2/c^2} \therefore \Delta t \simeq 2{,}3 \text{ anos}$$

Logo, o astronauta terá viajado por aproximadamente 2 anos e 4 meses, de acordo com seu referencial.

Agora, vamos ver outra situação na qual é possível observar a contração do tempo, considerando uma sonda que partiu da Terra com uma velocidade igual a $0{,}8 \cdot c$ e percorreu 5 anos-luz, de acordo com o referencial da Terra. Supondo que essa sonda possua um sistema capaz de medir a distância percorrida, qual será a distância mostrada por esse sistema?

Aplicando a seguinte equação de contração do tempo:

$$\Delta x_{movimento} = 5 \cdot \sqrt{1 - (0{,}8c)^2/c^2} \therefore$$

$$\therefore \Delta x_{movimento} = 3 \text{ anos–luz}$$

Para a sonda, a distância percorrida terá sido de apenas 3 anos-luz.

Noções de relatividade geral: o espaço-tempo e a teoria de gravitação de Einstein

No início do século XX, Einstein fez uma reformulação da teoria gravitacional elaborada por Isaac Newton. Essa reformulação é chamada de **teoria da relatividade geral**.

Para entender o funcionamento dessa teoria, seria necessário que conseguíssemos imaginar quatro dimensões espaciais simultâneas, e essa não é uma tarefa simples. Estamos acostumados a viver em um mundo tridimensional, com altura, largura e profundidade.

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

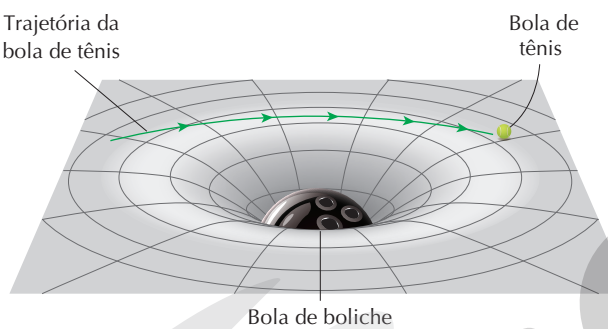
MODERNA

Mas vamos tentar, imaginando primeiro um mundo bidimensional, como se fôssemos pequenas formigas andando sobre um lençol bem esticado, sem noção alguma de que existe altura. Esse lençol bem esticado é uma analogia para o chamado **espaço-tempo**.

Um corpo, quando está presente no espaço-tempo e possui massa, causa uma curvatura nesse espaço-tempo. O movimento de outros corpos próximos a ele se dá no espaço-tempo curvo.

Vamos imaginar que nosso lençol seja agora a superfície de uma cama elástica. Quando uma formiga caminha sobre uma cama elástica, não produz praticamente nenhuma deformidade perceptível. Se jogarmos uma bola de tênis em cima dessa cama elástica, ela causará uma deformação maior, mas talvez não o suficiente para ser percebida pela formiga.

Agora, imagine que no centro da cama elástica seja posicionada uma pesada bola de boliche (**Fig. 1.10**). A deformação da cama elástica será grande o bastante para abarcar uma ampla região ao redor dessa bola. Se a bola de tênis e a formiga estiverem nessa região, certamente rolarão na direção da bola de boliche.



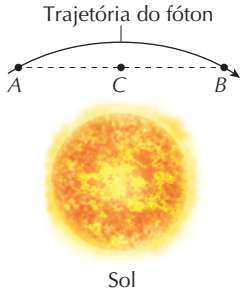
NELSON MATSUDA

Figura 1.10 Representação esquemática da deformação da superfície de uma cama elástica com uma bola de tênis e uma bola de boliche.

O Universo funciona de maneira análoga. Um corpo de grande massa, como o Sol, por exemplo, deforma todo o espaço-tempo ao redor, de modo a afetar o movimento de corpos menores à sua volta, como a Terra. Por sua vez, a Terra também tem massa e altera o espaço-tempo ao seu redor, e por essa razão temos o movimento orbital da Lua. O exemplo da cama elástica nos permite observar apenas a distorção em duas dimensões, mas, quando pensamos no Universo, precisamos imaginar a distorção nas dimensões espaciais e temporal.

Todos os corpos presentes no Universo causam uma distorção no espaço-tempo, e, quanto maior a massa do objeto, maior é essa distorção.

Um curioso efeito desse fenômeno é que ele altera o movimento da luz. A luz pode descrever caminhos curvos em determinadas situações. A **Figura 1.11** exemplifica esse efeito.

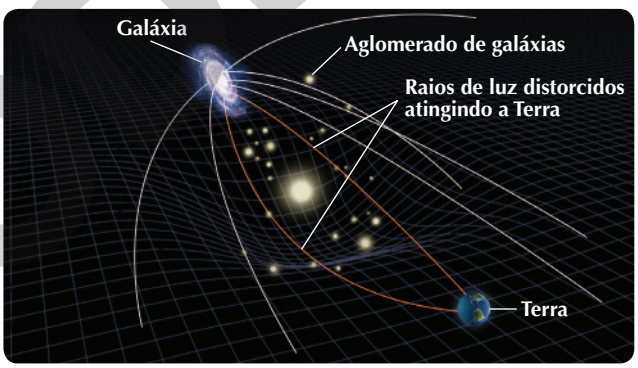


NELSON MATSUDA

Figura 1.11 Representação esquemática de um fóton sendo desviado por influência do Sol. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Nessa figura, a luz sofre um desvio em virtude da distorção do espaço-tempo causada pelo Sol, em vez de seguir a linha reta ligando os pontos *A* e *B*, passando por *C*. O Sol faz com que a trajetória da luz não passe pelo ponto *C*, mas que descreva uma curva, exemplificada pela linha sólida. Esse fenômeno ocorre porque o espaço-tempo ao redor do Sol se deforma. O efeito na figura está exagerado para que seja ilustrativo, pois o desvio da luz provocado pelo Sol é praticamente imperceptível.

O Sol, no contexto do Universo, é um corpo de massa pequena. Existem estrelas que têm mais de uma centena de vezes a massa do Sol. Quando observamos distâncias grandes o suficiente, podemos ver claramente o efeito do desvio do caminho da luz (**Fig. 1.12**) por causa da massa de gigantescos sistemas formados por bilhões de estrelas, como as **galáxias** ou aglomerados de galáxias. Buracos negros massivos também são capazes de produzir intensas deflexões nas trajetórias dos raios luminosos.



CRIS ALENCAR

Figura 1.12 Deformação do espaço-tempo por causa da influência de um corpo extremamente massivo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fique por dentro

Teoria da relatividade: como eclipse solar no Ceará há 100 anos transformou Einstein em celebridade mundial

COSTA, C. *BBC News*, 24 maio 2019.

Descubra a relação do eclipse que ocorreu em Sobral, no Ceará, com a comprovação da teoria da relatividade geral.

Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-48296017>. Acesso em: 14 maio 2020.

É por causa do desvio do caminho da luz que conseguimos observar uma galáxia mesmo que ela esteja atrás de outros corpos. Isso porque a luz é desviada em direções diferentes, percorrendo um caminho curvo até chegar à Terra. Esse efeito recebe o nome de **lente gravitacional**.

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

Atividades

Registre em seu caderno

1. Quais são as principais evidências observacionais para a existência da matéria escura e da energia escura, respectivamente?

2. (PUC-Campinas) Andrômeda é uma galáxia distante $2{,}3 \cdot 10^6$ anos-luz da Via-Láctea, a nossa galáxia. A luz proveniente de Andrômeda, viajando a velocidade de $3{,}0 \cdot 10^5$ km s^{-1}, percorre a distância aproximada até a Terra, em km, igual a:

a) $4 \cdot 10^{15}$ **c)** $2 \cdot 10^{19}$ **e)** $9 \cdot 10^{23}$

b) $6 \cdot 10^{17}$ **d)** $7 \cdot 10^{21}$

3. Determine a distância média de uma galáxia que se encontra em afastamento da Terra com velocidade de 384 km s^{-1}. Considere $H_0 = 74$ km s^{-1} Mpc^{-1}.

4. (UFRGS-RS) Considere as afirmações abaixo, acerca da Teoria da Relatividade Restrita.

I. O tempo não é absoluto, uma vez que eventos simultâneos em um referencial inercial podem não ser simultâneos se observados a partir de outro referencial inercial.

II. Segundo a lei relativística de adição de velocidades, a soma das velocidades de dois corpos materiais nunca resulta em uma velocidade acima da velocidade da luz.

III. As leis da natureza não são as mesmas em todos os sistemas de referência que se movimentam com velocidade uniforme.

Quais estão corretas?

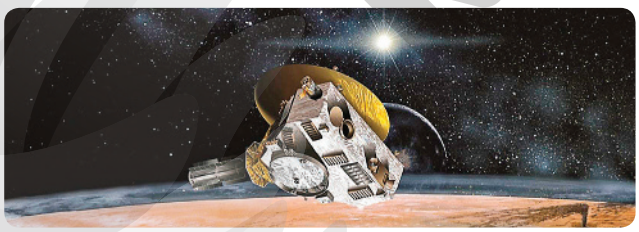
a) Apenas I. **d)** Apenas II e III.

b) Apenas II. **e)** I, II e III.

c) Apenas I e II.

5. (FGV-SP) A nave New Horizons, cuja foto é apresentada a seguir, partiu do Cabo Canaveral em janeiro de 2006 e chegou bem perto de Plutão em julho de 2015. Foram mais de 9 anos no espaço, voando a 21 km s^{-1}. É uma velocidade muito alta para nossos padrões aqui na Terra, mas muito baixa se comparada aos 300.000 km s^{-1} da velocidade da luz no vácuo.

NASA



Considere uma nave que possa voar a uma velocidade igual a 80% da velocidade da luz e cuja viagem dure 9 anos para nós, observadores localizados na Terra. Para um astronauta no interior dessa nave, tal viagem duraria cerca de

a) 4,1 anos. **c)** 6,5 anos. **e)** 20,5 anos.

b) 5,4 anos. **d)** 15 anos.

6. (UEL-PR) Os múons são partículas da família dos léptons, originados pela desintegração de partículas píons em altitudes elevadas na atmosfera terrestre, usualmente a alguns milhares de metros acima do nível do mar. Um múon típico, movendo-se com velocidade de $0{,}998c$, realiza um percurso de aproximadamente 600 m durante seu tempo de vida média de $2 \cdot 10^{-6}$ s. Contudo, o tempo de vida média desse múon, medido por um observador localizado no sistema de referência da Terra, é de $30 \cdot 10^{-6}$ s.

Com base nos conhecimentos sobre a teoria da relatividade, analise as seguintes afirmativas.

Considere a velocidade da luz $c = 3 \cdot 10^8$ m s^{-1}.

I. Essa discrepância de valores é explicada pelo aumento do tempo de vida média da partícula no sistema de referência da Terra, por um fator de Lorentz no valor aproximado de 15 para a velocidade dada.

II. No sistema de referência da Terra, um múon com essa velocidade percorre cerca de 9.000 m.

III. No sistema de referência da Terra, um múon com essa velocidade percorre cerca de 3.000 m.

IV. Observações e medidas desse tipo confirmam previsões relativísticas.

Com base nos conhecimentos em Física, assinale a alternativa que contém todas as afirmativas corretas.

a) I e IV. **c)** III e IV. **e)** I, II e IV.

b) II e III. **d)** I, II e III.

7. (UFRN) Em abril de 2007, foi anunciada a descoberta de um planeta extrassolar distante cerca de 20 anos-luz da Terra. Por ter características semelhantes às do nosso planeta, ele já vem despertando o interesse de missões espaciais tripuladas, dedicadas à procura de vida extraterrestre. Imagine que, com a missão de realizar pesquisas sobre a possibilidade de existência de vida naquele planeta, um astronauta seja enviado numa espaçonave com velocidade $v = 0{,}8c$ (c é a velocidade da luz no vácuo). Suponha que o astronauta, de 30 anos de idade, deixe na Terra um irmão gêmeo e que ambos irão medir o tempo da viagem.

Dados:

- $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t'$, sendo Δt o intervalo de tempo medido no referencial da Terra e $\Delta t'$ o intervalo de tempo medido no referencial da espaçonave.
- Considere que o fator de Lorentz é $\gamma = 10/6$ e que são desprezíveis os tempos de aceleração e desaceleração da espaçonave, durante as jornadas de ida e de volta, e o tempo de permanência do astronauta naquele planeta.

A partir da situação descrita, responda:

a) Qual dos gêmeos medirá o maior tempo da viagem de ida e volta? Justifique sua resposta com base na teoria da relatividade especial.

b) Se, para o gêmeo que ficou na Terra, o tempo que seu irmão levou para ir ao outro planeta e de lá voltar foi de 50 anos, que idade terá cada um dos irmãos quando o gêmeo astronauta retornar à Terra?

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

CÓPIA

8. (Uninorte-AM) Uma das evidências a favor da teoria do Big Bang, que explica a origem do Universo, foi observada pelo cientista Edwin Hubble (1889-1953). No ano de 1929, ele formulou a lei de Hubble, com base no fato de que todas as galáxias estão se afastando da Terra, ou seja, o Universo está em expansão. A lei de Hubble é dada pela equação $v = H \cdot d$, em que H é a constante de Hubble – igual a $15{,}3 \cdot 10^{-19}\ s^{-1}$, aproximadamente –, v é a velocidade com a qual uma galáxia ou quasar está se afastando da Terra e d, a distância da galáxia ou quasar até a Terra. Considere-se um quasar, um corpo extremamente luminoso e muito massivo, que está se afastando da Terra com velocidade suposta constante de $2{,}0 \cdot 10^{8}\ m\ s^{-1}$. Com base nessas informações, pode-se afirmar que o intervalo de tempo decorrido desde a origem do quasar até hoje, ou seja, a idade do Universo, em anos, é da ordem de

a) 10^{8}. **c)** 10^{10}. **e)** 10^{12}.
b) 10^{9}. **d)** 10^{11}.

9. (Unesp) Instituído pela Organização das Nações Unidas, 2005 foi o Ano Mundial da Física, em que se comemorou o centenário dos trabalhos revolucionários publicados por Albert Einstein, o mais importante cientista do século XX (segundo a revista norte-americana *Time*). Na teoria da relatividade especial, de Einstein, objetos que se movem com velocidade v em relação a um referencial inercial têm o tempo dilatado por um fator γ, para um observador em repouso nesse referencial. A tabela mostra valores de γ para diversos módulos da velocidade v, representados em múltiplos da velocidade da luz c (ou $c = 3 \cdot 10^{8}\ m\,s^{-1}$).

v	γ
0,000c	1,000
0,100c	1,005
0,200c	1,021
0,400c	1,091
0,600c	1,250
0,800c	1,667
0,900c	2,294
0,998c	15,82
0,999c	22,37
c	∞

Segundo esse modelo, pede-se:

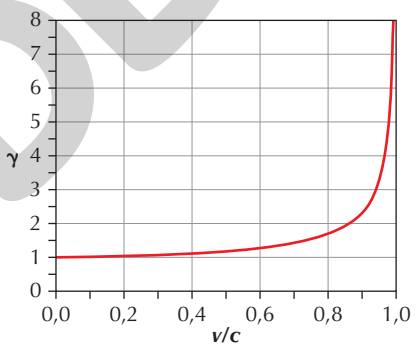
a) Qual a velocidade, em $m\ s^{-1}$, que deve ser atingida pelo objeto para que a dilatação do tempo seja de apenas 0,5%? Comente como este resultado explica por que as pessoas não percebem os efeitos da dilatação do tempo no seu dia a dia.

b) Se para o objeto passaram-se 10 minutos, quantos minutos se passaram para um observador no referencial inercial que vê o objeto se movimentando à velocidade de 0,600c?

10. (UFRN) André está parado em relação a um referencial inercial, e Regina está parada em relação a outro referencial inercial, que se move com velocidade (vetorial) constante em relação ao primeiro. O módulo dessa velocidade é v.

André e Regina vão medir o intervalo de tempo entre dois eventos que ocorrem no local onde esta se encontra. (Por exemplo, o intervalo de tempo transcorrido entre o instante em que um pulso de luz é emitido por uma lanterna na mão de Regina e o instante em que esse pulso volta à lanterna, após ser refletido por um espelho.)

A teoria da relatividade restrita nos diz que, nesse caso, o intervalo de tempo medido por André $\Delta t_{André}$ está relacionado ao intervalo de tempo medido por Regina Δt_{Regina} através da expressão: $\Delta t_{André} = \gamma \cdot \Delta t_{Regina}$. Nessa relação, a letra gama γ denota o fator de Lorentz. O gráfico abaixo representa a relação entre γ e v/c, na qual c é a velocidade da luz no vácuo.



Imagine que, realizadas as medidas e comparados os resultados, fosse constatado que $\Delta t_{André} = 2\Delta t_{Regina}$. Usando essas informações, é possível estimar que, para se obter esse resultado, a velocidade v teria de ser aproximadamente

a) 50% da velocidade da luz no vácuo.
b) 87% da velocidade da luz no vácuo.
c) 105% da velocidade da luz no vácuo.
d) 20% da velocidade da luz no vácuo.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

MODERNA
ERICSON GUILHERME LUCIANO
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

TEMA 2

Caso os estudantes não estejam familiarizados com o significado da notação para núcleos, peça-lhes que comparem os dois casos do hélio apresentados. Conduza a discussão de modo que eles compreendam que, por exemplo, no $_{2}^{3}He$ o número 3 indica a soma da quantidade de prótons e nêutrons enquanto o número 2 indica a quantidade de prótons, que é o que caracteriza os diferentes elementos químicos.

A formação dos átomos

Se os estudantes perguntarem por que núcleos atômicos com maior número de prótons não foram significativamente formados nos estágios iniciais do Universo, mencione que isso é creditado ao fato de não existirem núcleos atômicos estáveis com 5 ou 8 partículas nucleares e à diminuição da probabilidade de colisão entre número suficiente de prótons e nêutrons com a rápida expansão do Universo, conforme aconteceu nos seus instantes iniciais. Caso os estudantes encontrem o termo **núcleo atômico pesado** em textos de divulgação científica e questionem o significado dele, mencione que esse termo se refere a núcleos com elevado número de prótons.

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 5; 6
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT201; EM13CNT209; EM13CNT301

Estudamos no Tema anterior que o Universo teria surgido da rápida expansão de uma singularidade, que continha a matéria e a energia presentes em um estado de altas densidade e temperatura. Após alguns segundos do início do processo de expansão, teria havido uma queda na temperatura que permitiu a formação de núcleos atômicos. Ao atingir cerca de 3.500 K, os núcleos atômicos interagiram com partículas de carga elétrica oposta, os elétrons, formando átomos. O que difere um átomo de outro e como essa diferença está relacionada com as propriedades da matéria?

:: A fusão nuclear e a formação dos núcleos atômicos

A progressiva expansão com consequente resfriamento do Universo tornou propícia a combinação de diferentes tipos de *quarks*, levando à formação de prótons (núcleo do átomo de hidrogênio, $_{1}^{1}H$) e nêutrons, ainda no período conhecido como era da luz, após o Big Bang. Cerca de três minutos do início do Universo a temperatura era de $11{,}6 \cdot 10^{9}$ K. Nessa condição a colisão entre prótons e nêutrons livres levou à **nucleossíntese**, ou seja, formação de núcleos atômicos mais complexos – agregados entre próton(s) e nêutron(s) – por meio de um processo denominado **fusão nuclear**. Os núcleos mais abundantes nessa fase foram: o deutério (D ou $_{1}^{2}H$), com um próton e um nêutron; e o hélio, com dois prótons e um ou dois nêutrons ($_{2}^{3}He$ e $_{2}^{4}He$, respectivamente).

O físico alemão Hans Albrecht Bethe (1906-2005) realizou cálculos demonstrando que a energia das estrelas provém da reação de fusão nuclear na qual se convertem núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio. Durante essa reação, parte da massa é transformada em energia, de acordo com a equação da relatividade, e é suficiente para fazer a estrela brilhar por bilhões de anos. No Sol, por exemplo, a cada segundo, 4 milhões de toneladas de matéria são convertidas em energia. Nesse processo, além dos prótons e nêutrons, estão envolvidas partículas elementares, como os elétrons (e^{-}), e antipartículas, como os pósitrons (e^{+}). Alguns desses processos podem ser representados da seguinte forma.

Geração de núcleos de $_{2}^{4}He$: $4\,{}_{1}^{1}H \longrightarrow {}_{2}^{4}He + 2\,e^{+} + \text{Energia}$

Aniquilação matéria antimatéria: $e^{+} + e^{-} \longrightarrow \text{Energia}$

Como núcleos de hidrogênio estão sendo convertidos em núcleos de hélio, chega um momento em que o hidrogênio se esgota. Quando isso ocorre, se a estrela tiver massa suficiente, tem início a fusão de núcleos de hélio gerando núcleos de carbono (C), importantes para o desenvolvimento da vida como nós a conhecemos.

$$3\,{}_{2}^{4}He \longrightarrow {}_{6}^{12}C + e^{+} + e^{-} + \gamma$$

Quando o hélio se esgota, se a estrela tiver massa suficiente, os núcleos de carbono se fundem e formam núcleos de oxigênio (O). Dependendo da massa da estrela, a cadeia de reações nucleares pode prosseguir até a formação de núcleos de ferro (Fe).

Mas nem todas as estrelas conseguem fazer fusão nuclear até a síntese de ferro, pois isso exige uma massa dezenas de vezes maior que a massa do Sol. Estrelas de menores massas, como o Sol, só chegam até a formação de carbono. A **Figura 2.1 A** representa o estágio final de uma estrela de aproximadamente três massas solares, e a **Figura 2.1 B**, uma estrela de mais de dez massas solares. Nas imagens estão indicadas as camadas da estrutura estelar e os núcleos atômicos que passam por fusão nuclear em cada uma delas.

Fique por dentro

Fonte de ouro e régua do Universo

ZORZETTO, R. *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, n. 261, nov. 2017.

Aprenda sobre a formação de elementos químicos com maior número de prótons que o ferro a partir da colisão de estrelas de nêutron. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/fonte-de-ouro-e-regua-do-universo/>.

Isótopos e massas atômicas

A simulação ilustra, por meio de modelos submicroscópicos, como calcular a massa atômica de alguns elementos químicos da tabela periódica com base na abundância isotópica. Além disso, é possível construir núcleos de diversos isótopos.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/isotopes-and-atomic-mass/latest/isotopes-and-atomic-mass_pt_BR.html>.

Mulheres cientistas tiveram papel fundamental na descoberta de elementos químicos

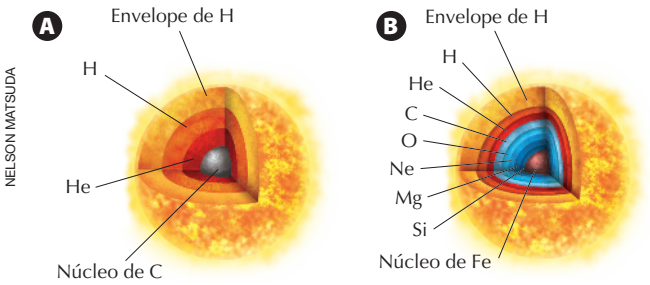
Conheça as cientistas que contribuíram para a construção da tabela periódica atual.

Disponível em: <http://cfq.org.br/noticia/cientistas-mulheres-tiveram-papel-fundamental-na-descoberta-de-elementos-quimicos/>. Acessos em: 12 jun. 2020.

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

MODERNA

Inicie o tópico apresentando os dados da **Tabela 2.1**, enfatizando as diferenças entre as partículas. Retome conhecimentos prévios sobre a neutralidade elétrica do átomo, discutindo como deve ser a estrutura atômica em relação à quantidade de prótons e de elétrons.



NELSON MATSUDA

Fonte: ARANY-PRADO, L. I. *À luz das estrelas*. 2004. Disponível em: <https://ciencianautas.com/wp-content/uploads/2017/01/%C3%80-luz-das-estrelas.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.

Figura 2.1 Representação esquemática do interior de estrelas pouco antes de chegarem às etapas finais de sua evolução. As faixas indicadas com a identidade dos núcleos atômicos correspondem às regiões em que eles passam por fusão, formando núcleos com maior número de partículas. Na parte externa, há o envelope de H que representa a camada de hidrogênio que não está sendo fusionado. **(A)** Estrela de cerca de três massas solares. **(B)** Estrela de mais de dez massas solares. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Quando a estrela esgota totalmente sua fonte de energia e termina sua evolução, ela espalha seus núcleos atômicos no meio interestelar, e novas estrelas e planetas podem ser formados a partir desse material.

Apenas traços dos núcleos de lítio, berílio e boro foram produzidos no Big Bang, e eles não são produzidos nas estrelas por fusão nuclear. Eles são formados em decorrência da colisão de partículas – aceleradas em eventos como a explosão de estrelas – com energia suficiente para fragmentar núcleos atômicos, especialmente de carbono, nitrogênio (N) e oxigênio, presentes, por exemplo, no meio interestelar e na atmosfera de planetas. Esse processo é conhecido como espalação nuclear.

Outros processos devem ocorrer para que sejam formados núcleos com maior número de prótons que os núcleos de ferro. Alguns exemplos são: a fusão por meio de captura de nêutrons (que pode acontecer pela captura lenta – processo-s – ou pela captura rápida – processo-r), e a fusão por meio da captura de prótons (processo-p). Esses processos costumam acontecer em regiões com prótons e nêutrons de alta energia em abundância, como em explosões de estrelas massivas ao final de sua vida, fenômeno denominado de **supernova**.

Constituição atômica

Os átomos são constituídos de partículas subatômicas, como prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons foram identificados nos estudos do físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937), publicados em 1919. Os nêutrons, embora previstos em diversas pesquisas e trabalhos experimentais desenvolvidos por tantos outros cientistas da época, foram identificados pelo físico britânico James Chadwick (1891-1972), em 1932. Os elétrons foram identificados e caracterizados graças aos trabalhos do físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940) de 1904 e do físico estadunidense Robert Millikan (1868-1953) de 1909.

Esses estudos demonstraram que prótons (p^+), nêutrons (n^0) – ambos constituintes do núcleo atômico – e elétrons (e^-) – distribuídos na eletrosfera do átomo – apresentam massas e cargas diferentes entre si, e que essas propriedades influenciam a estrutura e o comportamento de um átomo.

Os valores relativos de massa e de carga para essas três partículas subatômicas estão mostrados na **Tabela 2.1**. Embora seja possível medir a massa das partículas em gramas, é mais comum utilizar a unidade de massa atômica unificada (u), que equivale a $1{,}6605402 \cdot 10^{-27}$ kg.

Tabela 2.1 Carga e massa relativas de partículas subatômicas

Partícula	Carga	Massa (u)
Próton (p^+)	+1	1,0
Nêutron (n^0)	0	1,0
Elétron (e^-)	−1	0,00054

Fonte: IUPAP. *Symbols, units, nomenclature and fundamental constants in physics*. 1987 Revision. Disponível em: <https://iupap.org/wp-content/uploads/2014/05/A4.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.

Observe que a massa de um elétron é cerca de 2 mil vezes menor que a massa das partículas nucleares. Isso está de acordo com a interpretação de Rutherford para os resultados experimentais obtidos nos estudos acerca da estrutura atômica que indicaram que praticamente toda a massa do átomo concentra-se em seu núcleo.

Mas o que diferencia um tipo de átomo do outro, se todos são formados pelos mesmos tipos de partícula? A resposta para essa pergunta reside no conceito de **elemento químico**, que mudou ao longo do tempo.

As primeiras concepções sobre átomos e elementos eram fruto de reflexões filosóficas e foram introduzidas pelos atomistas gregos na Antiguidade. Demócrito, no século 5 a.C., já propunha que a matéria fosse feita de pequenas partes indivisíveis (os átomos), que, combinadas de forma adequada, produziriam as propriedades macroscópicas observadas. O químico francês Antoine Laurent-Lavoisier (1743-1794) compreendia os elementos químicos como as últimas substâncias que se poderia obter por análises químicas – o que em termos atuais seriam as substâncias simples. O químico inglês John Dalton (1766-1844) associou a ideia de elementos químicos a átomos; ele enfatizava que as propriedades que caracterizavam os elementos químicos eram resultado das massas dos átomos, e foi o primeiro a propor um método para determinar as massas atômicas relativas dos elementos químicos.

Todo conhecimento alcançado se deve às complexas pesquisas realizadas e ao trabalho colaborativo entre cientistas, assim como à existência de controvérsias. Note, portanto, a complexidade da construção da Ciência, já que ao longo dos séculos a visão acerca da Natureza e a perspectiva da Ciência se modificam.

Atualmente, chamamos de elementos químicos os conjuntos de diferentes tipos de átomos caracterizados por seus números de prótons, e não mais por suas massas.

Caso os estudantes não se recordem das características do modelo proposto por Rutherford, volte a esse conteúdo já trabalhado no Ensino Fundamental, retomando o que foi tratado na questão correspondente a esse Tema na Abertura da Unidade.

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

MODERNA

Para idades mais antigas, como a das primeiras rochas ou de fósseis dos primeiros seres vivos do planeta, é necessário usar isótopos com meia-vida mais longa que a do C-14, como os de urânio (U) e tório (Th), que permitem datar amostras de até vários bilhões de anos.

Essa quantidade é referenciada como número atômico, simbolizado por Z. Assim, todo átomo com sete prótons no núcleo ($Z = 7$), por exemplo, pertence ao elemento químico nitrogênio (N) e pode ser representado por $_{7}N$.

Essa definição tem relação principalmente com dois trabalhos: o de 1913 do físico britânico Henry Moseley (1887-1915) e o de 1919 do químico inglês Francis W. Aston (1877-1945). Moseley, analisando a emissão de raios X por átomos bombardeados por feixes de elétrons em alta velocidade, observou que a frequência da radiação emitida era característica de cada tipo de átomo e se relacionava ao número de cargas positivas no núcleo atômico. Aston, utilizando um equipamento construído por ele – denominado espectrógrafo de massas – na busca de uma explicação sobre a inexatidão das massas atômicas determinadas pelos químicos da época, verificou a existência de uma variedade de átomos de mesmas propriedades químicas, mas com diferentes massas atômicas, os quais chamou de **isótopos**. Ou seja, em termos atuais entende-se que isótopos são átomos de um mesmo elemento químico com o mesmo número de prótons, mas diferentes números de nêutrons.

Dois dos isótopos de carbono, por exemplo, podem ser representados como $^{11}_{6}C$ e $^{12}_{6}C$ ou como C-11 e C-12, respectivamente. Essa notação enfatiza a soma do número de prótons e de nêutrons, quantidade conhecida como **número de massa**, simbolizado por A. Note que os isótopos são, portanto, átomos do mesmo elemento químico, mas com diferentes números de massa. Mais isótopos de carbono encontrados na natureza são C-13 e C-14. Outros exemplos de isótopos, os de hidrogênio, são representados na **Figura 2.2**.

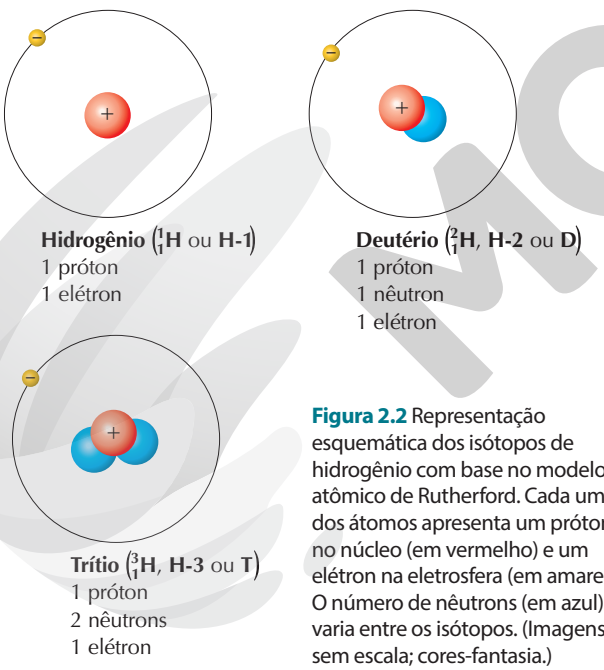


Figura 2.2 Representação esquemática dos isótopos de hidrogênio com base no modelo atômico de Rutherford. Cada um dos átomos apresenta um próton no núcleo (em vermelho) e um elétron na eletrosfera (em amarelo). O número de nêutrons (em azul) varia entre os isótopos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Alguns isótopos são instáveis, ou seja, de forma espontânea os núcleos desses átomos passam por um processo chamado decaimento, gerando um isótopo diferente ou, ainda, um átomo de outro elemento químico. Por exemplo, átomos de carbono-14, produzidos continuamente no bombardeio da atmosfera terrestre por raios cósmicos, são instáveis. Esses isótopos acabam sendo incorporados pelos organismos vivos por meio de etapas do ciclo do carbono. Com o passar do tempo esses átomos se transformam em átomos de outro elemento químico, nitrogênio-14 ($^{14}_{7}N$). Tal redução na quantidade total de ^{14}C pode ser quantificada e, dessa forma, utilizada em pesquisas geológicas para datação de fósseis e materiais arqueológicos, sendo uma técnica muito usada para materiais de até cerca de 50 mil anos.

Massa atômica e abundância isotópica

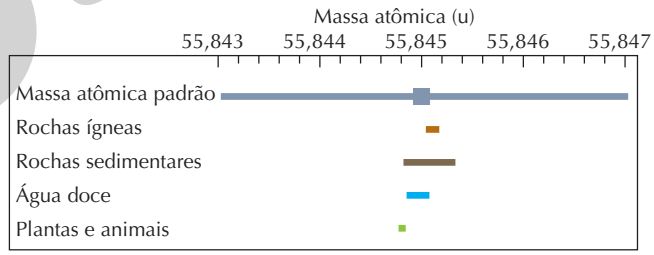
Os isótopos ocorrem na natureza em proporções variadas. Por exemplo, o elemento químico boro (B) é encontrado na forma de boro-10 (^{10}B, massa igual a 10,013 u) e boro-11 (^{11}B, massa igual a 11,009 u) na proporção de 19,9% e 80,1%, respectivamente. Uma consequência da abundância isotópica variável é o fato de o valor da **massa atômica** (m_a) dos elementos químicos ser a média ponderada das massas atômicas dos isótopos:

$$m_a(B) = \frac{(10{,}013\,u \cdot 19{,}9) + (11{,}009\,u \cdot 80{,}1)}{100} = 10{,}81\,u$$

Fonte: ROYAL Society of Chemistry. Disponível em: <https://www.rsc.org/periodic-table/element/5/boron>. Acesso em: 12 jun. 2020.

Observe que o valor final é mais próximo de 11 que de 10, em razão da maior abundância do isótopo do boro-11.

A abundância isotópica não é constante no Universo e pode variar inclusive de um ponto a outro do planeta. Em cálculos mais precisos, isso deve ser levado em conta, o que torna mais adequado se referir a faixas de massa atômica em vez de considerar um valor único. A **Figura 2.3** apresenta o exemplo do elemento químico ferro, presente na natureza como uma mistura de quatro isótopos: ^{54}Fe, ^{56}Fe, ^{57}Fe e ^{58}Fe, dos quais o mais abundante é o de número de massa 56.



Fonte consultada: WIESER, M. E.; COPLEN, T. B. Atomic weights of the elements 2009. *Pure and Applied Chemistry*, Genebra, v. 83, 2011.

Figura 2.3 Massa atômica dos isótopos do elemento químico ferro em amostras de fontes variadas. As barras indicam que há uma variedade de massas possíveis para esse elemento químico, em razão da existência de isótopos.

A massa atômica padrão para o elemento químico ferro é 55,845 u. Observe que ela não representa bem a massa atômica dos isótopos de ferro encontrados em rochas ígneas ou em plantas e animais. Ou seja, cada ambiente favorece preferencialmente um tipo de isótopo em detrimento de outro.

Em 1961, na Conferência da União Internacional de Química Pura e Aplicada (*International Union of Pure and Applied Chemistry* – IUPAC), em acordo com a União Internacional de Física Pura e Aplicada (IUPAP), foi adotado o carbono-12 (^{12}C) como padrão na medida de massa

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

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

Ao mencionar os isótopos C-13 e C-14, peça aos alunos que registrem no caderno a representação para ambos, bem como os números de massa, de prótons e de nêutrons, para que visualizem melhor a diferença entre eles.

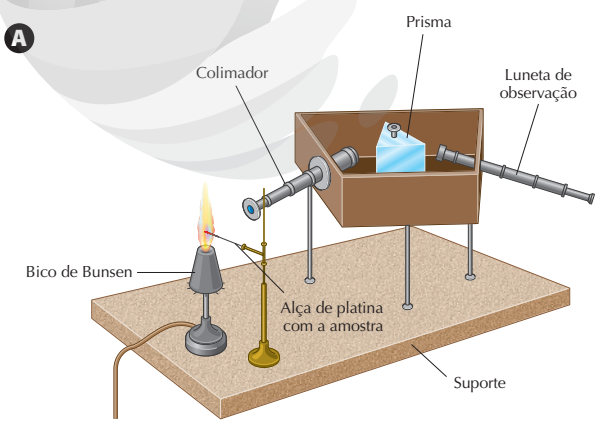
Utilize o exemplo de fogos de artifício para suscitar o levantamento de hipóteses sobre a emissão de luzes e chamas coloridas. Auxilie-os a relacionar essas emissões com o modelo atômico de Bohr estudado no Ensino Fundamental (previsto pela habilidade EF09CI03).

atômica dos demais elementos químicos. Antes, o padrão era o oxigênio. Assim, uma unidade de massa atômica, 1 u, corresponde a $\frac{1}{12}$ da massa atômica do átomo de carbono-12 e equivale a aproximadamente $1{,}66 \cdot 10^{-24}$ g. Note que as massas atômicas são medidas relativas.

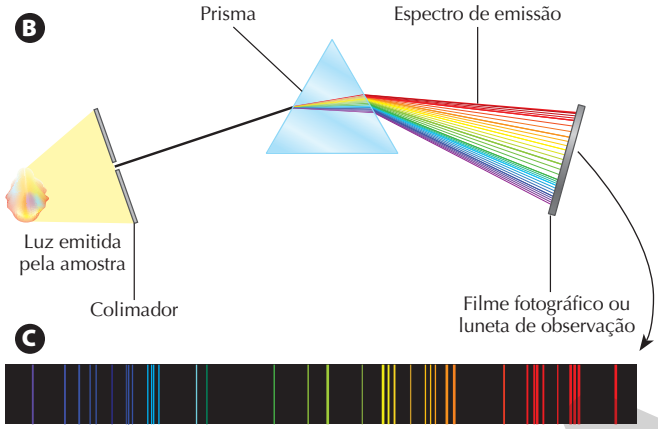
Espectros atômicos

De forma simplificada, átomos do mesmo elemento químico apresentam propriedades químicas e físicas similares. Algumas delas estão relacionadas à distribuição dos elétrons em cada átomo. O estudo desses arranjos eletrônicos é a base para a caracterização de diversos materiais. Um exemplo dessas propriedades é a emissão de luz pelos fogos de artifício, fabricados geralmente com uma mistura contendo sais metálicos. No momento de sua queima rápida, os íons metálicos que compõem o material recebem energia na forma de calor, que é transformada em movimentação de elétrons na eletrosfera. Essa movimentação normalmente produz a emissão de energia na forma de ondas eletromagnéticas, no caso a luz, com uma coloração que é característica dos elementos químicos presentes no material.

A partir do conhecimento de que a cor emitida após o aquecimento é característica de cada elemento químico, dois alemães, o químico Robert Bunsen (1811-1899) e o físico Gustav Kirchhoff (1824-1887), realizaram experimentos com o objetivo de desenvolver um método preciso de identificação das substâncias que apresentavam essa propriedade. Nesses experimentos, uma pequena amostra de substância purificada, formada por determinado elemento químico de interesse, era vaporizada na chama de um queimador desenvolvido por Bunsen (aparato conhecido hoje como bico de Bunsen), até que o vapor emitisse luz (**Fig. 2.4 A**). A luz emitida pela amostra atravessa o colimador, e os raios luminosos são transformados em um feixe de raios paralelos. O feixe passa através do prisma e é decomposto, podendo ser observado com o auxílio de uma luneta ou um filme fotográfico (**Fig. 2.4 B**). O resultado é um espectro de linhas característico do elemento químico (**Fig. 2.4 C**).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO



Fontes: FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a Química: da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. *Química Nova na Escola*, n. 3, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/historia.pdf>; PENN STATE UNIVERSITY. *Periodic table of the elements*. Disponível em: <http://chemistry.bd.psu.edu/jircitano/periodic4.html>. Acessos em: 12 jun. 2020.

Figura 2.4 (A) Esquema do espectroscópio de Bunsen e Kirchhoff. **(B)** Representação esquemática da emissão de luz pela amostra até a detecção da luz decomposta. **(C)** Espectro de linhas correspondente à emissão do elemento químico bário. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Os experimentos de Bunsen e Kirchhoff mostraram que os vapores gerados a partir das substâncias purificadas produziam um espectro com linhas de diversas cores, separadas por regiões escuras, diferente do espectro formado a partir da luz solar, por exemplo, em que as cores decompostas aparecem de forma contínua.

Como cada elemento químico apresenta um espectro distinto, o método criado por Bunsen e Kirchhoff tornou possível diferenciá-los qualitativamente, além de possibilitar a investigação da composição das estrelas. No entanto, os modelos atômicos propostos até então não eram capazes de explicar os espectros descontínuos observados para os elementos químicos. Neste contexto, mas já no início do século XX, outros modelos atômicos eram propostos e, mesmo apresentando determinadas limitações, inspiravam e serviam de referências para novos estudos sobre os espectros. Os trabalhos do físico japonês Hantaro Nagaoka (1865-1950) e do matemático inglês John William Nicholson (1881-1955), por exemplo, certamente colaboraram para que Niels Bohr (1885-1962), físico dinamarquês, pudesse apresentar seu modelo em 1913, o qual foi bem-sucedido e aceito na época.

Dois anos mais tarde, em 1915, o físico alemão Arnold Sommerfeld (1868-1951) e colaboradores apresentaram extensões ao modelo de Bohr a fim de corrigir certas limitaçoes existentes. O modelo de Bohr-Sommerfeld apresentava então as seguintes características:

- Um elétron se move em órbita circular estável em torno do núcleo de um átomo, que se encontra no estado de menor energia (**Fig. 2.5 A**).
- A energia do elétron em uma determinada órbita é constante. Quanto mais distante do núcleo, maior sua energia.

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

MODERNA

- Existe um número limitado de órbitas nas quais um elétron pode se situar. Elas são denominadas estados estacionários (mais conhecidos como níveis de energia ou camadas eletrônicas).
- Quando um elétron recebe energia (por exemplo, por meio de aquecimento ou corrente elétrica), ele salta para uma órbita mais distante do núcleo, de maior energia (**Fig. 2.5 B**).
- Quando um elétron libera a energia adquirida na forma de radiação eletromagnética ou calor, ele retorna a sua órbita original (**Fig. 2.5 C**).

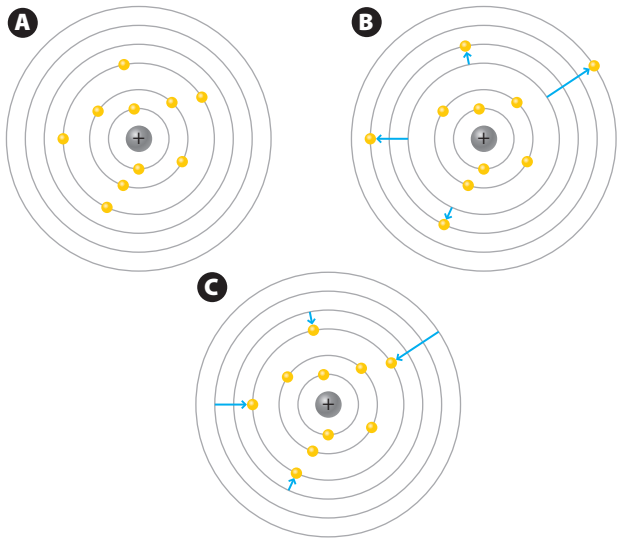


Figura 2.5 Representação esquemática do modelo atômico proposto por Bohr-Sommerfeld, em que as esferas amarelas representam os elétrons, a esfera cinza com o sinal de (+) representa o núcleo, os círculos cinza representam as órbitas e as setas azuis indicam as mudanças de órbitas. **(A)** Átomo no estado fundamental, ou seja, de mais baixa energia. **(B)** Os elétrons mudam para órbitas mais afastadas do núcleo ao absorver energia. **(C)** Ao liberar essa energia, os elétrons retornam à órbita original. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Quando um ou mais elétrons saltam para órbitas de maior energia, dizemos que os elétrons (ou o átomo) estão no **estado excitado**. O estado de menor energia é chamado **estado fundamental**. O movimento dos elétrons de uma órbita para outra é chamado de transição eletrônica.

A energia absorvida ou liberada por um elétron ao mudar de órbita corresponde à diferença entre os níveis de energia dessas órbitas. Como existem algumas órbitas possíveis, há somente alguns valores de energia possíveis. Assim, diz-se que essa energia é **quantizada**. De acordo com o conceito de quantização, introduzido pelo físico alemão Max Planck (1858-1947), os elétrons absorvem e liberam energia em valores determinados denominados *quanta*. Considerando que ocorre a atração eletrostática núcleo-elétron, o modelo de Bohr exigia um rompimento com a Física Clássica, admitindo que o eletromagnetismo clássico não era válido na escala atômica. Ou seja, por esse modelo o elétron não entraria em colapso com o núcleo, já que teria energia constante enquanto se desloca em sua órbita.

Esse modelo também explicou o comportamento de emissão de luz dos elementos químicos: o espectro de emissão de dado elemento químico é descontínuo, pois os elétrons liberam energia de forma quantizada. Podemos entender melhor a relação desse modelo atômico com os espectros de emissão se retomarmos o experimento de Bunsen e Kirchhoff. Nele, a energia, em forma de calor, fornecida pela chama é suficiente para que os elétrons passem a uma órbita de maior energia. Essa energia é liberada na forma de luz quando o elétron retorna ao estado fundamental. Quando a luz emitida pela amostra passa pelo colimador e atravessa o prisma, ela é decomposta em determinado número de linhas espectrais, em que cada linha representa a transição de órbita de um elétron, com energia definida (**Fig. 2.6**).

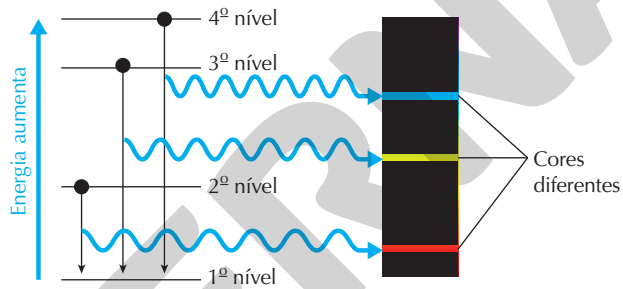


Figura 2.6 Representação esquemática parcial de um diagrama de níveis de energia (à esquerda) e do espectro de emissão proveniente das transições eletrônicas de um átomo. O primeiro nível (de menor energia) é o mais próximo do núcleo atômico. A linha vermelha corresponde, portanto, à luz emitida pelo elétron que retorna do segundo para o primeiro nível de energia. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os conhecimentos relacionados à emissão de radiação eletromagnética característica dos diversos elementos químicos são ferramentas fundamentais para o entendimento da origem e da evolução do Universo, sobretudo para a determinação da composição química elementar dos mais diversos objetos astronômicos existentes no espaço. Os pesquisadores podem estudar, por exemplo, como os elementos químicos são formados no interior das estrelas e como eles se distribuem nas galáxias e permitem a formação de planetas e até da vida.

Tabela periódica e configuração eletrônica

Em um átomo, a quantidade de prótons no núcleo é igual à quantidade de elétrons na eletrosfera. Como estudamos, os elétrons podem ocupar regiões a diferentes distâncias do núcleo atômico. Seria possível agrupar os elementos químicos de acordo com características comuns de organização dos elétrons em seus átomos?

A organização da tabela periódica

Ao longo do século XIX, muitos pesquisadores buscaram formas de organizar os elementos químicos conhecidos

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

na época, com base nas massas atômicas. Por volta de 1870, o químico russo Dmitri I. Mendeleev (1834-1907) e o químico alemão J. Lothar Meyer (1830-1895) apresentaram, de forma independente, a classificação mais completa e bem-sucedida até então. Eles mostraram que, ao organizar os elementos químicos em ordem crescente de massa atômica, as propriedades variavam gradativamente ao longo dessa ordem, e se observava a repetição regular e periódica das propriedades. Ambos fizeram tabelas com lacunas, sugerindo que havia elementos químicos ainda não conhecidos, mas os estudos de Mendeleev foram além dos de Meyer ao prever propriedades desses elementos químicos (**Fig. 2.7**). Ele resumiu esses estudos em uma lei, que pode ser citada da seguinte forma: "As propriedades físicas e químicas dos elementos químicos variam periodicamente quando organizados em ordem crescente de suas massas atômicas".



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1.	
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.	
			Ni = Co = 59	Pl = 106,6	O = 199.	
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112		
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?	
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118		
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?	
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?		
	F = 19	Cl = 35,6	Br = 80	I = 127		
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.	
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.	
		? = 45	Ce = 92			
		?Er = 56	La = 94			
		?Yt = 60	Di = 95			
		?In = 75,6	Th = 118?			

Д. Менделѣевъ

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Figura 2.7 Tabela periódica proposta por Mendeleev em 1869. Os espaços marcados com interrogações representam elementos químicos que ele deduziu que existissem, mas que eram desconhecidos na época.

Enfatize, por meio do exemplo da tabela periódica de Mendeleev, as limitações inerentes às teorias e leis científicas, o que leva outros cientistas a tentar aperfeiçoá-las ou até mesmo substituí-las.

Embora constituísse grande avanço em relação a outros sistemas de organização dos elementos químicos, a tabela periódica de Mendeleev apresentava algumas inconsistências, que ficavam evidentes à medida que novos elementos químicos se tornavam conhecidos e a Química se desenvolvia. Por exemplo, a massa atômica do argônio (39,948 u) é maior que a do potássio (39,098 u). Com os elementos químicos organizados de acordo com o aumento das massas atômicas, o argônio – um gás presente na atmosfera da Terra – faria parte do grupo do lítio, do sódio e do rubídio – metais presentes em rochas e solo –, ou seja, elementos químicos que apresentam propriedades distintas e não poderiam ser ordenados segundo o critério proposto por Mendeleev e Mayer. Esse foi apenas um dos casos que mostraram a necessidade de se estabelecer um novo critério para organizar a tabela periódica.

Com os avanços nas teorias atômicas no início do século XX e a definição de elemento químico em função do número atômico, foi proposta uma nova organização dos elementos químicos na tabela periódica, em ordem crescente de número atômico, resolvendo parte das inconsistências observadas na tabela de Mendeleev.

Atualmente, a tabela periódica agrupa 118 elementos químicos, organizados como mostra a **Figura 2.8**.

A tabela periódica apresenta diversas informações, comumente explicitadas em uma legenda, muito embora a quantidade de informações e a posição delas possam variar de uma versão da tabela periódica para outra.

1																	18
1 H hidrogênio 1,008	2											13	14	15	16	17	2 He hélio 4,003
3 Li lítio 6,941	4 Be berílio 9,012											5 B boro 10,81	6 C carbono 12,01	7 N nitrogênio 14,01	8 O oxigênio 16,00	9 F flúor 19,00	10 Ne neônio 20,18
11 Na sódio 22,99	12 Mg magnésio 24,31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al alumínio 26,98	14 Si silício 28,09	15 P fósforo 30,97	16 S enxofre 32,07	17 Cl cloro 35,45	18 Ar argônio 39,95
19 K potássio 39,10	20 Ca cálcio 40,08	21 Sc escândio 44,96	22 Ti titânio 47,87	23 V vanádio 50,94	24 Cr crômio 52,00	25 Mn manganês 54,94	26 Fe ferro 55,85	27 Co cobalto 58,93	28 Ni níquel 58,69	29 Cu cobre 63,55	30 Zn zinco 65,38(2)	31 Ga gálio 69,72	32 Ge germânio 72,63	33 As arsênio 74,92	34 Se selênio 78,97	35 Br bromo 79,90	36 Kr criptônio 83,80
37 Rb rubídio 85,47	38 Sr estrôncio 87,62	39 Y ítrio 88,91	40 Zr zircônio 91,22	41 Nb nióbio 92,91	42 Mo molibdênio 95,95	43 Tc tecnécio	44 Ru rutênio 101,1	45 Rh ródio 102,9	46 Pd paládio 106,4	47 Ag prata 107,9	48 Cd cádmio 112,4	49 In índio 114,8	50 Sn estanho 118,7	51 Sb antimônio 121,8	52 Te telúrio 127,6	53 I iodo 126,9	54 Xe xenônio 131,3
55 Cs césio 132,9	56 Ba bário 137,3	57–71 lantanídios	72 Hf háfnio 178,5	73 Ta tântalo 180,9	74 W tungstênio 183,8	75 Re rênio 186,2	76 Os ósmio 190,2	77 Ir irídio 192,2	78 Pt platina 195,1	79 Au ouro 197,0	80 Hg mercúrio 200,6	81 Tl tálio 204,4	82 Pb chumbo 207,2	83 Bi bismuto 209,0	84 Po polônio	85 At astato	86 Rn radônio
87 Fr frâncio	88 Ra rádio	89-103 actinídios	104 Rf rutherfórdio	105 Db dúbnio	106 Sg seabórgio	107 Bh bóhrio	108 Hs hássio	109 Mt meitnério	110 Ds darmstádtio	111 Rg roentgênio	112 Cn copernício	113 Nh nihônio	114 Fl fleróvio	115 Mc moscóvio	116 Lv livermório	117 Ts tennesso	118 Og oganessônio

legenda: número atômico **símbolo** nome massa atômica

57 La lantânio 138,9	58 Ce cério 140,1	59 Pr praseodímio 140,9	60 Nd neodímio 144,2	61 Pm promécio	62 Sm samário 150,4	63 Eu európio 152,0	64 Gd gadolínio 157,3	65 Tb térbio 158,9	66 Dy disprósio 162,5	67 Ho hólmio 164,9	68 Er érbio 167,3	69 Tm túlio 168,9	70 Yb itérbio 173,1	71 Lu lutécio 175,0
89 Ac actínio	90 Th tório 232,0	91 Pa protactínio 231,0	92 U urânio 238,0	93 Np netúnio	94 Pu plutônio	95 Am amerício	96 Cm cúrio	97 Bk berquélio	98 Cf califórnio	99 Es einstênio	100 Fm férmio	101 Md mendelévio	102 No nobélio	103 Lr laurêncio

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 2.8 Tabela periódica dos elementos químicos. Nenhum valor de massa atômica é indicado para aqueles elementos químicos dos quais não se conhece a abundância isotópica característica em amostras naturais terrestres.

Deixe claro que esta é apenas uma configuração possível para a tabela periódica, embora seja a mais comum. Se necessário, retome o conteúdo sobre massa atômica abordado anteriormente.

Fonte consultada: IUPAC. *Periodic table of the elements*. Disponível em: <https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC_Periodic_Table-01Dec18.jpg>. Acesso em: 12 jun. 2020.

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

MODERNA

Grupos e períodos

Na tabela periódica (**Fig. 2.8**), as linhas verticais são chamadas grupos, enquanto as linhas horizontais são chamadas períodos. Elementos químicos do mesmo grupo apresentam propriedades semelhantes, e elas variam de forma mais ou menos gradativa ao longo de cada período. Os grupos 1, 2 e 13 a 18 são chamados de elementos químicos representativos e os grupos 3 a 12, de elementos químicos de transição. Apesar de o hidrogênio estar posicionado no grupo 1, ele não pertence a nenhum dos grupos, pois compartilha propriedades em comum com vários deles. Destacamos a seguir características de alguns desses grupos.

- Grupo 1, metais alcalinos: apresentam temperaturas de fusão e ebulição baixas em relação à maioria dos metais (entre cerca de 27 °C e 180 °C, a 1 atm). A denominação provém de *al kali*, nome árabe para uma planta de cujas cinzas se obtêm compostos de potássio e que era muito apreciada para a fabricação de sabão.
- Grupo 17, halogênios: o nome desse grupo significa "geradores de sal" e faz referência à abundância desses elementos químicos em sais marinhos.
- Grupo 18, gases nobres: elementos químicos desse grupo são muito pouco reativos e, por isso, são encontrados na natureza geralmente como átomos isolados. Somente na década de 1960 foi sintetizado o primeiro composto com um gás nobre na composição, o hexafluoroplatinato de xenônio ($XePtF_6$).

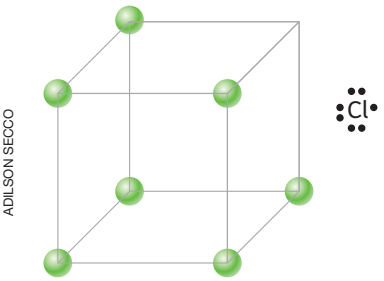
Na década de 1930, a tabela periódica apresentava os elementos químicos ordenados até o número atômico 92 (urânio, U), quase todos encontrados na natureza, com exceção do tecnécio (Tc), o primeiro elemento químico artificialmente sintetizado.

O surgimento de novas tecnologias, como os aceleradores de partículas, tornou possível obter diversos elementos químicos artificiais. Por essa razão, hoje em dia, 118 elementos são reconhecidos pela IUPAC.

Distribuição eletrônica por níveis de energia

Desde que se descreveu o elétron como uma partícula subatômica, físicos e químicos buscaram compreender como os elétrons se distribuem na eletrosfera e como essa distribuição afeta as propriedades dos átomos.

Baseando-se em trabalhos do químico alemão Richard Abegg (1869-1910) sobre a importância de um grupo de 8 elétrons na estrutura dos átomos, em 1916 o químico estadunidense Gilbert Lewis (1875-1946) propôs que a capacidade dos átomos de se ligar com outros formando, por exemplo, moléculas poderia ser explicada se os elétrons envolvidos nas ligações químicas se apresentassem em número par. Ele os dispôs nos vértices de um cubo e introduziu, a partir desse modelo cúbico, uma notação, conhecida como símbolos de Lewis e utilizada até os dias atuais. Nessa notação, são escritos os símbolos dos elementos químicos e, ao redor deles, são representados os elétrons da **camada de valência** (a camada mais externa do átomo) por meio de pontos organizados aos pares. No modelo cúbico de Lewis, os elétrons são dispostos inicialmente à máxima distância possível, a fim de representar uma situação de menor repulsão eletrônica (**Fig. 2.9**).



ADILSON SECCO

Figura 2.9 Representação esquemática dos elétrons da camada de valência do átomo de cloro segundo o modelo cúbico de Lewis e, à direita, o símbolo de Lewis correspondente. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A **Figura 2.10** mostra os símbolos de Lewis e sua relação com a tabela periódica. A representação dos átomos como cubos, para Lewis, não implicava dizer que essa fosse a forma geométrica dos átomos; tratava-se somente de uma maneira de representar sua configuração eletrônica. Um dos problemas mais evidentes do modelo de Lewis, no entanto, é que ele sugeria que os elétrons estavam parados nos vértices de um cubo, conhecimento que pôde ser aprimorado por meio de modelos atômicos propostos alguns anos mais tarde.

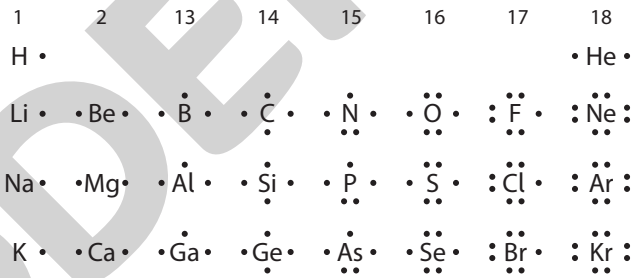


Figura 2.10 Esquema relacionando os símbolos de Lewis de alguns elementos químicos representativos à sua posição na tabela periódica.

Auxilie os estudantes a perceber a relação entre a quantidade de elétrons da camada de valência desses elementos químicos e o grupo ao qual pertencem.

O químico estadunidense Irving Langmuir (1881-1957) aprimorou o modelo de Lewis e calculou a quantidade máxima de elétrons em cada nível de energia, sendo as camadas mais internas (iniciando pelo nível 1, camada K) ocupadas antes que os níveis mais externos. Esses cálculos foram confirmados para os elementos representativos, chegando aos valores indicados na **Tabela 2.2**.

Tabela 2.2 Distribuição dos elétrons nos níveis de energia

Nível	1	2	3	4	5	6	7
	K	L	M	N	O	P	Q
Número máximo de elétrons	2	8	18	32	32	18	8

Fonte consultada: KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. *Química geral e reações químicas*. Tradução: Flávio M. Vichi e Solange A. Visconte. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

Observe a seguir as configurações eletrônicas de alguns elementos químicos representativos da tabela periódica, do 2º ao 7º período (**Tab. 2.3**).

Ao trabalhar as **Tabelas 2.2** e **2.3**, mencione que os átomos dos elementos químicos conhecidos atualmente apresentam no máximo sete níveis de energia.

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

MODELO

Ao apresentar a **Tabela 2.3**, retome os exemplos do grupo 1 apresentados na **Figura 2.10** (símbolos de Lewis). Explore com os estudantes a configuração eletrônica de outros elementos químicos representados nessa figura, fazendo uso da tabela periódica como instrumento de consulta.

Tabela 2.3 Configuração eletrônica dos elementos químicos do grupo 1

		Distribuição eletrônica por camadas						
Período	Elemento químico	K	L	M	N	O	P	Q
2	Li	2	1					
3	Na	2	8	1				
4	K	2	8	8	1			
5	Rb	2	8	18	8	1		
6	Cs	2	8	18	18	8	1	
7	Fr	2	8	18	32	18	8	1

Fonte consultada: LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. Tradução: Henrique E. Toma, Koiti Araki e Reginaldo C. Rocha. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

Observe que o número de elétrons na camada de valência é o mesmo para todos os elementos químicos do grupo. A investigação da configuração eletrônica de diferentes elementos químicos mostrou que o número de elétrons de valência estava relacionado às propriedades semelhantes apresentadas pelos elementos químicos de um mesmo grupo. A distribuição eletrônica também nos ajuda a compreender a formação dos períodos da tabela periódica: os átomos dos elementos químicos que fazem parte de um mesmo período apresentam o mesmo número de camadas eletrônicas ocupadas.

O conhecimento acerca dos modelos atômicos e da distribuição dos elétrons continuou em um processo de desenvolvimento e refinamento, levando à melhor compreensão das propriedades apresentadas pelos elementos químicos, especialmente os de transição.

Distribuição eletrônica por subníveis de energia

No período de 1920 a 1930, os espectros atômicos estavam sendo estudados por diversos cientistas. Esses estudos revelaram que as linhas do espectro descontínuo eram formadas, na verdade, por conjuntos de linhas mais finas muito próximas umas das outras. Em 1926, com base no trabalho do físico francês Louis de Broglie (1879-1955) – que se valia das teorias de Einstein e de Planck para explicar o comportamento da matéria como partícula e como radiação, conhecido como **dualidade onda-partícula** –, o físico austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961) propôs uma nova descrição matemática para o átomo de hidrogênio, utilizando a mecânica ondulatória para descrever o comportamento dos elétrons por meio de funções de onda (Ψ). Ao mesmo tempo que Schrödinger, outros físicos trabalharam na descrição do átomo quântico. Um deles foi o físico alemão Werner Heisenberg (1901-1976) que em 1927 formulou o princípio da incerteza, segundo o qual não seria possível determinar com a mesma precisão simultaneamente a velocidade e a posição dos elétrons ao redor do núcleo. Na mesma época, o físico alemão Max Born (1882-1970) propôs que o quadrado da função de onda poderia ser associado à probabilidade de se encontrar o elétron em determinada região ao redor do núcleo (interpretação estatística da mecânica quântica). Assim, os elétrons não estariam distribuídos em órbitas fixas, mas em regiões ao redor do núcleo, denominadas **orbitais**, nas quais a probabilidade de eles estarem é maior. Os orbitais eletrônicos podem ser considerados soluções matemáticas da equação descrita por Schrödinger. Graficamente, a representação dos orbitais pode ser obtida calculando-se o quadrado do módulo das funções de onda, $|\Psi|^2$ (**Fig. 2.11**).

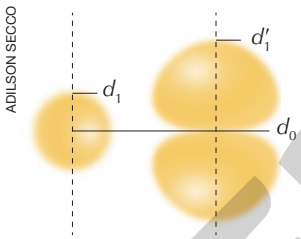


Figura 2.11 Representação esquemática de dois orbitais com energias diferentes. O centro da figura corresponde ao núcleo (d_0), região em que a probabilidade de encontrar um elétron é nula. Afastando-se do núcleo, ao longo da linha pontilhada, a probabilidade volta a ser nula aproximadamente em d_1 e d'_1. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Um conjunto de orbitais forma um **subnível** de energia, ao qual pode ser associada uma das linhas mais finas observadas nos espectros atômicos. Cada um dos níveis de energia previstos no modelo de Bohr-Sommerfeld é subdividido em até quatro subníveis, representados pelas letras **s**, **p**, **d** e **f**, contendo, respectivamente, 1, 3, 5 e 7 orbitais, e cada orbital comporta no máximo dois elétrons. Para determinar a configuração eletrônica de um átomo no estado fundamental, sem precisar realizar cálculos matemáticos, pode-se utilizar o **diagrama das diagonais**, no qual a ordem de energia dos subníveis é indicada pelas setas (**Fig. 2.12**).

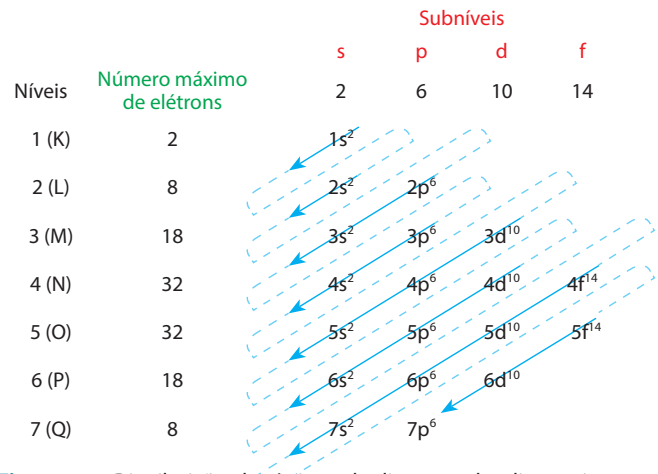


Figura 2.12 Distribuição eletrônica pelo diagrama das diagonais. A soma do número de elétrons dos subníveis (s, p, d, f) corresponde ao número máximo de elétrons nos respectivos níveis de energia (de K a Q). A distribuição dos elétrons segue o sentido definido pelas setas azuis na diagonal.

Werner Heisenberg fez também uma formulação do comportamento do elétron com base em matrizes, que seria depois utilizada pelo físico teórico inglês Paul Dirac (1902-1984) na descrição dos *spins* eletrônicos.

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

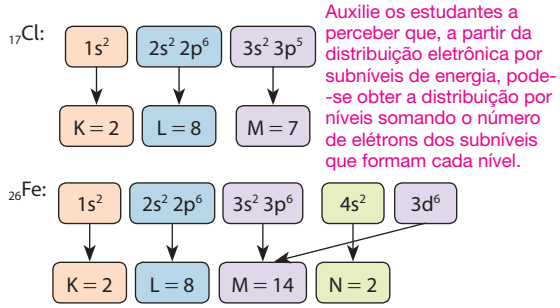
MODERNA

Esse diagrama também é conhecido como diagrama de Pauling, em referência ao químico estadunidense Linus Carl Pauling (1901-1994), um dos primeiros a aplicar à Química os conceitos da Mecânica Quântica.

A sequência apresentada a seguir corresponde à ordem crescente de energia dos orbitais, conforme descrita no diagrama das diagonais.

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p

Observa-se que o subnível 4s apresenta energia inferior à do subnível 3d. Assim, na distribuição eletrônica, o 4s é preenchido primeiro, embora corresponda a uma camada mais afastada do núcleo. Compare a distribuição eletrônica dos elementos químicos cloro e ferro na **Figura 2.13**.



Auxilie os estudantes a perceber que, a partir da distribuição eletrônica por subníveis de energia, pode-se obter a distribuição por níveis somando o número de elétrons dos subníveis que formam cada nível.

Figura 2.13 Distribuição eletrônica em subníveis e níveis de energia dos átomos dos elementos químicos cloro e ferro.

O ferro é considerado um elemento químico de transição. Os elementos químicos de transição possuem uma subcamada d ou f parcialmente preenchida.

Também é possível determinar por procedimento semelhante a configuração eletrônica de íons. A transferência de elétrons dos átomos para a formação de íons envolve a camada de valência, ou seja, o nível mais afastado do núcleo. Compare as configurações eletrônicas do ânion cloreto ($_{17}Cl^-$) e do cátion ferro(II) ($_{26}Fe^{2+}$) apresentadas na **Figura 2.14** com as mostradas na **Figura 2.13**.

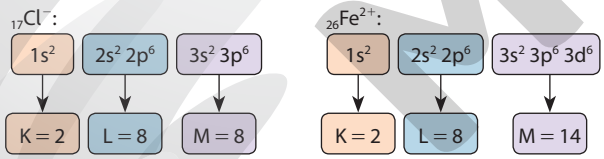


Figura 2.14 Distribuição eletrônica em subníveis e níveis de energia dos íons cloreto e ferro(II).

Observa-se que, no ânion cloreto, o elétron recebido ocupa um subnível na camada de valência (M). No cátion ferro(II), os dois elétrons foram retirados da camada de valência (N), e não do subnível 3d. Com a formação do íon, o subnível 4s da camada de valência ficou vazio, por isso ele não é representado na distribuição eletrônica.

Determinar a configuração eletrônica dos átomos auxilia na compreensão e predição das ligações químicas que eles podem formar. Esse conhecimento é importante para estudar a composição das substâncias que constituem nosso planeta e que deram origem aos primeiros organismos vivos, mas também tem aplicação direta na síntese de novos materiais, na produção e armazenamento de energia, no desenvolvimento de fármacos, entre outras.

Propriedades periódicas

Átomos de elementos químicos com configurações eletrônicas similares – e, por consequência, propriedades semelhantes – estão representados no mesmo grupo da tabela periódica. Essas propriedades se repetem em intervalos regulares, após cada período da tabela, e são, por isso, denominadas propriedades periódicas. Elas se dividem em propriedades atômicas – as quais impactam nas propriedades das substâncias simples, formadas apenas por átomos de um mesmo elemento químico –, propriedades químicas e propriedades físicas. Estas últimas são as que variam de forma menos regular com o número atômico.

Densidade

A densidade de um material a uma dada temperatura corresponde à razão entre a massa e o volume desse material. Essa propriedade física da matéria aumenta, no grupo, com o aumento do número atômico. Com relação ao período, a tendência observada é o aumento da densidade dos grupos 1 e 18 em direção ao centro do bloco dos elementos químicos de transição. Para exemplificar, os metais mais densos são o ósmio e o irídio.

Energia de ionização

Quando se transfere energia a um átomo (por aquecimento, por exemplo), os elétrons podem absorvê-la, passando para níveis mais energéticos que os do seu estado fundamental, como prevê o modelo de Bohr-Sommerfeld. Se a energia transferida for suficiente, é possível vencer a atração entre um elétron de uma camada mais externa e o núcleo, removendo o elétron do átomo, transformando-o em um cátion. Essa energia é chamada **energia de ionização** (E_i).

O valor da energia de ionização – medida em elétron-volt (eV) – depende de quão afastado o elétron está do núcleo e, consequentemente, da força de atração entre eles. A energia de ionização é determinada experimentalmente com o átomo na fase gasosa e no estado fundamental. A fase gasosa é considerada referência porque nela os átomos ficam isolados, com o mínimo possível de interferências mútuas. Assim, a energia necessária para retirar o elétron é igual à energia com a qual o elétron é atraído pelo núcleo.

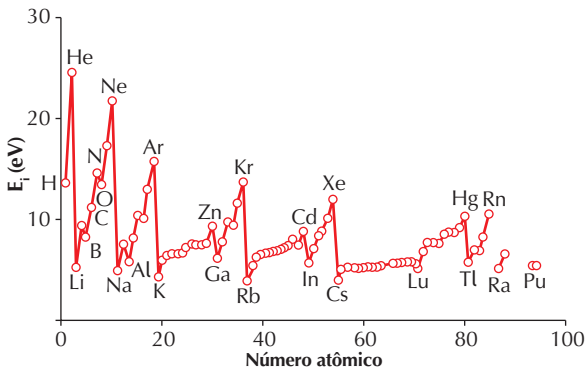
A energia necessária para retirar o elétron mais externo do átomo é chamada primeira energia de ionização. A segunda energia de ionização é a energia necessária para retirar o segundo elétron mais externo, ou seja, o elétron mais externo do cátion formado na primeira etapa, e assim sucessivamente. A energia de ionização varia de acordo com o número atômico, como mostra o gráfico da **Figura 2.15**.

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

MODERNA

Peça aos estudantes que localizem na tabela periódica os elementos químicos mostrados no gráfico e, a partir disso, deduzam como varia essa propriedade periódica.

Figura 2.15 Primeira energia de ionização *versus* número atômico



ADILSON SECCO

Fonte: ATKINS, P.; DE PAULA, J. *Physical chemistry*. 7. ed. Nova York: W. H. Freeman and Company, 2003.

Na tabela periódica, em determinado período, a energia de ionização tende a aumentar à medida que cresce o número atômico. Em um mesmo grupo, a energia de ionização tende a diminuir com o aumento do número atômico. Isso acontece por causa da carga nuclear efetiva, que corresponde à força resultante de interação elétrons-núcleo, que considera a força de atração do núcleo e a repulsão dos elétrons das camadas mais internas. Quanto maior a carga nuclear efetiva, maior a energia necessária para vencer a força de atração entre elétron e núcleo e ionizar o átomo. A remoção de um ou mais elétrons, por aumentar a carga nuclear efetiva, faz com que o **raio do cátion** seja menor que o raio do átomo correspondente.

Na **Tabela 2.4** são apresentados os valores aproximados para as três primeiras energias de ionização dos elementos químicos do primeiro e segundo períodos da tabela periódica.

A segunda energia de ionização de um átomo é sempre maior que a primeira. Ou seja, mais energia é necessária para remover um elétron de um íon com carga positiva que de um átomo. Além disso, a remoção de elétrons de camadas mais próximas ao núcleo do átomo demanda mais energia que remover elétrons da camada de valência. Por exemplo, a remoção do primeiro elétron do átomo de berílio requer 9,3 eV, e cerca de duas vezes mais energia é necessária para remover o segundo elétron da camada de valência. Já para remover o terceiro elétron do berílio que está na camada mais interna e, portanto, mais próxima do núcleo, é necessário cerca de 16 vezes mais energia que na primeira ionização.

Tabela 2.4 Energias de ionização de alguns elementos químicos

Z	Elemento químico	1ª energia de ionização (eV)	2ª energia de ionização (eV)	3ª energia de ionização (eV)
1	H	13,6	—	—
2	He	24,6	54,4	—
3	Li	5,4	75,6	122,4
4	Be	9,3	18,2	153,9
5	B	8,3	25,2	37,9
6	C	11,3	24,4	47,9
7	N	14,5	29,6	47,4
8	O	13,6	35,1	54,9
9	F	17,4	35,0	62,7
10	Ne	21,6	41,0	63,4

Fonte: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis, 2010.

Afinidade eletrônica

Os átomos também podem receber elétrons, tornando-se íons negativos (ânions). Nesse caso, energia é liberada pelo átomo e pode ser medida. Essa energia é chamada **afinidade eletrônica** (E_{ae}). Assim como a energia de ionização, essa propriedade é determinada em átomos na fase gasosa e é geralmente medida em elétrons-volt, como no exemplo a seguir.

$$Cl(g) + 1\ e^- \longrightarrow Cl^-(g) \qquad E_{ae} = 3{,}61\ eV$$

Essa representação indica que um átomo de cloro libera 3,61 elétron-volts ao receber um elétron, transformando-se no ânion cloreto, uma nova espécie química.

A afinidade eletrônica indica a tendência do átomo em receber o elétron e formar ânions. Quanto maior a afinidade eletrônica, maior a tendência de um átomo a receber elétrons. O ganho de elétrons aumenta as repulsões elétron-elétron; consequentemente, o **raio do ânion** é maior que o raio do átomo correspondente. Na tabela periódica, a afinidade eletrônica varia praticamente da mesma forma que a energia de ionização.

Existem outras propriedades que seguem o padrão de organização dos elementos da tabela periódica, como raio atômico e temperatura de fusão e ebulição. Além disso, a tabela periódica compila informações sobre a configuração eletrônica, o que pode ser útil para identificarmos que tipos de substância podem ser formados por determinados elementos químicos. Por esse motivo, saber acessar as informações contidas na tabela periódica contribui para a compreensão dos mais variados processos sob o ponto de vista da composição da matéria.

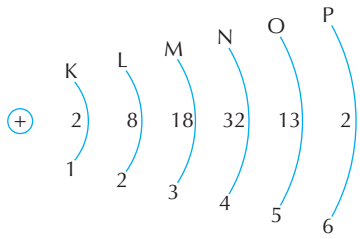
Atividades

Registre em seu caderno

1. Os íons de cobre são utilizados em fogos de artifício para obter a cor azul durante as explosões. Com base no modelo de Bohr-Sommerfeld, explique por que ocorre a emissão da cor observada.
2. O flúor, na forma de íons F^-, é importante para a saúde bucal porque ajuda a prevenir o surgimento de cáries. Sabendo que o flúor tem número atômico 9, identifique na tabela periódica qual dos elementos químicos, no estado eletricamente neutro, apresenta a mesma configuração eletrônica do ânion F^-.
3. Com base nos conhecimentos relativos à formação dos elementos químicos, explique por que a massa atômica associada a cada elemento químico não é representada por um valor exato.

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

4. A ilustração a seguir representa a distribuição por níveis de energia dos elétrons em um átomo. Analise-a e responda ao que se pede.



a) Quantos elétrons tem o átomo representado?
b) Quantos prótons tem o átomo representado?
c) Qual é o seu número atômico?
d) Consulte a tabela periódica para verificar a que elemento químico o átomo corresponde. Como a organização da tabela periódica facilita a localização dos elementos químicos nela?

5. A caracterização da composição química de estrelas se baseia na observação de linhas espectrais obtidas a partir da observação espacial. O espectro atômico relacionado ao elemento químico hidrogênio apresenta quatro linhas. Sabendo que há apenas um elétron na eletrosfera do hidrogênio, como explicar a partir do modelo atômico de Bohr as múltiplas linhas do espectro obtido?



Representação do espectro de emissão atômica do hidrogênio.

Fonte: PENN STATE UNIVERSITY. *Periodic table of the elements*. Disponível em: <http://chemistry.bd.psu.edu/jircitano/periodic4.html>. Acesso em: 14 jun. 2020.

6. O modelo atômico passou por diversas alterações ao longo da história e até hoje é motivo de discussão. O que isso revela sobre a construção da Ciência e sua relação com a tecnologia e o momento histórico?

7. A distribuição dos elétrons na eletrosfera fornece informações importantes sobre o átomo. A seguir, são apresentadas duas configurações eletrônicas para o átomo de magnésio (Z = 12).

A: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$

B: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1\ 3p^1$

A respeito dessas configurações, são feitas as seguintes afirmações:

I. "A" representa a configuração eletrônica do estado fundamental.
II. "B" representa a configuração eletrônica correspondente a um estado excitado.
III. A passagem de "A" para "B" ocorre com absorção de energia.
IV. "B" representa um íon de magnésio.

As afirmações corretas são:

a) I e II.
b) I, II e III.
c) II e IV.
d) I, II e IV.
e) III e IV.

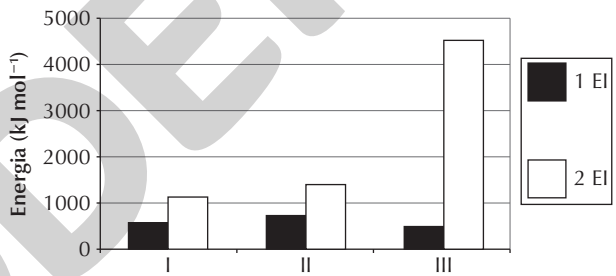
8. Leia o trecho a seguir e responda às questões.

> [...] A temperatura extrema na qual o núcleo da Terra se formou há mais de 4 bilhões de anos teria eliminado completamente qualquer metal precioso [tais como o platina e ródio] da crosta rochosa e o depositado no núcleo [...].

Fonte: FAPESP. Metais extraterrestres. *Agência Fapesp*. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/metais-extraterrestres/11233/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

Que propriedade provavelmente está relacionada ao movimento dos referidos metais preciosos citados em direção ao núcleo terrestre? Com base nas propriedades periódicas, elementos de que grupo e período devem ser encontrados no núcleo da Terra?

9. (Unifesp) O gráfico apresenta as primeiras e segundas energias de ionização (1 EI e 2 EI) para os elementos sódio, magnésio e cálcio, indicados como I, II e III, não necessariamente nessa ordem.



Dentre esses elementos, aqueles que apresentam os maiores valores para a primeira e para a segunda energia de ionização são, respectivamente,

a) cálcio e magnésio.
b) cálcio e sódio.
c) magnésio e cálcio.
d) magnésio e sódio.
e) sódio e magnésio.

10. Determine a configuração eletrônica por níveis de energia dos primeiros 20 elementos químicos da tabela periódica. Com os resultados, elabore um gráfico com o número de elétrons de valência no eixo das ordenadas e o número atômico no eixo das abscissas. Você observa alguma regularidade? Discuta com os colegas de que maneira esse gráfico poderia se relacionar com a disposição dos elementos químicos na tabela periódica.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

TEMA 3

Evolução estelar e o Sistema Solar

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 6
Habilidades: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT209; EM13CNT301



S. GARCIA COURNOYER/ALAMY/FOTOARENA

Figura 3.1 Imagem do céu estrelado capturada na região Centro-Oeste do Brasil. (Pirenópolis, GO, 2019).

As estrelas que podemos ver na **Figura 3.1** são esferas gigantescas de gases em forma de plasma que brilham por estarem muito quentes. A luz de algumas delas demora tanto tempo para chegar à Terra que, em certos casos, elas nem existem mais no momento em que as observamos. Mas por que uma estrela deixaria de existir? É isso que veremos neste Tema ao estudarmos a evolução das estrelas. Além disso, vamos estudar os modelos propostos para explicar o nosso Sistema Solar.

Cores das estrelas

Se possível, instale em um *smartphone* ou *tablet* um aplicativo com a função de "mapa estelar". Com esse tipo de aplicativo, você pode apontar o aparelho para o céu e saber o nome das estrelas e planetas que se encontram naquela direção. Girando o dispositivo, em tempo real, as estrelas mostradas na tela mudam. Em uma noite, de preferência com poucas nuvens, vire o dispositivo para o céu e identifique algumas estrelas. Tente perceber se há diferença na coloração delas. Em determinados aplicativos há, na representação gráfica da estrela, a indicação da sua coloração.



TONY & DAPHNE HALLAS/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/ FOTOARENA

No meio da constelação de Escorpião (**Fig. 3.2**), visível no hemisfério sul nos meses de inverno, por exemplo, podemos ver a olho nu uma estrela avermelhada conhecida como "coração do Escorpião", exatamente por sua cor. Seu nome, na verdade, é Antares. E, às vezes, também vemos estrelas mais azuladas, como as famosas Três Marias, da constelação de Órion. Mas por que estrelas têm cores diferentes?

Figura 3.2 Constelação de Escorpião. As linhas imaginárias se assemelham à forma de um escorpião.

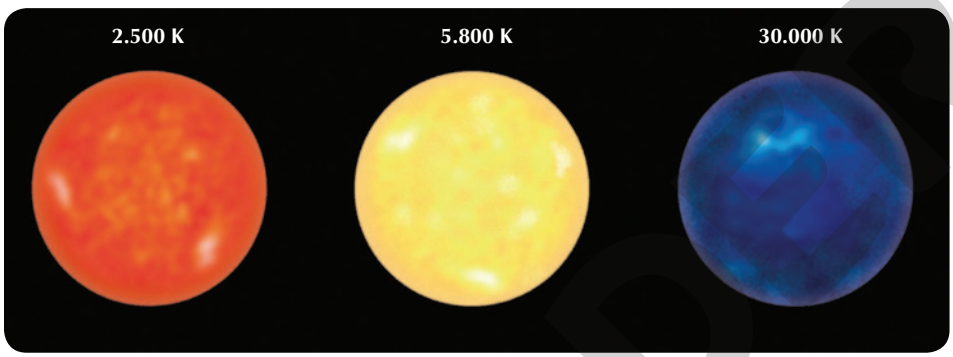
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

A cor das estrelas depende da temperatura de sua superfície. Estrelas mais frias têm cor mais próxima dos tons de vermelho, enquanto estrelas mais quentes têm cor mais próxima dos tons de azul. Isso está relacionado ao fato de a intensidade máxima da radiação emitida estar mais ou menos próxima de uma determinada região do espectro eletromagnético. Veja, por exemplo, as barras de metal na **Figura 3.3**. À medida que a temperatura do metal aumenta, sua cor passa de vermelha para alaranjada.


BALL LUNLA/SHUTTERSTOCK

Figura 3.3 Conforme a temperatura da barra de metal aumenta, ela se torna alaranjada.

A **Figura 3.4** mostra a cor de estrelas com diferentes temperaturas. Estrelas vermelhas são mais frias, como Antares, que tem cerca de 2.500 K de temperatura superficial. Já o Sol tem cerca de 5.800 K e apresenta a cor branca (como se constata por fotos feitas do espaço), apesar de ser visto como amarelo, alaranjado ou avermelhado no céu terrestre quando está próximo ao horizonte, o que se deve à dispersão dos raios na atmosfera. As estrelas azuis têm superfície mais quente ainda; as Três Marias, por exemplo, têm cerca de 30.000 K de temperatura superficial.



PAULO MANZI

Figura 3.4 A cor da estrela depende da sua temperatura.

Nascimento e fonte da energia das estrelas

As estrelas nascem em regiões formadas por imensas nuvens de gás (na maior parte hidrogênio e hélio) e poeira denominadas nebulosas. Em razão da força gravitacional, as partículas que formam as nuvens se atraem gravitacionalmente e se concentram formando um gigantesco disco. No centro do disco existe uma massa esférica que chamamos de **protoestrela**. Cada vez mais a protoestrela se compacta levando a um aumento vertiginoso de sua temperatura interna, o que faz que com que se inicie a fusão nuclear de átomos de hidrogênio. Com o início do processo de fusão e a energia liberada, a compactação cessa e a esfera de gás entra em equilíbrio, ficando estável. Podemos dizer, então, que é nesse momento que a estrela nasce. Assim, por meio da fusão nuclear, as estrelas produzem sua própria energia e, consequentemente, seu brilho (**Fig. 3.5**). Com a teoria da relatividade, publicada em 1905 e 1915, Albert Einstein mostrou que a eficiência máxima de produção de energia ocorre quando a matéria é aniquilada, ou seja, quando a massa é transformada em energia. E esse fenômeno obedece à seguinte equação:

$$E = m \cdot c^2$$

em que m é a massa aniquilada e c é a velocidade da luz.

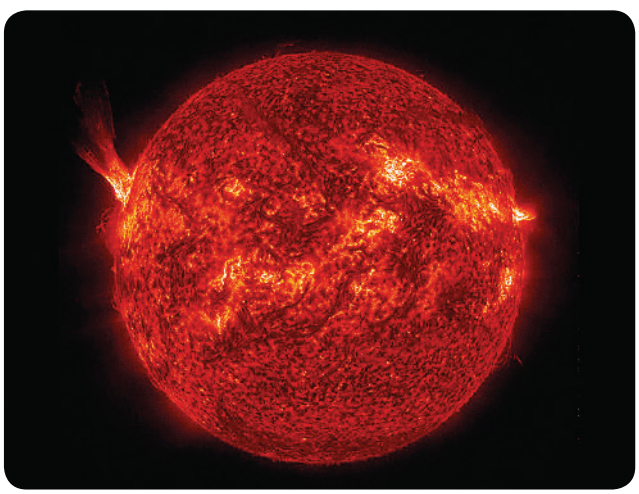

SDO/NASA

Figura 3.5 Imagem do Sol registrada pela sonda Solar Dynamics Observatory (2015) e colorida artificialmente.

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

MODERNA

Em 1920, depois da publicação da teoria da relatividade, o físico inglês Arthur Eddington (1882-1944) propôs que essa equação poderia explicar a fonte da energia do Sol, mas não conseguiu desenvolvê-la completamente, pois o estudo da estrutura dos átomos era muito recente. Finalmente, em 1938, o físico alemão Hans Albrecht Bethe (1906-2005) desenvolveu a teoria da fusão nuclear e explicou como ela poderia fazer as estrelas brilharem. Por esse estudo recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1967.

Todas essas conclusões nos permitem realizar estimativas sobre quanto tempo o Sol ainda brilhará, por exemplo. Supondo que ele converterá cerca de 10% de sua massa de hidrogênio em hélio, ao longo de sua vida, e sabendo que 75% do Sol é composto de hidrogênio, cálculos mostram que o Sol deve brilhar por cerca de 10 bilhões de anos.

Morte das estrelas

O fim de cada estrela vai depender de sua massa inicial. Quanto maior a massa da estrela, mais rapidamente ela executará as reações termonucleares, reduzindo seu tempo de vida. Quanto menor a massa da estrela, mais tempo ela viverá. Na **Figura 3.6** são mostrados diferentes estágios da evolução das estrelas. É importante lembrar que estamos usando os termos *nascer*, *viver* e *morrer* apenas como analogia, uma vez que as estrelas são entidades abióticas.

PAULO MANZI

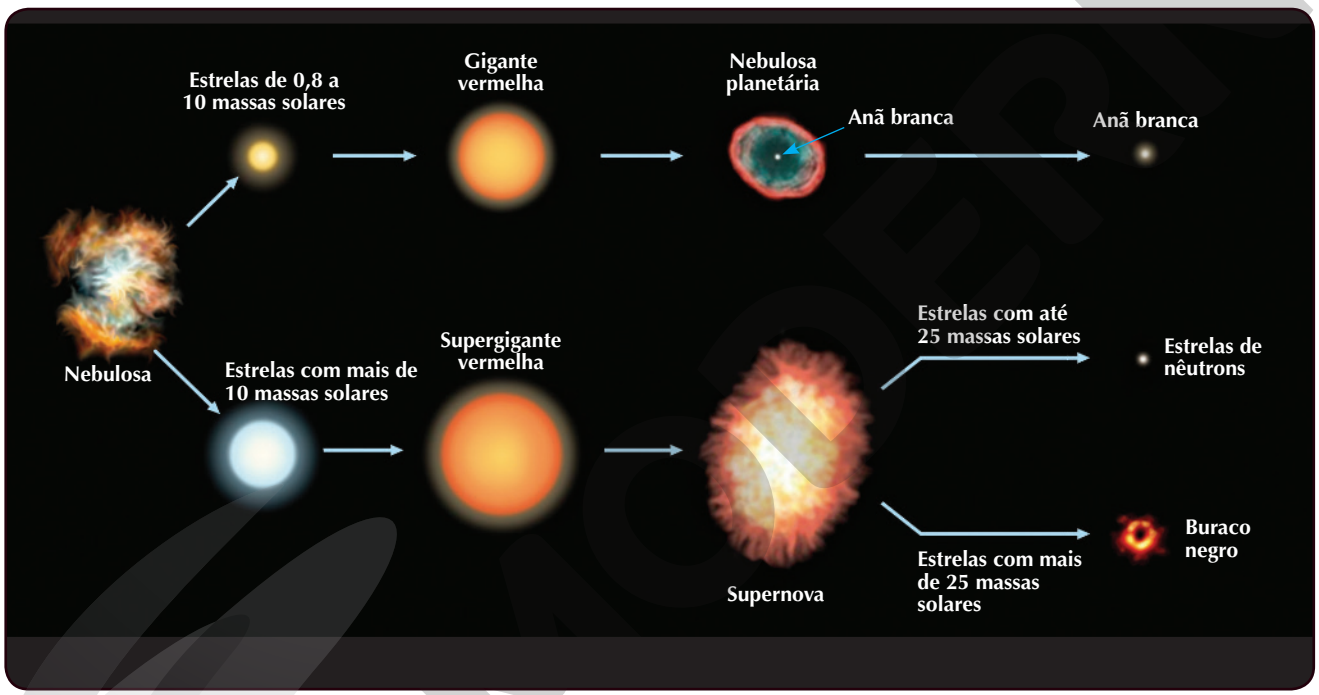


Figura 3.6 Estágios evolutivos de estrelas de massas diferentes. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Estrelas que iniciam sua vida com 0,8 a 10 massas solares convertem hidrogênio em hélio durante cerca de 10 bilhões de anos. Quando essa queima se encerra, ela não fica mais em equilíbrio, e a gravidade faz com que seu núcleo comece a se contrair. Em uma camada fina ao redor do núcleo, o hidrogênio continua se fundindo em hélio. A súbita contração do núcleo aquece as camadas exteriores a ele, fazendo com que elas se expandam. Como a estrela fica maior em tamanho, sua temperatura superficial diminui e ela se torna vermelha. Nessa fase, dizemos que a estrela é uma **gigante vermelha**. Quando o Sol virar uma gigante vermelha, ele engolirá Mercúrio e Vênus, e a radiação solar na Terra será tão grande que a temperatura atingirá cerca de 700 °C, evaporando os oceanos, talvez até mesmo a Terra, extinguindo qualquer tipo de vida que poderá ainda existir no planeta. Mas isso só acontecerá em bilhões de anos no futuro.

O núcleo da gigante vermelha fica cada vez mais quente até atingir uma temperatura de 100.000.000 °C e começa a converter hélio em carbono. Quando a queima do hélio se encerra, a estrela novamente perde o equilíbrio, mas dessa vez de modo irreversível. O núcleo volta a se contrair e as camadas externas voltam a se expandir, mas a temperatura no centro não atinge o valor necessário para fundir o carbono.

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

PAULO MANZI

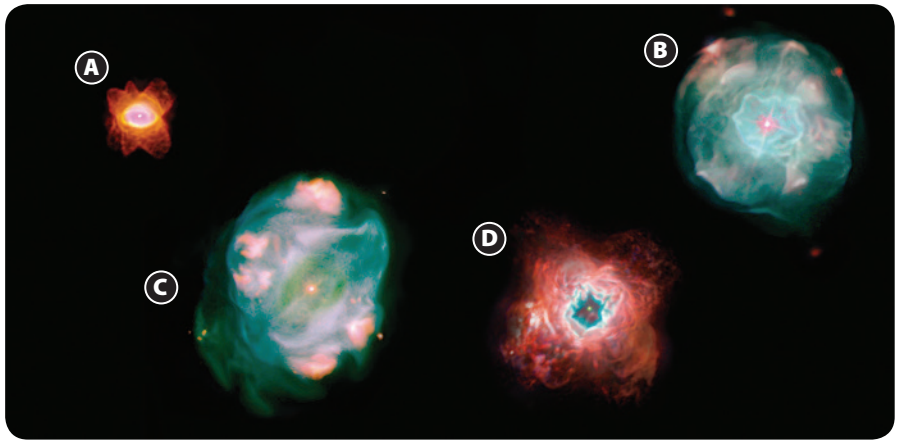


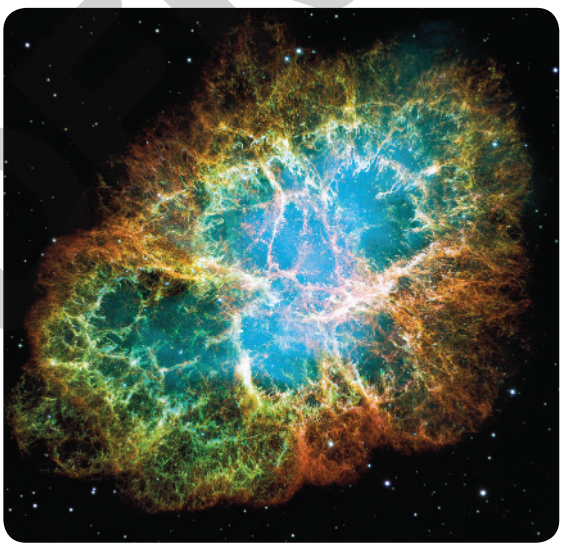
Figura 3.7 Representações esquemáticas de nebulosas planetárias registradas pela Wide Field Planetary Camera 2, uma câmera instalada no telescópio espacial Hubble. **(A)** He 2-47. **(B)** IC 4593. **(C)** NGC 5307. **(D)** NGC 5315. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Essas instabilidades expulsam as camadas exteriores da estrela, restando apenas o núcleo compacto de carbono, que chamamos de **anã branca**, e uma estrutura gasosa, como se fosse uma nuvem, ao seu redor. Essa estrutura final, formada pela anã branca mais a estrutura gasosa, é chamada de **nebulosa planetária** (**Fig. 3.7**). Somente depois de muito tempo, os gases se dispersam, restando apenas a anã branca.

As estrelas que iniciam sua vida com mais de dez massas solares evoluem de modo bem mais rápido. Uma estrela de 30 massas solares, por exemplo, passa 5 milhões de anos na fase estável de conversão de hidrogênio em hélio.

Essas estrelas também passam por diversos processos de contração e expansão, inclusive pela fase de **supergigante vermelha**, que é similar à fase da gigante vermelha, mas conseguem ir bem mais longe que as estrelas menos massivas, e fundem elementos químicos em seus núcleos até o ferro.

Depois do ferro, a estrela não consegue mais fundir nenhum elemento. Dessa forma, não existe nada que equilibre a gravidade. A estrela entra em colapso e explode, virando uma **supernova** (**Fig. 3.8**). A energia liberada nessa explosão é tão grande que o brilho pode ser maior que o de uma galáxia inteira com 200 bilhões de estrelas. É nessa explosão que os outros elementos da tabela periódica depois do ferro são formados. Os mecanismos físicos que geram uma explosão dessa magnitude ainda estão sendo estudados por simulações em supercomputadores e por observações astronômicas, que indicam estarem relacionados à intensa produção de partículas subatômicas no colapso gravitacional, os neutrinos.



ESA, J. HESTER, A. LOLL (ASU)/NASA

Figura 3.8 Exemplo de uma supernova: nebulosa do Caranguejo. A imagem final foi obtida por meio de outras 24 diferentes imagens captadas pela Wide Field Planetary Camera 2, do telescópio Hubble (imagens captadas em 1999 e 2000).

Em estrelas de até aproximadamente 25 massas solares, o que resta no centro da supernova é uma **estrela de nêutrons** (**Fig. 3.9**). Elas são extremamente compactas e densas e combinam os prótons e os elétrons para produzir nêutrons.

PAULO MANZI

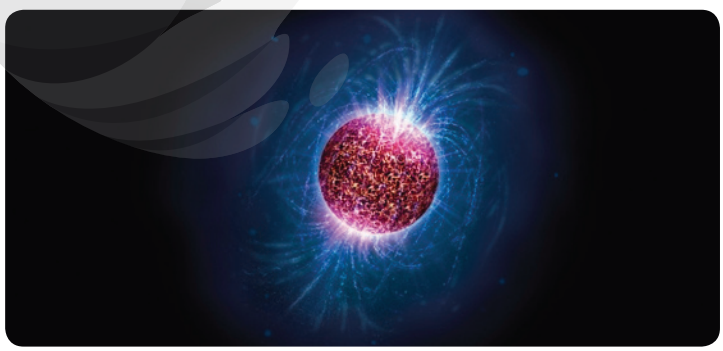


Figura 3.9 Representação artística de uma estrela de nêutrons.

Em estrelas com mais de 25 massas solares, o que resta no centro da supernova é um **buraco negro**.

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

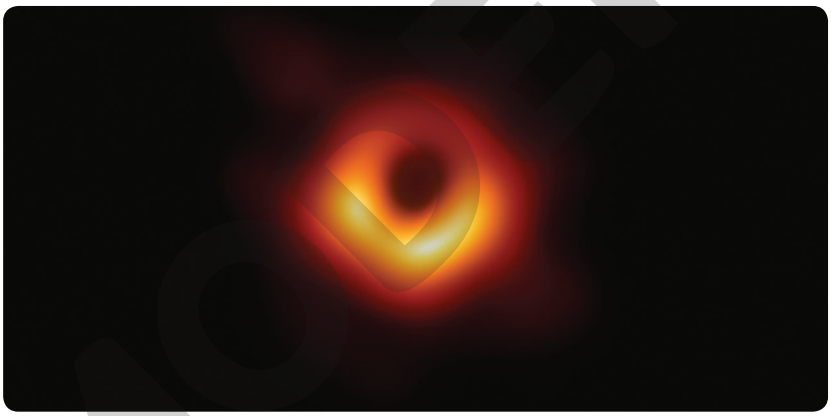
Buracos negros

Buracos negros são objetos que concentram uma massa muito grande em um espaço tão pequeno que é considerado adimensional. Imagine, por exemplo, toda a massa do Sol concentrada na ponta de um alfinete. A densidade de um buraco negro é infinitamente maior.

Por ter uma concentração tão grande de massa, podemos imaginar o efeito do buraco negro pensando na analogia da cama elástica. É como se ele furasse a malha da cama elástica, de modo que tudo o que caísse na direção desse furo não pudesse mais voltar para o lugar onde estava. Ou seja, tudo o que cai num buraco negro não tem chance alguma de sair, e isso inclui até mesmo radiação. No interior de um buraco negro, é como se o tempo não existisse. O nome buraco negro deve-se ao fato de que toda radiação que se aproxima é absorvida por ele, de modo que não pode ser observado diretamente.

Buracos negros são formados após a morte de estrelas massivas. Embora toda a sua massa esteja estritamente concentrada em um ponto, a chamada singularidade, os buracos negros apresentam o chamado **horizonte de eventos**, uma região no espaço na qual a gravidade é tão forte que até a luz fica presa ali dentro. O horizonte de eventos varia com a massa do buraco negro. Um buraco negro que tivesse a massa do Sol, por exemplo, teria um horizonte de eventos do tamanho aproximado do diâmetro da Terra.

Em 2019, astrônomos conseguiram obter a primeira imagem ao redor de um buraco negro (**Fig. 3.10**), o chamado **disco de acreção**. Foi um marco histórico que permitiu comprovar toda a teoria existente sobre buracos negros. Essa imagem, contudo, não é do buraco negro em si, pois ele não emite luz. A parte avermelhada da imagem está relacionada aos fenômenos que ocorrem com a matéria quando ela está extremamente próxima ao horizonte de eventos.



THE EVENT HORIZON TELESCOPE (EHT) COLLABORATION/(CC BY 4.0)/ESO

Figura 3.10 Primeira imagem obtida da região ao redor de um buraco negro.

:: Surgimento do Sistema Solar

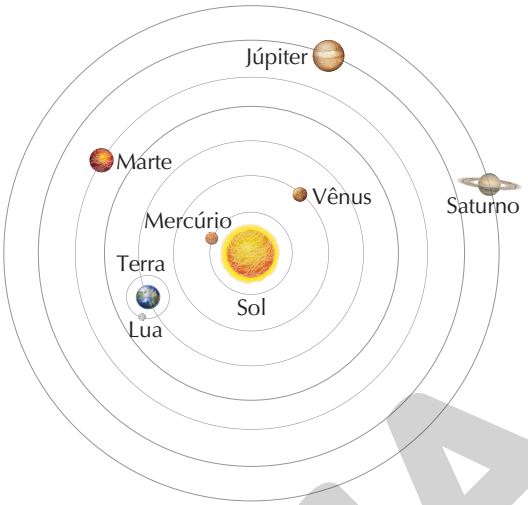
Modelos geocêntrico e heliocêntrico

Todo o nosso conhecimento do Sistema Solar e das estruturas do Universo não é novo. Ele foi desenvolvido durante um longo período de nossa história e com bastante dificuldade em vários momentos. Envolveu desde observações a olho nu até observações com telescópios, realizadas a partir do século XVII, chegando à fotografia, e medidas diretas feitas por sondas espaciais enviadas para passar próximo de todos os planetas, por meio de missões iniciadas no século XX.

Um astrônomo e teólogo alemão crucial no desenvolvimento do conhecimento sobre o Sistema Solar foi Johannes Kepler (1571-1630). Ele desenvolveu um modelo que considerava as órbitas dos planetas elípticas, e não circulares. Com base em seus estudos, Kepler criou três leis do movimento planetário para explicar o movimento dos planetas em torno do Sol. Seu modelo de Sistema Solar é o **modelo heliocêntrico**, chamado assim por apresentar o Sol ao centro com os planetas girando ao redor. Porém, Kepler não foi o primeiro a considerar um modelo heliocêntrico. Houve, antes dele, o trabalho de um cônego, médico e astrônomo polonês chamado Nicolau Copérnico (1473-1543). Em um manuscrito de 1503, Copérnico retomou as ideias do matemático e astrônomo grego Aristarco de Samos (310 a.C.-230 a.C.) sobre o modelo heliocêntrico. Com base em suas observações,

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

Aristarco afirmava que a Terra e os planetas giravam em torno do Sol (**Fig. 3.11**), contrapondo-se ao **modelo geocêntrico**, que situava a Terra no centro no Universo. A proposta geocêntrica foi desenvolvida por diversos pensadores da Antiguidade, como Aristóteles, Ptolomeu e vários outros, que procuravam descrever um modelo que explicasse a organização dos corpos celestes de acordo com a filosofia, cultura, religião e contexto sociopolítico da época.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 3.11 Sistema planetário heliocêntrico segundo Copérnico. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

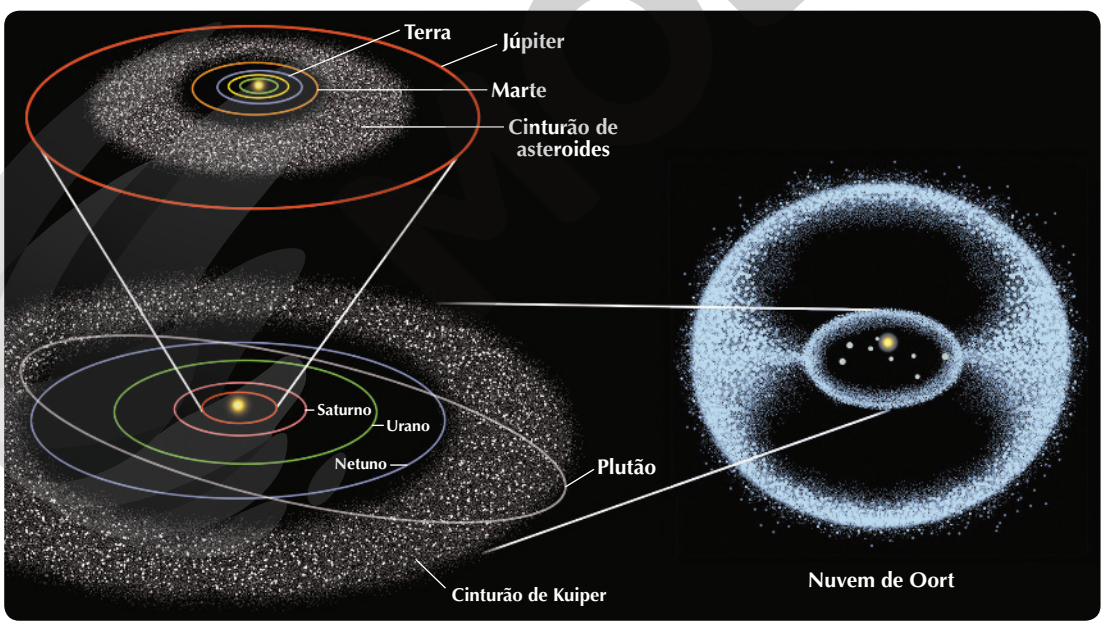
Copérnico reuniu sua obra em seis volumes e a chamou de *Sobre as revoluções dos corpos celestes*. Seus escritos influenciaram outros estudiosos da mecânica celeste, como Kepler e o italiano Galileu Galilei (1564-1642).

Galileu, por sua defesa do heliocentrismo, foi condenado à prisão domiciliar perpétua. Isso porque, na Europa da Idade Média, a Igreja Católica impunha muitos de seus interesses e credos. Seus tribunais de inquisição condenaram diversos cientistas que se contrapunham à visão religiosa geocêntrica da época. Também Giordano Bruno (1548-1600) foi condenado à morte na fogueira; ele foi responsável por expandir o heliocentrismo copernicano, assumindo que as estrelas eram sóis, como o nosso, muito distantes. Somente em 1992, a Igreja Católica, por meio do papa João Paulo II, reconheceu seu erro no julgamento de Galileu, aceitando a visão não geocêntrica.

Se atualmente podemos ter acesso a conhecimentos sobre o Sistema Solar, os ciclos solares, o solo da Lua, a Via Láctea e outras galáxias, a composição do solo de Marte, a água existente em um dos satélites naturais de Júpiter, entre tantos outros, devemos a todos os astrônomos, matemáticos e físicos que desafiaram poderes e limites para ampliar e aprofundar os estudos sobre o Universo, pois foi com eles que tudo começou.

Características do Sistema Solar

Hoje, sabemos que nosso Sistema Solar é composto de uma estrela central, o Sol, ao redor do qual orbitam oito planetas e outros corpos, como planetas-anões, satélites, asteroides e cometas. Somando as massas de todos os elementos do Sistema Solar, o Sol representa 99,87% da massa total.



PAULO MANZI

Figura 3.12 Representação de elementos e órbitas do Sistema Solar. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Quando falamos em distâncias entre planetas, costumamos adotar uma unidade de medida diferente do quilômetro, que é a **unidade astronômica** (ua). Ela equivale aproximadamente à distância entre a Terra e o Sol, ou seja: 1 ua $\simeq$ 150 milhões de km. Na **Figura 3.12**, representamos a disposição dos principais elementos do Sistema Solar. Na parte mais interna, num raio de aproximadamente 4 ua, estão os planetas Mercúrio, Vênus, Terra e Marte, além de um cinturão de asteroides, que são pequenos

Em 2012, a União Astronômica Internacional (IAU) definiu 1 ua como sendo precisamente 149.597.870.700 m.

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

MODERNA

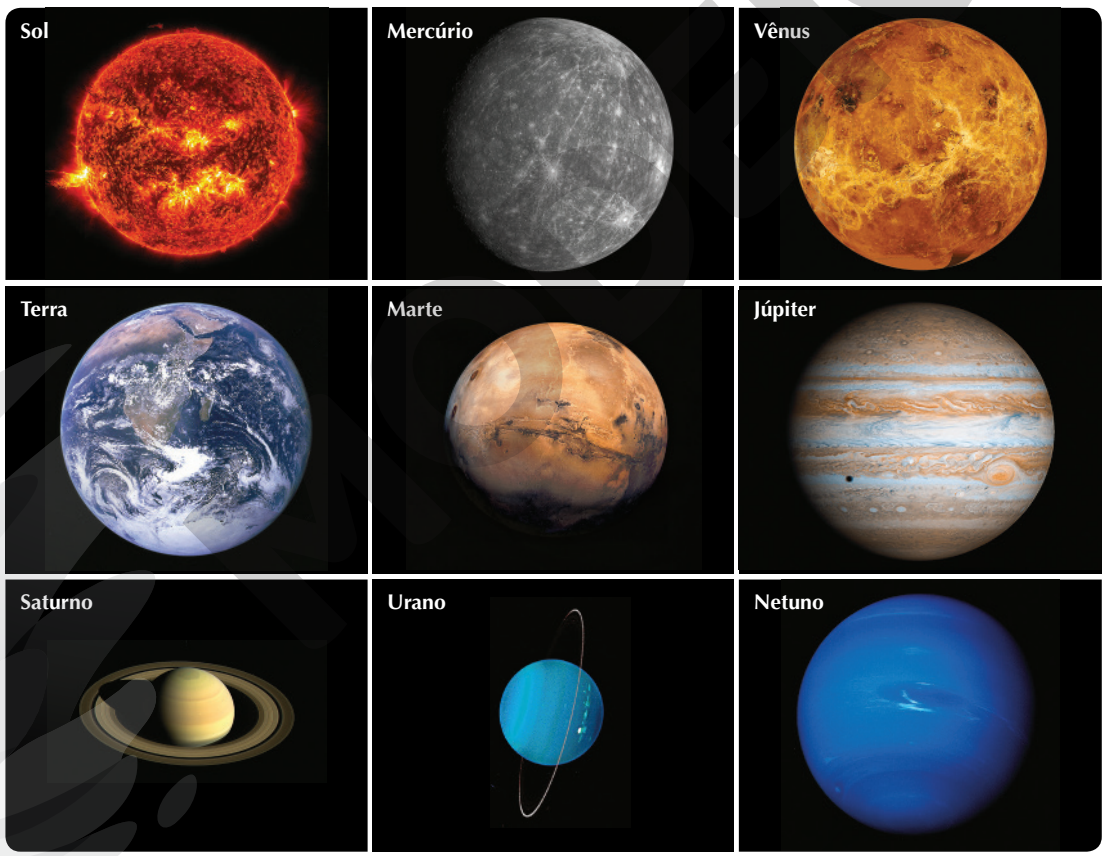
corpos rochosos de diversos tamanhos e formas. Esses planetas mais internos são rochosos, pequenos e têm baixa massa comparados aos planetas mais externos. São compostos principalmente de elementos químicos refratários, que não se fundem ou evaporam facilmente, e podem ou não ter satélites. Mercúrio e Vênus não têm satélites; a Terra tem apenas um, a Lua; e Marte tem dois, Phobos e Deimos.

Na região mais externa, entre 5 ua e 30 ua, estão os planetas Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, nessa ordem, com suas dezenas de satélites. Esses planetas externos são gasosos, ou seja, não têm uma superfície sólida, e são compostos principalmente de hidrogênio e hélio, mas têm um núcleo sólido, possivelmente metálico. Por esse motivo, eles são menos densos que os internos, mesmo apresentando massas maiores. A densidade média do planeta Saturno, por exemplo, é de aproximadamente 0,7 g cm^{-3}. Esse valor está abaixo da densidade da água líquida, que é de 1 g cm^{-3}. Isso quer dizer que, se fosse possível colocar Saturno em uma bacia gigante com água, ele boiaria.

Além da órbita de Netuno, entre 30 ua e 50 ua, existe um cinturão formado por corpos menores, chamado de cinturão de Kuiper. Ele é maior que o cinturão mais interno e é composto de milhões de corpos formados de rochas, gelo e gases congelados. É nele que está localizado o planeta-anão Plutão. Nesse cinturão, já foram detectadas dezenas de planetas-anões semelhantes a Plutão.

Indo mais além, entre 30.000 ua e 100.000 ua, há uma região preenchida por um gigantesco reservatório de cometas que levam centenas de milhares de anos para completar sua órbita em torno do Sol. Essa região é chamada de nuvem de Oort. O Sistema solar acaba nos limites externos da nuvem de Oort, no momento em que a radiação solar perde sua intensidade, se difunde e se mistura com o espaço entre as estrelas.

Na **Figura 3.13**, temos o Sol e os planetas que formam o Sistema Solar.



SDO/NASA; STOCKTREK IMAGES/GETTY IMAGES; JET PROPULSION LABORATORY-CALTECH/NASA; NASA; JPL-CALTECH/NASA; UNIVERSITY OF ARIZONA/JPL/NASA; SPACE SCIENCE INSTITUTE/JPL-CALTECH/NASA; LAWRENCE SROMOVSKY, UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON/W.W. KECK OBSERVATORY; JPL/NASA

Figura 3.13
O Sol e os planetas do Sistema Solar. (Imagens sem escala.)

Formação do Sistema Solar

Diversos cientistas desenvolveram hipóteses para explicar a formação do Sistema Solar. A teoria mais aceita atualmente é a da **nebulosa solar primitiva (NSP)** (**Fig. 3.14**), proposta, primeiramente, pelo filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804) em 1755 e desenvolvida pelo matemático francês Pierre-Simon Laplace (1749-1827) em 1796.

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

Essa teoria pressupõe que o Sistema Solar foi formado, como um todo, a partir de uma **nuvem interestelar de gás e poeira** há 4,6 bilhões de anos, sendo os planetas e os demais corpos o que restou da formação do Sol.

PAULO MANZI

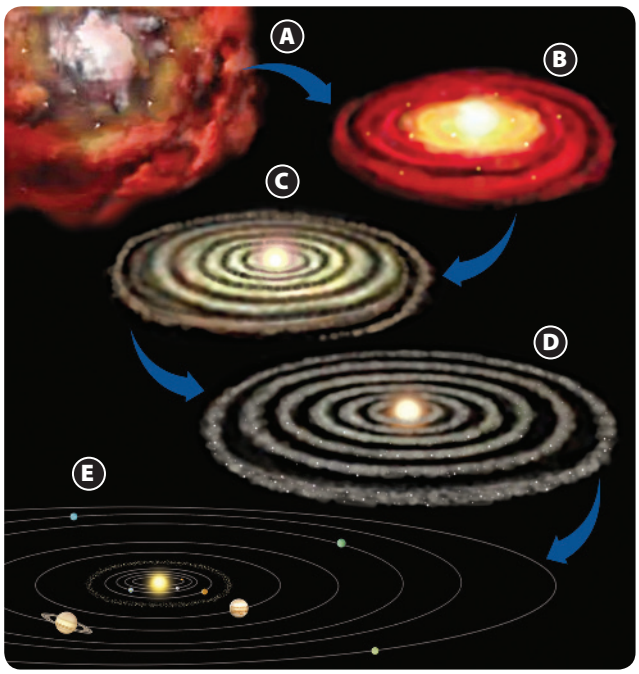


Figura 3.14 Representação esquemática da teoria da nebulosa solar primitiva (NSP). (**A**) Contração. (**B**) Formação do protossol. (**C**) Formação de um disco de gás e poeira. (**D**) Acreção. (**E**) Formação dos planetas do Sistema Solar. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Nessa nuvem atuaram duas forças contrárias: a força da gravidade, que fez com que ela se contraísse (**Fig. 3.14 A**), e a força devida à pressão do gás, que fez com que se expandisse. Quando essas duas forças entravam em equilíbrio, a nuvem se estabilizava e nada acontecia. Entretanto, a nuvem passava a se contrair, se o equilíbrio fosse rompido por algum agente externo – por exemplo, uma perturbação gravitacional fora do sistema que estava se formando, como a explosão de uma supernova nas proximidades ou outra estrela em formação. O acúmulo de matéria passou a atrair cada vez mais o material ao redor, aumentando ainda mais a contração.

A energia gerada pela contração gravitacional aumentou a agitação térmica das partículas que compunham a nuvem, acarretando um aumento da temperatura. Com o tempo, a pressão e a temperatura na região central da nuvem começaram a aumentar de tal maneira que ela passou a brilhar e formar o embrião do Sol, que chamamos de **protossol** (**Fig. 3.14 B**).

A velocidade de rotação da nuvem aumentou à medida que ela diminuiu seu tamanho. Essa rotação provocou a formação de um disco de gás e poeira (**Fig. 3.14 C**) que se estendeu em volta do protossol. Nesse disco iniciou-se o processo de **acreção** (**Fig. 3.14 D**), que consiste na colisão dos grãos de poeira que formam aglomerados de matérias cada vez maiores. Esses foram os embriões dos planetas, ou os chamados **protoplanetas**.

Com o tempo, tanto o protossol como os protoplanetas limparam os seus arredores agregando corpos menores presentes na região, tomando cada vez mais a forma do atual Sistema Solar (**Fig. 3.14 E**). Quando o centro do protossol atingiu a temperatura de 15 milhões de graus Celsius, começou um processo de fusão nuclear, em que átomos de hidrogênio se fundiram para formar átomos de hélio. Isso determinou o nascimento do Sol.

A matéria que não colidiu na formação do Sol e dos planetas ficou aglutinada nos asteroides e cometas, mas grande parte dela ficou concentrada no cinturão de Kuiper e na nuvem de Oort.

A teoria da nuvem solar primitiva permite explicar várias características do Sistema Solar, como: os planetas estarem no mesmo plano, órbitas circulares, rotação no mesmo sentido da translação, formação de dois grupos de planetas etc. Atualmente, diversos outros estudos são realizados para aprimorar esse modelo. No entanto, essa teoria forma a base para compreensão não somente do nosso Sistema Solar, mas de outros sistemas planetários.

Exploração do Sistema Solar

A exploração espacial teve início na Guerra Fria (1945--1991). A tensão entre os Estados Unidos e a antiga União Soviética fez com que não fossem poupados esforços de ambas as partes em uma competição para determinar quem conquistaria o espaço primeiro. Esse foi provavelmente o período em que houve o maior desenvolvimento de tecnologias de exploração espacial.

Principais programas espaciais

A União Soviética foi a primeira nação a conseguir colocar um objeto em órbita ao redor da Terra. O satélite **Sputnik 1** (**Fig. 3.15**) foi lançado em 4 de outubro de 1957 e orbitou a Terra por três semanas, tempo de duração das suas baterias, e caiu de volta para a atmosfera dois meses depois, desintegrando-se.

EVERETT HISTORICAL/SHUTTERSTOCK

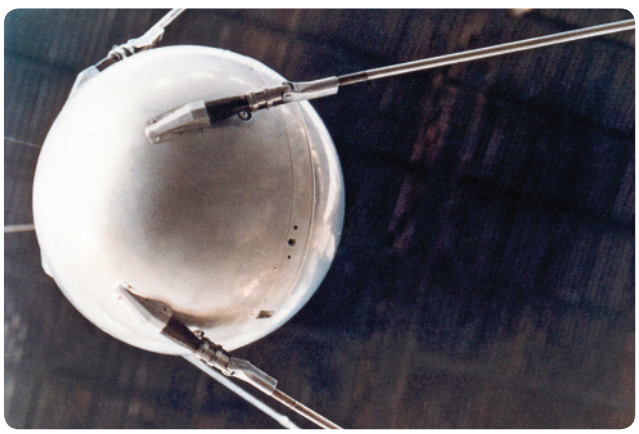


Figura 3.15 Modelo do satélite Sputnik 1, o primeiro objeto humano a ser colocado em órbita ao redor da Terra. Possuía aproximadamente 58 cm de diâmetro.

O Sputnik 1 era formado por um corpo esférico com diâmetro de aproximadamente 58 cm e quatro antenas de rádio externas. Além do seu feito histórico, ele enviou para a Terra dados referentes às camadas mais altas da nossa atmosfera.

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

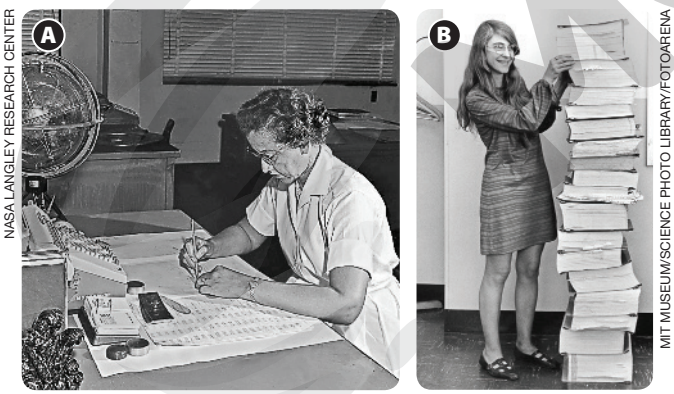
ESPECIAL

Pouco mais de um mês após o lançamento do Sputnik 1, os soviéticos lançaram o Sputnik 2. Essa segunda sonda espacial era composta de uma base de formato cônico, com diâmetro de 2 m, e alguns sensores a mais do que a Sputnik 1, como um sistema de telemetria, um sistema de controle de temperatura e outros instrumentos científicos. Porém, o grande diferencial do Sputnik 2 foi a presença de uma cabine projetada para levar um ser vivo, e a cadela Laika foi a escolhida para essa missão. O intuito na época era testar os efeitos do lançamento e da órbita em seres vivos, tendo em mente o posterior envio de seres humanos.

O Sputnik 2 foi lançado em 3 de novembro de 1957, e estima-se que Laika tenha sobrevivido por apenas algumas horas no espaço. As baterias duraram 4 dias, e depois de 162 dias em órbita ao redor do planeta, em 14 de abril de 1958, a sonda retornou para a atmosfera. Alguns debates éticos surgiram na época, já que não havia planos para trazer Laika com vida de volta para a Terra, nem maneiras de mensurar o sofrimento pelo qual o animal passaria no espaço.

Outra grande conquista soviética durante a corrida espacial aconteceu em 12 de abril de 1961 quando o astronauta Yuri Gagarin (1934-1968) foi mandado para fora da Terra. Ele foi o primeiro ser humano a sair da atmosfera terrestre e orbitar o planeta, por 108 minutos.

Um dos programas espaciais mais famosos dos Estados Unidos, que competiu com a União Soviética durante a corrida espacial, foi o **programa Apollo**. Ele teve início em 1961 e durou 11 anos. Um de seus objetivos finais era levar o homem à Lua. Vários profissionais contribuíram para o sucesso das missões do programa Apollo, mas podemos destacar alguns deles, como a matemática Katherine Johnson (1918-2020) (**Fig. 3.16 A**), que desempenhou papel fundamental nos cálculos das trajetórias de ida e volta da Lua, e a cientista da computação Margaret Hamilton (1936-) (**Fig. 3.16 B**), que liderou a equipe responsável pelo desenvolvimento do sistema de navegação usado nas missões.



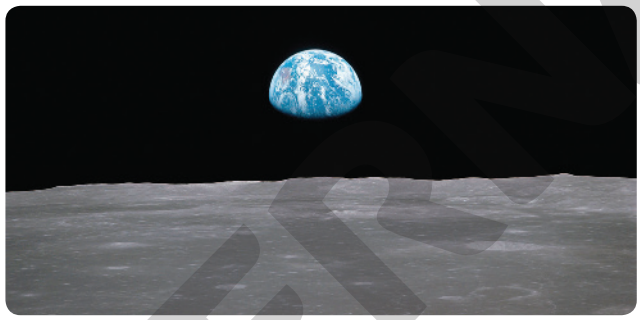
NASA LANGLEY RESEARCH CENTER

MIT MUSEUM/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 3.16 **(A)** Katherine Johnson, matemática responsável pelos cálculos de trajetórias das missões Apollo. **(B)** Margaret Hamilton ao lado de uma pilha de papéis com o código-fonte do *software* de navegação que desenvolvera.

Das missões do programa Apollo, a **missão Apollo 11** foi a primeira a conseguir levar seres humanos até a superfície da Lua: o comandante Neil Armstrong (1930-2012), o comandante Michael Collins (1930-) e o piloto Buzz Aldrin (1930-). Eles partiram do Centro Espacial Kennedy, na Flórida (Estados Unidos), em 16 de julho de 1969, e chegaram à Lua quatro dias depois. Enquanto Collins ficou no módulo de comando em órbita lunar, Armstrong e Aldrin desceram até a superfície da Lua no módulo de pouso. Os astronautas permaneceram na superfície lunar por volta de duas horas e coletaram cerca de 21 kg de rochas para estudos na Terra, além de deixarem importantes experimentos científicos na superfície.

Depois da Apollo 11, foram realizadas outras missões Apollo, e um total de 12 astronautas pisaram na superfície lunar (**Fig. 3.17**), assim como as missões Skylab, que colocaram uma estação espacial temporária em órbita, para experimentos científicos, além do desenvolvimento do ônibus espacial, aposentado em 2011, que ajudou na instalação e na manutenção do telescópio espacial Hubble.

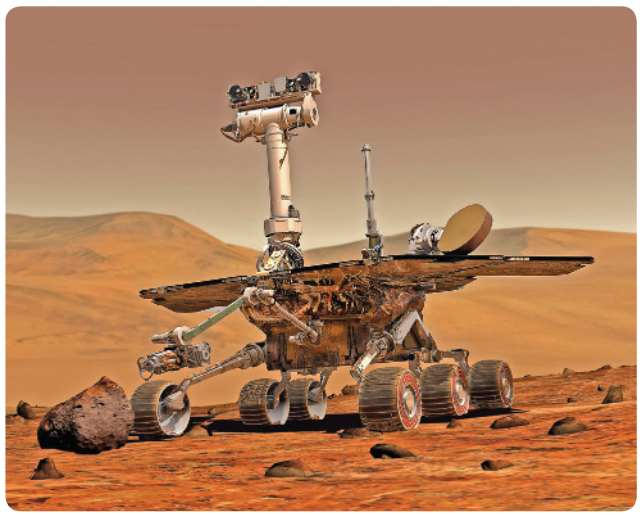


EVERETT HISTORICAL/SHUTTERSTOCK

Figura 3.17 Terra vista da superfície da Lua em fotografia captada pela missão Apollo 11, primeira missão tripulada à Lua, em 20 de julho de 1969.

Exploração espacial no século XXI

No ano de 2003 a Nasa enviou a Marte dois veículos não tripulados idênticos chamados **Spirit** e **Opportunity** (**Fig. 3.18**) e, em 2012, o Curiosity. Eles pousaram em diferentes localidades do planeta, com o objetivo principal de estudar o solo marciano. Os veículos foram muito bem-sucedidos em determinar a composição das camadas mais superiores da superfície de Marte, detectando inclusive evidências da presença de água. O Spirit permaneceu ativo até março de 2010 e o Opportunity, até junho de 2018. O Curiosity ainda está em atividade.



JPL/CORNELL UNIVERSITY/NASA

Figura 3.18 Reprodução artística do veículo robótico Opportunity.

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

Atualmente, não são apenas os Estados Unidos que contam com um programa espacial. A sonda **Rosetta** (**Fig. 3.19**), desenvolvida pela Agência Espacial Europeia (European Space Agency, ESA), ficou famosa em 2014 por ser a primeira sonda a orbitar o núcleo de um cometa, estudar sua atividade enquanto se aproximava do Sol e ter um módulo seu pousando nesse cometa.

PAULO MANZI

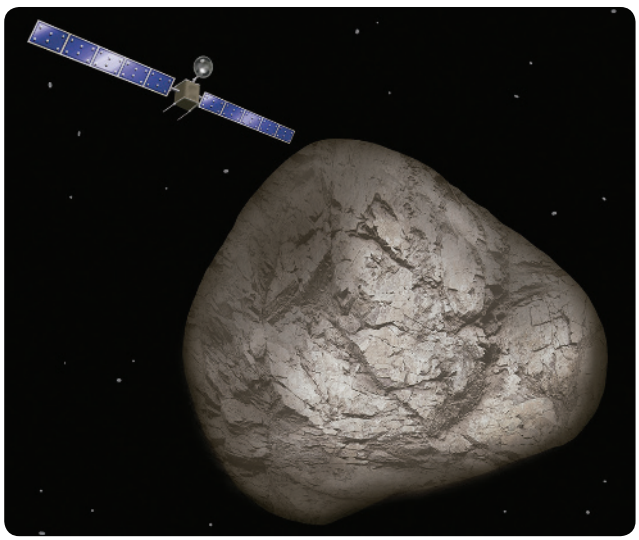


Figura 3.19 Representação artística da sonda Rosetta próxima do cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko. Na imagem é possível observar os grandes painéis de captação de energia solar. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Além disso, com cooperação internacional foi construída a Estação Espacial Internacional (International Space Station, ISS) (**Fig. 3.20**). Ela é um satélite habitável que, entre várias funções, serve como um importante laboratório para o estudo do comportamento biológico em condições de gravidade zero e sem a proteção da atmosfera e do campo magnético terrestre.

A ISS tem participação financeira e de desenvolvimento científico de diversos países, como Canadá, Japão, Rússia, Estados Unidos e dos países participantes da Agência Espacial Europeia – Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, França, Itália, Holanda, Noruega, Portugal, Espanha, Suécia, Suíça e Reino Unido. O Brasil participou como membro no passado, mas não faz parte do projeto atualmente.

NASA

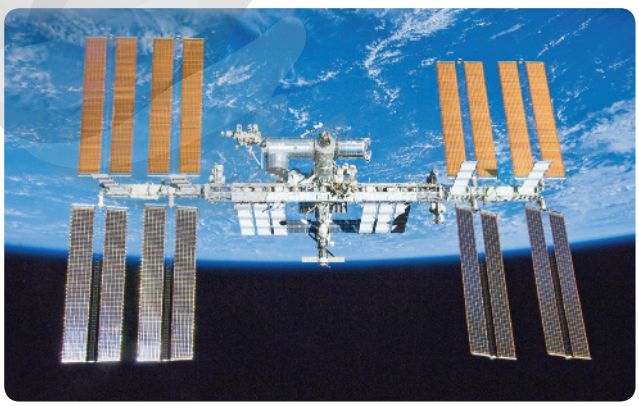


Figura 3.20 Estação Espacial Internacional orbitando o planeta Terra (2010).

Zona habitável

No que se refere à busca de vida no Sistema Solar, o planeta Marte sempre esteve no imaginário popular, e não só em livros e filmes de ficção. Graças a cientistas que vêm estudando nosso vizinho e ao avanço da nossa tecnologia, sabemos que há bilhões de anos Marte foi bem parecido com a Terra. Por causa do grande efeito estufa que ele sofria, havia água líquida em sua superfície, o que é fundamental para a vida como a conhecemos. Atualmente, essa situação é bem diferente. Em 2018, cientistas detectaram água líquida 1,5 km abaixo de uma camada de gelo próxima ao polo sul de Marte. Embora essa água seja altamente salinizada e com intensas concentrações de magnésio, cálcio e sódio, talvez ela possa abrigar vida, como a de microrganismos **extremófilos**.

Um fato que beneficia a procura de vida no Sistema Solar é a proximidade dos planetas e luas, que nos permite enviar sondas e veículos não tripulados para colher amostras e fazer experimentos. Provavelmente até consigamos pisar em Marte um dia e realizar pesquisas lá mesmo. Porém, em relação aos exoplanetas, que são planetas fora do Sistema Solar, essa situação é completamente diferente.

Para aumentar as chances de encontrar vida, como a conhecemos, fora do Sistema Solar, tentamos escolher os exoplanetas mais parecidos com a Terra, ou seja, rochosos, de tamanho semelhante e localizados dentro do que ficou estabelecido como **zona habitável** ou **zona de habitabilidade**: uma região do espaço, ao redor da estrela de um sistema planetário, onde pode haver um planeta cuja temperatura possibilite a existência de água líquida em sua superfície. Se o planeta estiver muito perto da estrela, a temperatura será muito alta e a água estará em forma de vapor. Se o planeta estiver muito distante da estrela, a temperatura será muito fria e a água estará congelada. Na zona habitável do Sistema Solar, representada na **Figura 3.21**, está apenas a Terra.

PAULO MANZI

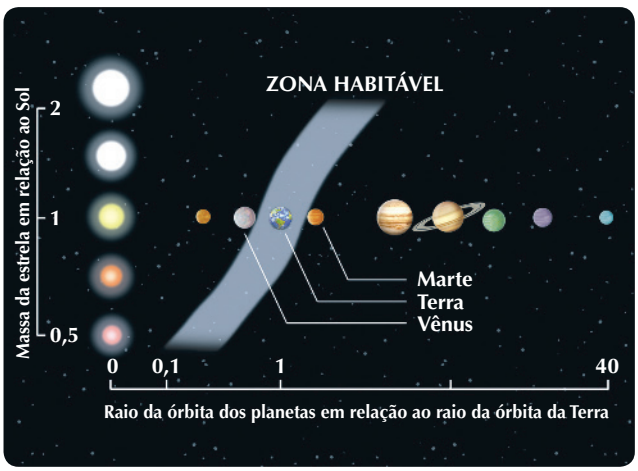


Figura 3.21 Zona habitável do Sistema Solar. Por enquanto, somente a Terra se encontra dentro dela. Futuramente, quando o Sol se tornar uma gigante vermelha, a zona habitável vai se deslocar para regiões mais afastadas do Sistema Solar. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

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

SEM VIDA

O tamanho da Terra também é importante para a habitabilidade, pois, se ela fosse menor, não teria campo gravitacional suficiente para reter os gases atmosféricos. E, se fosse maior, teria um campo gravitacional muito grande, criando uma atmosfera muito densa, o que reduziria a incidência da luz solar na superfície.

Vida na Terra

A vida na Terra depende de compostos de carbono, o que só é possível dentro dos limites de variação de temperatura que ocorrem na Terra.

De acordo com a Nasa, vida como a conhecemos, baseada em carbono e água, talvez possa ser encontrada em Marte e Europa (uma das luas de Júpiter). Ambos estão fora da zona habitável, mas a presença de água líquida abaixo de camadas de gelo nesses dois corpos celestes foi comprovada. O gelo protege a água líquida da evaporação.

Em Marte, o gelo se forma em um dos polos e, além disso, há vales que indicam a possibilidade de ter existido água no passado.

No caso da lua Europa, o satélite todo é recoberto por uma espessa camada de gelo. Água líquida em grandes quantidades, formando um enorme oceano sob o gelo, foi detectada. Nesse caso, a água se mantém líquida, mesmo com a luz solar escassa nessa região do Sistema Solar, graças à interação gravitacional entre Júpiter e Europa. Essa interação causa um efeito semelhante à interação entre Terra e Lua, que dá origem às marés na Terra. Só que, no caso daqueles, a interação promove forças de maré muito maiores e intensas, deformando as próprias rochas e o núcleo, com liberação de calor no interior do satélite Europa.

Todos esses dados nos levam a pensar que é bem possível que não estejamos sozinhos no Universo.

Fique por dentro

Observando as cores das estrelas – UFMG

PIRES, H. D. L. Observatório Astronômico Frei Rosário. ICEx – Física, Universidade Federal de Minas Gerais.

Veja, nesse texto, mais informações sobre as cores das estrelas e por que elas têm cores tão variadas. Disponível em: <http://www.observatorio.ufmg.br/dicas01.htm>.

Acesso em: 3 jun. 2020.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Quais planetas compõem o Sistema Solar?
2. Por que as estrelas que vemos a olho nu apresentam diferentes cores?
3. Descreva de forma resumida o processo de evolução das estrelas.
4. Qual é a fonte de energia das estrelas?
5. Pesquise e responda em seu caderno: O que é um diagrama HR? Qual sua importância?
6. Neste Tema vimos que uma unidade astronômica (ua) corresponde à distância média entre a Terra e o Sol, cuja medida é de aproximadamente $1{,}5 \cdot 10^8$ km. Qual seria esse valor medido em anos-luz? E em parsecs?
7. Suponha que uma estrela emita energia (E) a uma potência de $2 \cdot 10^{26}$ W. Nesse processo, essa estrela converte cerca de 5% de sua massa de hidrogênio em hélio ao longo de sua vida. Aproximadamente quanto tempo é necessário para que ela "consuma todo esse combustível"? Considere que apenas 1% da massa de hidrogênio se funde para formar hélio e se converte em energia, que a massa da estrela é de $4 \cdot 10^{30}$ kg e lembre-se de que a potência (P) pode ser calculada por $P = E/\Delta t$. Adote $c = 3 \cdot 10^8$ m s^{-1}.
8. (Unesp) O brilho de uma estrela percebido pelo olho humano, na Terra, é chamado de magnitude aparente da estrela. Já a magnitude absoluta da estrela é a magnitude aparente que a estrela teria se fosse observada a uma distância padrão de 10 parsecs (1 parsec é aproximadamente $3 \cdot 10^{13}$ km). As magnitudes aparente e absoluta de uma estrela são muito úteis para determinar sua distância ao planeta Terra. Sendo m a magnitude aparente e M a magnitude absoluta de uma estrela, a relação entre m e M é dada aproximadamente pela fórmula $M = m + 5 \cdot \log_3 (3d^{-0{,}48})$, onde d é a distância da estrela em parsecs. A estrela Rigel tem aproximadamente magnitude aparente 0,2 e magnitude absoluta $-6{,}8$. Determine a distância, em quilômetros, de Rigel ao planeta Terra.
9. (Enem) Nas discussões sobre a existência de vida fora da Terra, Marte tem sido um forte candidato a hospedar vida. No entanto, há ainda uma enorme variação de critérios e considerações sobre a habitabilidade de Marte, especialmente no que diz respeito à existência ou não de água líquida. Alguns dados comparativos entre a Terra e Marte estão apresentados na tabela.

MODERNA

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

Planeta	Terra	Marte
Distância do Sol (km)	149 milhões	228 milhões
Massa (em relação à terrestre)	1,00	0,18
Aceleração da gravidade ($m\,s^{-1}$)	9,8	3,7
Composição da atmosfera	Gases predominantes: Nitrogênio (N) e Oxigênio (O_2)	Gás predominante: Dióxido de carbono (CO_2)
Temperatura média	288 K (+15 °C)	218 K (−55 °C)

Com base nesses dados, é possível afirmar que, dentre os fatores abaixo, aquele mais adverso à existência de água líquida em Marte é sua

a) grande distância ao Sol.
b) massa pequena.
c) aceleração da gravidade pequena.
d) atmosfera rica em CO_2.
e) temperatura média muito baixa.

10. (Enem) A cor de uma estrela tem relação com a temperatura em sua superfície. Estrelas não muito quentes (cerca de 3.000 K) nos parecem avermelhadas. Já as estrelas amarelas, como o Sol, possuem temperatura em torno dos 6.000 K; as mais quentes são brancas ou azuis porque sua temperatura fica acima dos 10.000 K.

A tabela apresenta uma classificação espectral e outros dados para as estrelas dessas classes.

Estrelas da Sequência Principal				
Classe Espectral	**Temperatura**	**Luminosidade**	**Massa**	**Raio**
O5	40 000	$5 \cdot 10^5$	40	18
B0	28 000	$2 \cdot 10^4$	18	7
A0	9 900	80	3	2,5
G2	5 770	1	1	1
M0	3 480	0,06	0,5	0,6

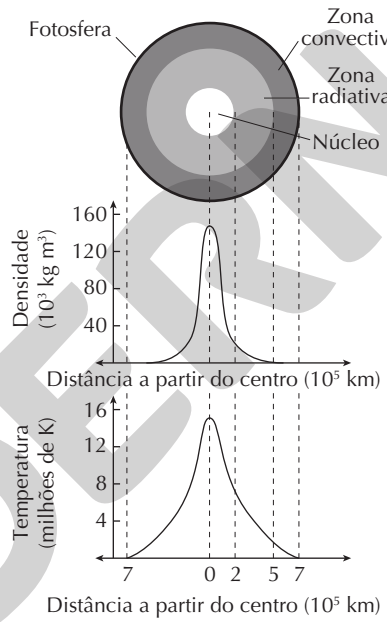
Temperatura em Kelvin.
Luminosidade, massa e raio, tomando o Sol como unidade.

Disponível em: <https://www.zenite.nu>
Acesso em: 1º maio 2010 (adaptado).

Se tomarmos uma estrela que tenha temperatura 5 vezes maior que a temperatura do Sol, qual será a ordem de grandeza de sua luminosidade?

a) 20.000 vezes a luminosidade do Sol.
b) 28.000 vezes a luminosidade do Sol.
c) 28.850 vezes a luminosidade do Sol.
d) 30.000 vezes a luminosidade do Sol.
e) 50.000 vezes a luminosidade do Sol.

11. (OBA) A figura a seguir representa um corte através do meio do Sol. O gráfico do meio traz a densidade, e o de baixo a temperatura do Sol em função da distância até o seu centro, de acordo com o modelo solar padrão.



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Analisando os gráficos, avalie as seguintes afirmativas:

1. A zona radiativa, por ser mais espessa, concentra quase toda a massa do Sol.
2. A massa do Sol está uniformemente distribuída em seu interior.
3. Entre 200.000 km e 500.000 km do centro, a temperatura do interior do Sol decresce cerca de 5 milhões de Kelvin.
4. Segundo o modelo solar padrão, a temperatura do núcleo do Sol não chega a 16 milhões de Kelvin.

Assinale a única alternativa abaixo que está correta.

a) As afirmativas 1 e 3 estão corretas.
b) As afirmativas 2 e 4 estão corretas.
c) As afirmativas 3 e 4 estão corretas.
d) Somente a afirmativa 4 está correta.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

MODERNA

TEMA 4

A química da vida

Resgate com os estudantes os conhecimentos adquiridos nos anos finais do Ensino Fundamental acerca da composição de moléculas simples. Você pode pedir a eles que proponham, por exemplo, um modelo para a molécula de água, com base nas informações disponíveis na introdução deste Tema e em conhecimentos prévios. Você pode propor também que pensem sobre a imagem mostrada na **Figura 4.1** e qual é a causa (em termos moleculares) do efeito observado.

A água é considerada uma substância essencial para a vida na Terra. Os cientistas a associam também ao surgimento da vida como a conhecemos, e por isso muitas pesquisas relacionadas à busca por vida fora do nosso planeta procuram evidências da presença de água em diferentes corpos celestes. Essa estratégia é conhecida na Nasa como *Follow the water* (siga a água). Acredita-se atualmente que as primeiras moléculas de água no Universo tenham sido formadas há mais de 13 bilhões de anos, quando átomos de hidrogênio que haviam sido gerados após o Big Bang se ligaram a átomos de oxigênio gerados no colapso das primeiras estrelas.

A grande maioria dos átomos dos elementos químicos tende a formar ligações entre si, dando origem às diversas substâncias e materiais que existem. O entendimento de como os átomos estão ligados, bem como da ocorrência de interações entre as espécies químicas, ajuda a compreender as propriedades das substâncias, como no exemplo da **Figura 4.1**.



PAUL STAROSTA//STONE/GETTY IMAGES

Figura 4.1 Inseto da espécie *Culex pipiens*, de cerca de 5 mm de comprimento, pousado na superfície da água. Por causa da tensão superficial, uma das propriedades dos líquidos relacionadas às interações entre as espécies químicas, insetos como esse conseguem permanecer e andar sobre a superfície da água sem afundar.

Formação de moléculas

Muitas substâncias apresentam estruturas chamadas moléculas, sendo, portanto, denominadas **substâncias moleculares**. A busca por uma explicação do ponto de vista químico para o surgimento da vida passa por procurar entender a formação de moléculas e como elas se organizam a ponto de formarem agregados supramoleculares, o que pode ter dado origem à primeira célula.

Embora um conceito de molécula já existisse no século XVIII, o conceito atual e o entendimento de como e por que as moléculas se formam são do século XX, fruto da contribuição de diversos pesquisadores. As teorias sobre ligações químicas são limitadas pelo conhecimento que se tem da estrutura dos átomos. Apesar de uma descrição mais precisa da estrutura eletrônica dos átomos só ter sido possível com a elaboração do modelo atômico quântico dez anos mais tarde, a colocação dos elétrons nos vértices de um cubo, proposta por Lewis em 1916, ainda hoje tem utilidade para um primeiro entendimento das ligações químicas em moléculas.

Modelo de ligação química de Lewis

Os trabalhos de Abegg, Lewis e Langmuir apresentados no Tema 2 estão na base do que ficou conhecido como regra do octeto: dois átomos, ao se ligarem, passam a apresentar oito elétrons na camada de valência (ou apenas dois, caso seja a camada de valência K), adquirindo a configuração de um gás nobre no estado fundamental.

Em 1923 Lewis propôs, com base em observações experimentais, que a ligação entre dois átomos fosse representada como um par de elétrons compartilhado. O modelo de emparelhamento eletrônico de Lewis explicava a valência dos átomos e as proporções

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 5; 6

Habilidades: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT209; EM13CNT307

Fique por dentro

Moléculas em exposição

EMSLEY, J. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

O livro aborda uma série de mitos e curiosidades relacionados a várias substâncias do cotidiano, grande parte delas composta de moléculas.

Geometria molecular

O simulador permite construir modelos moleculares que podem ser rotacionados e obter informações como o ângulo entre as ligações e o nome da geometria.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_pt_BR.html>.

Nanovacinas contra a covid-19

Jornal da USP no ar, jun. 2020.

A entrevista descreve como proteínas automontadas, análogas às proteínas do vírus Sars-Cov-2, podem ser ancoradas em nanopartículas para serem empregadas como vacinas.

Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/nanovacinas-em-producao-na-usp-podem-ser-mais-eficientes-contra-a-covid-19/>.

Acessos em: 24 jun. 2020.

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

MODERNA

Procure mostrar os exemplos das fórmulas estruturais das moléculas PCl_5, BF_3 e BeF_2. Outro caso de exceção ao octeto refere-se às moléculas contendo número ímpar de elétrons, como o monóxido de nitrogênio (NO), pois nesse caso ao menos um elétron deve estar desemparelhado. O caso dos compostos paramagnéticos já havia sido mencionado por Lewis em seu artigo "The atom and the molecule", de 1916.

com que se ligavam a outros átomos para formar substâncias. Observe os exemplos da **Figura 4.2**.

Avalie se os estudantes conseguem perceber que as proporções entre os átomos de diferentes elementos químicos nos compostos são determinadas por suas valências.



Figura 4.2 Símbolos de Lewis para os elementos químicos flúor (F), hidrogênio (H) e enxofre (S). A ligação entre H e F produz a molécula de fluoreto de hidrogênio e entre H e S, a molécula de sulfeto de hidrogênio.

Nesses exemplos, note que tanto o flúor quanto o enxofre terão sua camada de valência completada com oito elétrons ao se ligarem a átomos de hidrogênio, mas as proporções entre os átomos serão diferentes. No caso do hidrogênio há uma exceção ao octeto, pois a camada de valência é completada com dois elétrons.

O modelo de Lewis apresenta limitações ao não explicar, por exemplo, por que são formados pares de elétrons. Além disso, o octeto da camada de valência também apresenta exceções, como: átomos muito grandes (a partir do 3º período) podem acomodar mais de oito elétrons em sua camada de valência, enquanto alguns átomos menores (do 2º período) podem se tornar estáveis com menos de oito elétrons.

Teoria da ligação de valência

Atingir a configuração eletrônica de um gás nobre em sua camada de valência não é a razão da estabilidade adquirida pelos átomos que se ligam.

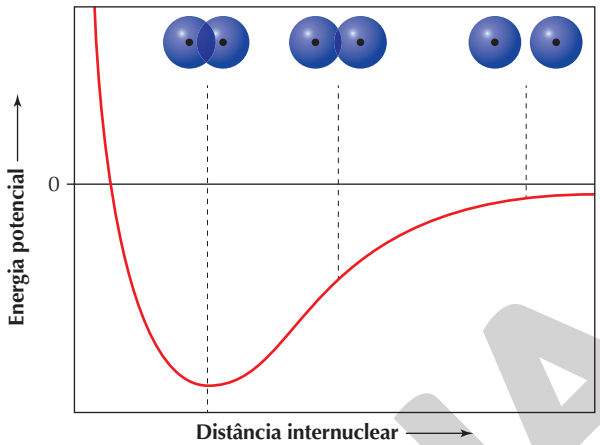
Quando dois átomos de hidrogênio se aproximam, o núcleo de cada um deles, além de atrair o elétron de sua eletrosfera, atrai também o elétron do átomo vizinho. Mas os dois núcleos também se aproximam, e, por apresentarem a mesma carga, ocorre repulsão eletrostática entre eles e também entre os dois elétrons.

A aproximação entre os dois átomos é acompanhada de uma variação de energia potencial do sistema – essa energia é resultante da atração elétron-núcleo dos átomos. Observe a **Figura 4.3**, que representa graficamente essa variação de energia quando se aproximam dois átomos do mesmo elemento químico, por exemplo, dois átomos de hidrogênio.

Em certo intervalo de valores de distância internuclear ocorre uma superposição significativa dos orbitais dos átomos de hidrogênio, aumentando a probabilidade de os dois elétrons serem encontrados na região entre os dois núcleos. É importante destacar que a qualquer distância internuclear essa probabilidade existe, mesmo que com valores próximos de zero.

Note na **Figura 4.3** que existe uma certa distância entre os núcleos de hidrogênio na qual a energia potencial do sistema é mínima: a essa distância tanto as forças eletrostáticas atrativas quanto as repulsivas estão equilibradas, e a **ligação química** entre os átomos é estabelecida – no exemplo, há formação da molécula de gás hidrogênio. O sistema atinge, assim, a estabilidade. Mas, quanto mais os átomos se aproximam, maior a repulsão elétron-elétron e núcleo-núcleo, o que causa um aumento da energia potencial do sistema, diminuindo sua estabilidade.

Figura 4.3 Perfil da variação de energia potencial para a formação de uma molécula diatômica



ERICSON GUILHERME LUCIANO

A região azul representa a região de probabilidade de se encontrar o elétron e o ponto preto central representa o núcleo atômico. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. Tradução: Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

É importante perceber que ambas as forças, atrativas e repulsivas, existem em qualquer distância entre os átomos representada no gráfico, embora suas intensidades variem. Comparada ao valor da energia potencial dos átomos de hidrogênio isolados, a energia potencial da molécula formada é menor, o que torna esse sistema mais estável do que os átomos isolados.

Embora não seja suficiente para predizer com certeza se uma ligação química será formada, a **estabilidade energética** sugere uma razão para a formação das ligações químicas. Considerando que a energia potencial igual a zero se associa aos átomos infinitamente separados, a energia potencial mínima alcançada pelo sistema corresponde à quantidade de energia liberada quando a ligação química se forma, chamada **energia de ligação**. Tanto essa energia quanto a distância internuclear, ou **comprimento de ligação**, podem ser calculadas teoricamente e determinadas experimentalmente.

A ideia de que as ligações químicas são formadas pela superposição de orbitais atômicos é a base da teoria da ligação de valência, elaborada por Linus Pauling a partir de 1927, com base nos trabalhos de dois físico-químicos alemães, Walter Heitler (1904-1981) e Fritz Wolfgang London (1900-1954). A teoria propõe que, nessa interação, os orbitais atômicos permanecem essencialmente inalterados, embora os orbitais de um átomo possam combinar-se entre si, criando um novo conjunto de orbitais, denominados **orbitais híbridos**, para melhor interagir com o outro átomo. A hibridização de orbitais é comumente empregada para explicar as propriedades das ligações químicas em moléculas orgânicas.

Ligação covalente

Ainda utilizando o exemplo da formação da molécula de gás hidrogênio, conforme representa a **Figura 4.3**, a atração elétron-núcleo e a superposição dos orbitais dos átomos que se aproximam levam ao deslocamento da

Durante a abordagem deste conteúdo, enfatize que, embora os exemplos trabalhados sejam de moléculas formadas por poucos átomos, os princípios da ligação covalente podem ser aplicados para entender o agrupamento de átomos em macromoléculas.

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

EM MODERNA

Durante a explicação dos conceitos de fórmula mínima, fórmula molecular e massa molecular, apresente aos estudantes, como exemplos, os casos do ácido acético ($C_2H_4O_2$), do ácido lático ($C_3H_6O_3$) e da glicose ($C_6H_{12}O_6$), todos com a fórmula mínima CH_2O. Retome, se necessário, a abordagem sobre massa atômica para que os estudantes compreendam o cálculo de massa molecular relativa.

densidade eletrônica. Assim, a uma determinada distância entre os átomos, ambos os núcleos atraem simultaneamente e com a mesma intensidade os dois elétrons de valência, resultando em um agrupamento de átomos formado pelo compartilhamento do par de elétrons, de acordo com o modelo proposto por Lewis. Para se referir a esse tipo de ligação, Langmuir utilizou o termo covalência; assim, ela é chamada **ligação covalente**. Os átomos que interagem para formar moléculas estão unidos por meio dessa ligação.

Considerando que cada orbital atômico comporta, no máximo, dois elétrons, podemos perceber que a ideia da superposição de orbitais de Pauling complementa o modelo de compartilhamento de pares de elétrons de Lewis. Os pares de elétrons compartilhados que participam de uma ligação covalente são considerados indistinguíveis, ou seja, os elétrons deixam de pertencer a apenas um dos átomos, tornando-se parte da molécula como um todo.

Outro modelo que tem sido utilizado para descrever as ligações covalentes empregando a Mecânica Quântica é chamado de **teoria dos orbitais moleculares**. Nele se propõe que na formação das moléculas os orbitais atômicos de ambos os átomos se combinam, formando um novo conjunto de níveis energéticos, os orbitais moleculares. Cálculos rigorosos usando os dois modelos quânticos de ligação fornecem resultados similares.

Fórmulas químicas e representação de moléculas

Podemos representar as ligações covalentes por meio dos símbolos de Lewis, organizados de modo que indiquem o compartilhamento do par de elétrons. Essa representação é chamada fórmula de Lewis, ou fórmula eletrônica. Veja na **Tabela 4.1** outras representações que podem ser usadas, como a fórmula estrutural plana e a fórmula molecular.

Note que na **fórmula estrutural** cada par de elétrons compartilhado na ligação é representado por um traço, colocado entre os símbolos dos elementos químicos. Para escrever a **fórmula molecular**, note que também se utiliza o símbolo dos elementos químicos que formam o composto, mas acompanhado de um índice. Nas fórmulas moleculares os índices indicam a proporção entre os átomos; nas moléculas eles indicam também a quantidade absoluta dos átomos na molécula.

Determinação de fórmulas moleculares

As fórmulas químicas podem ser obtidas experimentalmente, determinando-se primeiro a proporção em massa de átomos que constituem a substância e, depois, calculando o número de átomos que correspondem a essa massa, por meio de suas massas atômicas.

Sabendo a proporção entre os átomos que formam uma molécula, podemos escrever sua fórmula empírica ou **fórmula mínima**, indicando os menores números inteiros possíveis. Entretanto, diferentes compostos podem apresentar a mesma fórmula mínima. Podemos determinar a fórmula molecular desses compostos com base na fórmula mínima, mas para isso precisamos conhecer também o valor da **massa molecular relativa** (M_r). Ela representa a soma das massas atômicas relativas dos átomos que formam uma molécula. Observe no exemplo a seguir, para a molécula de NH_3, como ela pode ser calculada:

$$M_r(NH_3) = 14{,}0\ u + 3 \cdot 1{,}0\ u = 17{,}0\ u$$

Sabendo, por exemplo, que a massa molecular relativa de um composto desconhecido de fórmula mínima CH_2O é 180,0 u, como a sua fórmula molecular pode ser determinada?

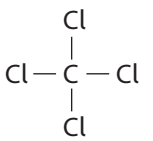
Primeiro, calcula-se M_r usando a fórmula mínima (etapa I) e, depois, determina-se a relação entre a massa molecular do composto e a que foi calculada com base na sua fórmula mínima (etapa II):

(I) $M_r(CH_2O) = 12{,}0\ u + 2 \cdot 1{,}0\ u + 16{,}0\ u = 30{,}0\ u$

(II) $\dfrac{180{,}0\ u}{30{,}0\ u} = 6$

Enfatize que as fórmulas estruturais são representações gráficas, e não as estruturas reais das moléculas.

Tabela 4.1 Representações de moléculas de diferentes substâncias

Nome da substância	Fórmula eletrônica	Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
Gás hidrogênio	H : H	H — H (um par de elétrons compartilhado: ligação simples)	H_2
Gás oxigênio		O = O (dois pares de elétrons compartilhados: ligação dupla)	O_2
Gás nitrogênio		N ≡ N (três pares de elétrons compartilhados: ligação tripla)	N_2
Tetraclorometano			CCl_4

Os estudantes podem notar que a regra do octeto é útil para prevermos as ligações que se formam entre os átomos das moléculas representadas na tabela e para diversos outros casos. Mas enfatize que ela apresenta exceções. Além das ligações estabelecidas entre átomos de carbono e de hidrogênio, é interessante apresentar exemplos de fórmulas eletrônicas e fórmulas estruturais relativas a compostos orgânicos que têm átomos de oxigênio e de nitrogênio em sua composição.

Fonte consultada:
RUSSEL, J. B. *Química geral*. Tradução: Márcia Guekezian. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994.

É importante mencionar que as moléculas apresentam ligações covalentes entre seus átomos, mas existem estruturas nas quais os átomos estão unidos por ligação covalente e não são consideradas moléculas. É o caso, por exemplo, do diamante, em que átomos de carbono estão ligados covalentemente formando uma estrutura cristalina altamente organizada, não sendo, portanto, uma molécula.

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

MODERNA

Com base nos modelos de esfera e bastão, verifique se os estudantes conseguem perceber que as moléculas podem ser tridimensionais. Verifique também se eles conseguem inferir, pela leitura e interpretação dessas informações iniciais, que, embora existam substâncias com a mesma fórmula molecular, elas apresentam propriedades físicas e/ou químicas diferentes e que esse fato tem relação com as diferentes disposições dos átomos nas moléculas que compõem as substâncias.

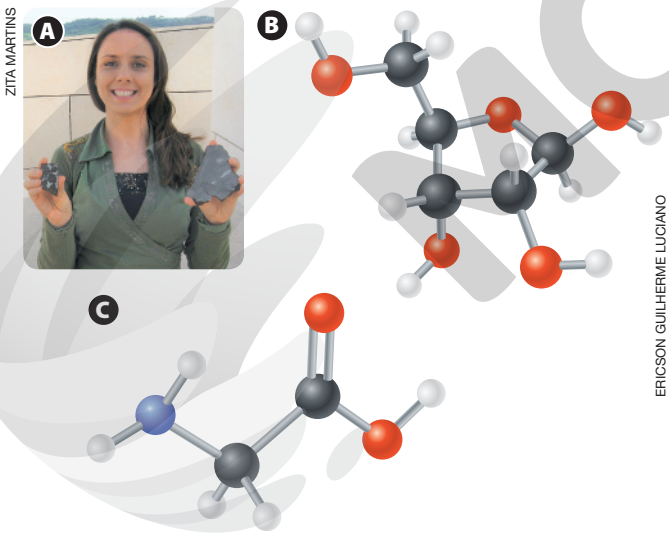
Então, a fórmula molecular desse composto é $6 \cdot (CH_2O)$, ou seja, $C_6H_{12}O_6$. Um dos compostos que têm essa fórmula molecular é a glicose, um glicídio.

Existem diversos compostos que apresentam a mesma fórmula molecular, mas propriedades distintas. A identificação de qual ou quais compostos estão presentes em uma amostra, especialmente quando eles possuem a mesma fórmula molecular, é feita com o uso de técnicas e equipamentos analíticos.

Moléculas orgânicas

Os compostos bioquímicos serão mais bem estudados na Unidade **Vida saudável**.

Por décadas, cientistas vêm estudando amostras de rochas de origem espacial, formadas há bilhões de anos, e que caem na Terra regularmente, os meteoritos. Por exemplo, já nos anos 1980, foi mostrado que o meteorito de Murchison, encontrado na Austrália, estava repleto de moléculas orgânicas complexas, até mesmo capazes de formar estruturas parecidas com protocélulas quando colocadas em água. Esses trabalhos vêm se desenvolvendo com a melhoria das técnicas químicas de análise, permitindo a avaliação da diversidade química dessas rochas de uma forma sem precedentes. Por exemplo, em 2019, foram identificadas algumas das moléculas base da vida, como os glicídios: ribose, arabinose e xilose, os quais possuem fórmula molecular $C_5H_{10}O_5$ (logo, fórmula mínima CH_2O). Aminoácidos também já foram identificados em outros estudos, inclusive de amostras coletadas pela sonda Stardust do cometa Wild 2, e trazidas para a Terra. Estudos como esses, envolvendo a presença de aminoácidos em meteorito, vêm sendo desenvolvidos por vários pesquisadores, como é o caso da astrobióloga portuguesa Zita Martins (1979-). A maior parte das moléculas identificadas, incluindo esses glicídios, é classificada como **moléculas orgânicas** (**Fig. 4.4**).



ZITA MARTINS

ERICSON GUILHERME LUCIANO

Figura 4.4 **(A)** A astrobióloga portuguesa Zita Martins junto a alguns fragmentos de meteoritos (Lisboa, 2017). **(B)** Modelo da molécula de ribose. **(C)** Modelo da molécula de glicina, o mais simples dos aminoácidos. Nesse tipo de representação, comumente chamado modelo de esferas e bastões, os átomos são representados por esferas e as ligações covalentes, por bastões. Na imagem, os átomos de carbono estão representados pelas esferas cinza-escuras, os de oxigênio, pelas vermelhas, o de nitrogênio, pela azul e os de hidrogênio, pelas brancas. (Imagens sem escala; cores-fantasia)

A detecção de ribose em material de origem extraterrestre pode auxiliar nos estudos que buscam entender a origem da vida no planeta Terra, já que determinados átomos que formam esse glicídio ligam-se covalentemente a átomos de determinadas espécies químicas (como bases nitrogenadas) para formar as moléculas de ácido ribonucleico (RNA). O RNA apresenta diferentes funções em uma célula, entre elas a de orientar a produção de proteínas, e a exemplo da ribose também é classificado como um composto orgânico.

Diferenciando compostos orgânicos e inorgânicos

Uma das primeiras propostas de distinção entre compostos orgânicos e inorgânicos foi realizada por volta de 1777 pelo químico sueco Torbern Olof Bergman (1735-1784). De acordo com Bergman, os compostos extraídos de organismos vivos seriam classificados como orgânicos, enquanto os compostos inorgânicos seriam aqueles obtidos de minerais.

Muitos estudiosos, incluindo o químico sueco Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), propuseram que os compostos orgânicos necessitavam de uma condição especial para serem formados, a qual somente seria alcançada nos organismos vivos. Para alguns estudiosos tal condição especial estava relacionada ao caráter dinâmico e à complexidade de composição dos organismos. Essa corrente de pensamento ficou conhecida como **teoria da força vital**, e, graças a sua abrangência e complexidade, levou muito tempo para ser superada no meio científico.

A análise dos produtos de combustão de compostos obtidos de fontes naturais permitiu verificar que esses materiais continham átomos do elemento químico carbono em sua composição. Desse conhecimento, surgiu uma nova definição para compostos orgânicos, que é utilizada até hoje. Esse termo se refere a uma classe de substâncias cujas unidades estruturais (por exemplo, moléculas) apresentam átomos de carbono ligados ou não entre si e a átomos de outros elementos químicos como hidrogênio, oxigênio, enxofre, cloro e nitrogênio.

Entretanto, apenas a presença de átomos de carbono não deve ser considerada suficiente para definir um composto como orgânico. Existem compostos que são formados por carbono, mas apresentam propriedades físico-químicas semelhantes às de compostos inorgânicos e, por isso, se enquadram melhor nesta classificação. Como exemplos desses casos temos os gases dióxido de carbono (CO_2) e cianeto de hidrogênio (HCN). De forma geral, todos os compostos não classificados como orgânicos são classificados como compostos inorgânicos.

Representação de cadeias carbônicas

Em 1858, o químico alemão Friedrich August Kekulé von Stradonitz (1829-1896) propôs que o carbono era tetravalente, o que equivale a dizer, em termos atuais, que o átomo de carbono se liga a outros átomos por meio de quatro ligações covalentes. Veja o caso do tetraclorometano na **Tabela 4.1**.

É muito importante que os estudantes entendam que a teoria da força vital foi sendo desacreditada pela comunidade científica após muitos estudos e difusão de resultados, e que esse é um processo lento, dinâmico e inerente à natureza da Ciência.

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

MODERNA

Incentive os estudantes a identificar cada uma das representações do propeno de acordo com as informações do texto. Peça a eles que procurem escrever no caderno a fórmula molecular desse composto (C_3H_6). Retome a imagem em que é mostrado o modelo de esferas e bastões da molécula de ribose e explique que ele também é usado para representar moléculas orgânicas, sendo bastante útil no estudo da orientação dos átomos na estrutura.

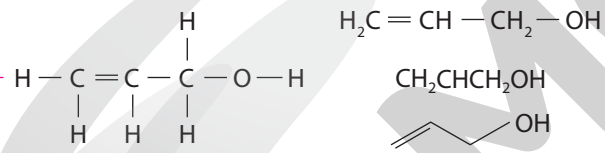
Kekulé foi também um dos primeiros a criar representações gráficas de moléculas orgânicas, enfatizando a capacidade dos átomos de carbono de se ligarem entre si, formando as chamadas **cadeias carbônicas**. Elas podem apresentar até milhares de átomos de carbono ligados sucessivamente, dando origem a uma grande variedade de compostos orgânicos. O modo como as cadeias estão estruturadas pode explicar muitas das propriedades dos compostos orgânicos, e representá-las pode auxiliar na compreensão de tais propriedades.

Uma das representações mais utilizadas é a **fórmula estrutural plana**, na qual cada traço corresponde a um par de elétrons compartilhado entre os átomos que formam a molécula. As fórmulas estruturais apresentadas na **Tabela 4.1** são exemplos desse tipo de representação.

É comum também representar os átomos de hidrogênio ligados a cada carbono omitindo os traços. Esse tipo de representação pode ser feito por meio da **fórmula estrutural plana parcialmente condensada** ou, ainda, da **fórmula estrutural plana totalmente condensada**. Nesse caso, também não são evidenciados os traços que representam as ligações covalentes entre os átomos de carbono.

Como há a possibilidade de serem formadas longas cadeias carbônicas, a **fórmula estrutural plana simplificada** pode facilitar a representação dos compostos orgânicos. Nela são evidenciadas apenas as ligações existentes entre átomos de carbono por meio de traços (sem o símbolo do elemento químico) e a presença de átomos diferentes de carbono.

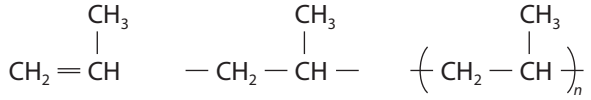
Observe a seguir como a molécula de álcool alílico pode ser representada por meio desses tipos de fórmula estrutural.



Macromoléculas

Existem moléculas orgânicas formadas por centenas ou até mesmo milhares de átomos e são, por isso, consideradas **macromoléculas**. Elas tanto podem ser sintetizadas em organismos vivos quanto produzidas em laboratório. Muitas macromoléculas conhecidas como **polímeros** apresentam uma unidade estrutural que se repete ao longo de toda a molécula, por meio da qual é possível identificar os **monômeros**, que são os reagentes que dão origem ao polímero.

Como exemplo de polímero pode-se citar o polipropileno. Ele é produzido em laboratório por meio de reações nas quais milhares de moléculas de propeno (nesse caso, o monômero) são ligadas umas às outras. Forma-se então uma longa cadeia carbônica, que é representada pela sua unidade repetidora, como mostra a imagem a seguir.



Nessa representação, *n* indica que a unidade se repete diversas vezes, mas esse valor não é uma constante.

Alguns dos principais constituintes de uma célula são macromoléculas. Entre elas incluem-se ácidos nucleicos, polissacarídeos e proteínas, as quais têm propriedades essenciais para a existência da vida como a conhecemos. Essas macromoléculas também se formam pela ligação entre determinados monômeros, um processo que aumenta a organização do sistema e requer energia para ocorrer.

O elemento químico carbono é o principal constituinte das macromoléculas biológicas encontradas aqui na Terra. Algumas moléculas formadas por esse elemento químico são encontradas também no meio interestelar, por isso na busca por formas de vida em outros corpos celestes procura-se identificar também moléculas que sejam formadas por átomos de carbono. Essa estratégia é conhecida na Nasa como *Follow the carbon* (siga o carbono).

Alguns cientistas, entretanto, questionam se formas alternativas de vida poderiam ser baseadas no elemento químico **silício** (Si), por ser o que apresenta propriedades químicas mais semelhantes às do carbono, entre elas a tetravalência e a possibilidade de formar ligações covalentes com ele mesmo, produzindo cadeias de silício. Entretanto, sob as condições que permitem a existência de vida como a conhecemos, compostos formados por cadeias de silício semelhantes às biomoléculas de carbono seriam pouco estáveis em meio aquoso e em atmosfera contendo gás oxigênio. As condições ambientais que favoreceriam a existência de vida com base em compostos de silício deveriam ser, portanto, diferentes das condições encontradas nos ambientes terrestres. De acordo com estudos, alguns compostos contendo silício poderiam ser dissolvidos em nitrogênio líquido e, atingindo certa concentração nesse solvente não aquoso, ser precursores de moléculas complexas análogas às biomoléculas da Terra. Ainda não há evidências comprovando essa possibilidade. Atualmente, vemos cada vez mais pesquisadores tentando compreender os fundamentos químicos da vida.

A água como solvente

Assim como se discute se seria possível a vida baseada em silício em vez de carbono, há discussões sobre se haveria outros solventes compatíveis com sistemas biológicos, além da água (H_2O), sendo o mais frequentemente citado a amônia (NH_3). Enquanto novos dados obtidos nas missões espaciais não trazem evidências que suportem essas hipóteses, a Astrobiologia continua mantendo a visão de que a água, em fase líquida, é o solvente com as propriedades adequadas para a existência de vida.

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

Neste momento ressalte aos estudantes que eles podem se deparar com livros didáticos, artigos científicos nacionais e plataformas digitais internacionais de universidades renomadas que representam, historicamente, o sentido do vetor momento de dipolo apontando para o elemento químico mais eletronegativo. Entretanto, a IUPAC, que normatiza a área da Química no mundo, solicita em seus livros de padronização que o sentido do vetor momento de dipolo seja do polo negativo para o polo positivo. Certifique-se de que os estudantes compreendem a diferença entre grandezas escalares e vetoriais.

Uma das características importantes de um solvente nesse contexto é ser um líquido em ampla faixa de temperatura. É com base na faixa de temperatura na qual a água pode ser encontrada na fase líquida na superfície de um corpo celeste, considerando apenas a radiação estelar como fonte de energia, que se define a chamada **zona habitável** de um sistema planetário. Sob condição de 1 atm, a água se mantém em fase líquida de 0 °C a 100 °C, enquanto a amônia, por exemplo, é um líquido apenas entre −33 °C e −78 °C.

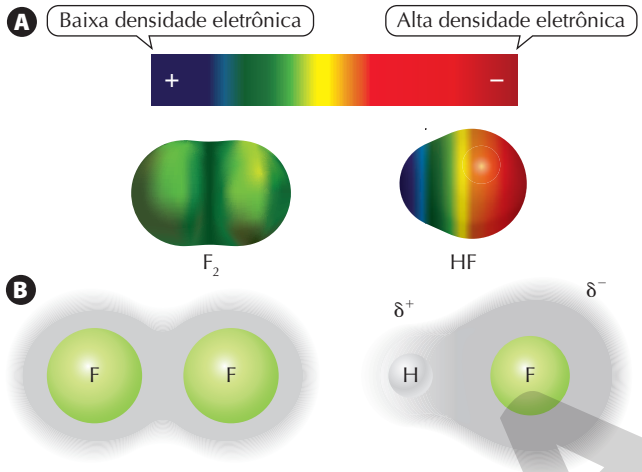
Outra característica importante de um solvente é sua polaridade, a qual influencia tanto as temperaturas de mudança de fase quanto as reações químicas que podem ocorrer e a formação de agregados supramoleculares automontáveis – condição básica para o surgimento das células.

Polaridade das ligações covalentes

Conforme aprendemos, quando dois átomos de hidrogênio se aproximam, começa a ocorrer a sobreposição de seus orbitais, até que a uma determinada distância internuclear o par de elétrons passa a ser compartilhado igualmente entre os dois átomos de hidrogênio. Entretanto, existem moléculas – como a da água – nas quais um dos átomos que participam da ligação exerce maior atração sobre os elétrons do que o outro. Em ambos os casos, é possível descrever a polaridade da ligação considerando a tendência dos átomos em atrair elétrons para si em uma ligação química, sendo essa tendência uma grandeza denominada **eletronegatividade**.

A primeira escala numérica de eletronegatividade foi proposta em 1931 por Linus Pauling. Essa escala é baseada na energia de ligação e tem como referência o átomo de hidrogênio. A eletronegatividade de um elemento químico só pode ser determinada em relação a outro elemento químico – ou seja, é uma propriedade relativa. Dessa forma, o átomo mais eletronegativo em uma ligação pode ser o menos eletronegativo em outra. A eletronegatividade é uma **propriedade periódica** e, em geral, ela aumenta com o aumento do número atômico no período e diminui ao longo do grupo.

Quando um átomo é mais eletronegativo que o outro em uma ligação covalente, ele exerce maior atração sobre os elétrons do par compartilhado. Isso causa um deslocamento da densidade eletrônica para a região mais próxima a esse átomo, que passa a apresentar carga parcial negativa (δ^-). A região próxima ao outro átomo que participa da ligação passa a apresentar carga parcial positiva (δ^+). Nesse caso, dizemos que se trata de uma **ligação covalente polar**, uma vez que ocorre a formação de polos (positivo e negativo) na molécula. Quando os dois átomos apresentam a mesma eletronegatividade, não há, em média, variação da densidade eletrônica da molécula, já que o par de elétrons compartilhado é atraído com a mesma intensidade por ambos os núcleos dos átomos; trata-se de uma **ligação covalente apolar**. Observe os exemplos mostrados na **Figura 4.5**.



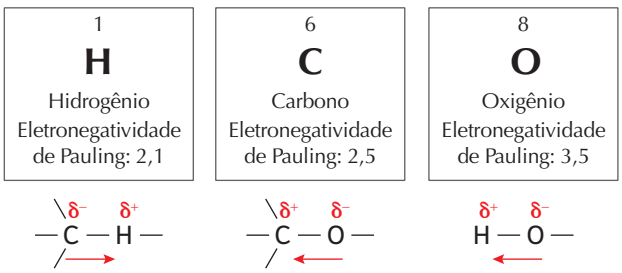
ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCINAO

Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. Tradução: Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

Figura 4.5 (A) Representação computacional da distribuição de densidade eletrônica calculada na superfície das moléculas de gás flúor (F_2) e de fluoreto de hidrogênio (HF). **(B)** Representação submicroscópica simplificada da distribuição de densidade eletrônica (contorno cinza) das mesmas moléculas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Note que, no caso das moléculas de F_2, o núcleo de ambos os átomos atrai os elétrons da ligação com a mesma intensidade e, portanto, não surgem polos elétricos; essa ligação é covalente apolar. Já no caso da molécula de HF, há um aumento da densidade eletrônica ao redor do átomo de flúor, que é mais eletronegativo que o de hidrogênio; a ligação entre eles é covalente polar.

A variação da densidade eletrônica na molécula é denominada dipolo elétrico. O vetor **momento de dipolo elétrico** (ou apenas momento de dipolo, representado por $\vec{\mu}$) descreve os dipolos de uma molécula e pode ser usado para determinar se uma molécula é polar ou apolar. Trata-se de uma **grandeza** descrita por meio de três variáveis: a intensidade, que depende da intensidade das cargas elétricas no dipolo e da distância entre elas; a direção, que é paralela à representação do eixo de ligação entre os dois átomos; e o sentido, do polo negativo para o positivo (conforme a convenção proposta pela IUPAC). Observe a **Figura 4.6**.



Fonte: LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. Tradução: Henrique E. Toma, Koiti Araki, Reginaldo C. Rocha. 5. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

Figura 4.6 Valores de eletronegatividade associados aos elementos químicos mais comumente encontrados em moléculas orgânicas, com base nos cálculos de Pauling. São representadas também ligações entre átomos de carbono e hidrogênio, carbono e oxigênio e hidrogênio e oxigênio. O vetor momento de dipolo elétrico, representado pela seta vermelha, aponta do átomo de maior eletronegatividade para o átomo de menor eletronegatividade.

Retome a Abertura da Unidade neste momento: até mesmo corpos celestes fora da zona habitável podem apresentar água líquida em seu interior. Esse é o caso dos satélites de Júpiter e Saturno, graças às forças gravitacionais dos planetas gigantes. Nesses corpos, pesquisadores brasileiros, como Thiago Altair Ferreira, já propuseram a possibilidade de haver condições para a origem e a manutenção da vida nesses oceanos.

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

EM MODERNA

Informe aos estudantes que, no estudo que faremos na sequência, precisaremos conhecer apenas a direção e o sentido do vetor momento de dipolo elétrico para determinar a polaridade de uma molécula.

O átomo de carbono e o átomo de hidrogênio apresentam valores muito próximos de eletronegatividade de Pauling, o que caracteriza suas ligações como covalentes de polaridade muito baixa. No entanto, a ligação covalente entre átomos de carbono e de oxigênio ou entre átomos de hidrogênio e de oxigênio apresenta caráter polar. Ligações covalentes entre átomos de carbono são apolares, pois são estabelecidas entre átomos do mesmo elemento químico (não há diferença de eletronegatividade).

Porém, identificar a presença de dipolos elétricos em uma ligação química pode não ser suficiente para determinar se a molécula é polar ou apolar. Para isso, é necessário fazer a soma vetorial dos momentos de dipolo elétrico de todas as ligações químicas presentes na molécula, o que fornece o **momento de dipolo elétrico resultante,** representado por $\vec{\mu}_r$. Para calculá-lo, é necessário conhecer a geometria da molécula, isto é, os ângulos em que os átomos estão posicionados.

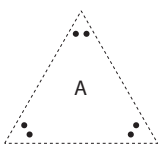
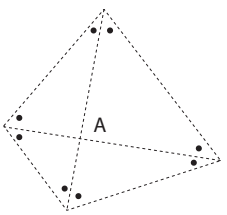
Geometria molecular

Comente com os estudantes que propriedades como as temperaturas de fusão e de ebulição e a solubilidade de substâncias estão relacionadas diretamente às polaridades das ligações e, consequentemente, às polaridades das moléculas e às interações entre elas. Os tipos de reações que ocorrem entre compostos orgânicos também podem ser relacionados a esse parâmetro em alguns casos.

Em 1940, dois químicos britânicos, Nevil Vincent Sidgwick (1873-1952) e Herbert Marcus Powell (1906-1991), propuseram, com base nas ideias de Lewis, que a repulsão entre os pares eletrônicos na camada de valência determina a geometria molecular. Esse estudo foi publicado sem saber que o cientista japonês Ryutaro Tsuchida, em 1939, havia publicado conclusão semelhante. Mas essa teoria foi amplamente aceita somente em 1957, quando foi aprimorada por outros dois químicos britânicos, Ronald James Gillespie (1924-) e Ronald Sydney Nyholm (1917-1971).

Para determinar a maneira como os átomos estão organizados espacialmente em uma molécula, é preciso observar todos os pares de elétrons presentes no átomo central. De acordo com o **modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência** (ou VSEPR, do termo em inglês ***v**alence-**s**hell **e**lectron-**p**air **r**epulsion*), esses pares de elétrons se posicionam mantendo a maior distância possível entre si, minimizando os efeitos de repulsão eletrostática que ocorre tanto entre os pares de elétrons das ligações químicas, chamados de **pares ligantes**, como entre os **pares não ligantes** ou isolados, ou seja, aqueles que não estão envolvidos nas ligações químicas do átomo central. Na **Tabela 4.2** são apresentados, por meio de símbolos de Lewis, os arranjos geométricos nos casos em que a distância entre os pares eletrônicos ligantes e não ligantes é a maior possível.

Tabela 4.2 Disposição geométrica dos pares eletrônicos ligantes e não ligantes do átomo central de um elemento químico genérico A

Pares de elétrons na camada de valência	Arranjo geométrico dos pares eletrônicos	
2	Linear	
3	Trigonal plano	
4	Tetraédrico	

Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. Tradução: Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2016.

Os dados da tabela representam o arranjo geométrico dos pares eletrônicos que proporciona a maior distância entre eles, mas na representação da geometria de uma molécula nem todos os vértices das formas geométricas estarão necessariamente ocupados, pois nem sempre todos os pares eletrônicos estarão envolvidos em ligações químicas.

Na **Tabela 4.3** são representadas algumas moléculas, bem como a indicação da sua geometria. Como muitas moléculas apresentam geometria não planar, para representá-las no plano bidimensional da folha de papel é necessário empregar certos artifícios gráficos, também mostrados na tabela.

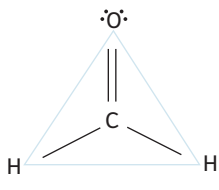
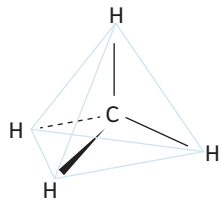
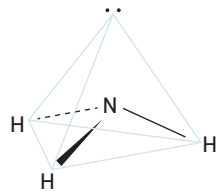
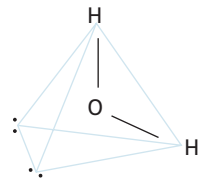
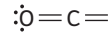
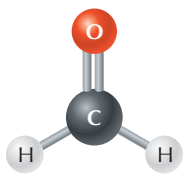
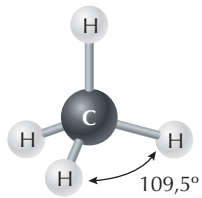
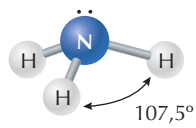
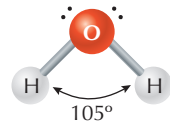
ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

Relembre com os estudantes que nas moléculas orgânicas o átomo de carbono estabelece quatro ligações químicas, que podem ser ligações simples, duplas ou triplas. Chame a atenção deles para os exemplos do metanal e do metano, para que percebam que não há pares de elétrons isolados. Logo, a geometria molecular é determinada pelo tipo de ligação feita pelo átomo de carbono central da molécula.

Tabela 4.3 Previsão da geometria molecular utilizando o modelo VSEPR

Nome	Metanal	Metano	Amônia	Água	Dióxido de carbono
Fórmula molecular	CH_2O	CH_4	NH_3	H_2O	CO_2
Arranjo eletrônico	 Trigonal plano	 Tetraédrico	 Tetraédrico	 Tetraédrico	Verifique se os estudantes percebem que as insaturações são tratadas como um único conjunto de elétrons, que ocupa um mesmo vértice  da figura geométrica básica correspondente. Linear
Modelo de esferas e bastões					
Geometria molecular	Trigonal plana	Tetraédrica	Piramidal	Angular	Linear

(Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Fonte consultada: KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. *Química geral e reações químicas*. Tradução: Flávio M. Vichi e Solange A. Visconte. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. v. 1.

ILUSTRAÇÕES: ANDERSON DE ANDRADE PIMENTEL

Note, por exemplo, que no arranjo eletrônico da molécula de metano as linhas simples representam as ligações entre o átomo de carbono e dois átomos de hidrogênio que estão no mesmo plano. A ligação representada como um triângulo cheio, ou cunha, indica que o átomo ligado está no plano à frente do plano da página. A ligação representada com o tracejado indica que o átomo ligado está no plano atrás do plano da página. Note também que mesmo os pares eletrônicos não ligantes são importantes para determinar o arranjo geométrico, como no caso da amônia e da água, e que as ligações duplas (e triplas) são tratadas como um único conjunto de pares de elétrons.

Algumas moléculas, como a amônia e a água em relação ao metano, apresentam pequena distorção no ângulo de suas ligações: os ângulos de ligação diminuem à medida que o número de pares de elétrons não ligantes aumenta. Isso ocorre porque o par de elétrons ligantes é atraído mais fortemente pelos dois núcleos que participam da ligação química; em contrapartida, os pares de elétrons não ligantes são atraídos mais fortemente por apenas um núcleo. Como resultado, esses pares de elétrons não ligantes repelem com maior intensidade os outros elétrons da molécula, distorcendo os ângulos entre as ligações químicas.

Existe uma relação entre a geometria molecular e a posição dos elementos químicos na tabela periódica, o que nos permite prever outras situações além das apresentadas na tabela.

Polaridade das moléculas

Observe a representação da molécula de dióxido de carbono na **Tabela 4.3**. As ligações nessa molécula são polares por causa da diferença de eletronegatividade entre o oxigênio e o carbono e, portanto, apresentam momento de dipolo diferente de zero. No entanto, como a molécula de CO_2 tem geometria linear, esses momentos de dipolos elétricos são vetores de igual intensidade e direção que apontam em sentidos opostos, anulando-se. O momento de dipolo elétrico resultante do CO_2 é nulo e, portanto, trata-se de uma molécula apolar.

Quanto à molécula de água, também representada na mesma tabela, perceba que, embora ambas as ligações sejam polares e os momentos de dipolos elétricos sejam diferentes de zero, a geometria molecular é angular. Logo, os vetores momento de dipolo elétrico das ligações H — O não se anulam, e o momento de dipolo resultante é diferente de zero. A molécula da água é, portanto, uma molécula polar.

No metano, como as quatro ligações C — H são equivalentes, o vetor momento de dipolo elétrico de cada uma delas tem a mesma intensidade. A disposição tetraédrica dos átomos faz com que a soma vetorial seja nula, ou seja, a molécula de metano é apolar.

Perceba que a substituição de um átomo de hidrogênio do metano (CH_4) por um átomo mais eletronegativo, como o cloro no clorometano (CH_3Cl), alteraria o momento de dipolo elétrico resultante. A intensidade do vetor momento de dipolo elétrico da ligação que se estabelece entre o átomo de carbono e o de cloro é diferente das ligações C — H, por causa da maior eletronegatividade do cloro, o que altera a simetria da molécula e a torna polar.

As moléculas de amônia (**Tab. 4.3**) são polares, assim como as da água. Se a vida como a conhecemos depende da água como solvente, a possibilidade de exisitir vida

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

MODERNA

com base na amônia como solvente em outros planetas e luas não é descartada pelos cientistas. Diversos compostos orgânicos, como os aminoácidos, podem ser dissolvidos em amônia; além disso, esse solvente é o meio escolhido para a realização de diversas reações químicas em laboratório. Entretanto, além de ser um gás a 25 °C e 1 atm, a amônia reage com o gás oxigênio, e por esse motivo ela não seria um solvente adequado à vida sob as condições terrestres. Mas ela poderia ser um solvente adequado em outros corpos celestes. Há evidências, por exemplo, de que Titã, o maior satélite natural de Saturno, abriga uma solução contendo amônia e água, abaixo de uma camada de gelo. Nesse meio há ausência de gás oxigênio, condição que poderia abrigar formas de vida com base em amônia como solvente.

Interações intermoleculares

A polaridade das moléculas influencia as propriedades físico-químicas específicas das substâncias porque, entre outros fatores, está relacionada com os tipos de forças intermoleculares estabelecidos entre as moléculas. Descreveremos a seguir as interações que ocorrem em solventes puros. Além das interações intermoleculares, outros efeitos também são relevantes na formação de misturas.

Dipolo instantâneo-dipolo induzido ou forças dispersivas de London

Tanto nas moléculas apolares quanto nas polares, bem como nos átomos de gases nobres isolados, a movimentação dos elétrons pode gerar, em certo momento, um aumento da densidade eletrônica em determinada região da espécie química. Assim, a distribuição de elétrons não é homogênea, e forma-se um dipolo elétrico instantâneo. Esse dipolo induz a formação de novos dipolos elétricos nas espécies químicas que estão próximas. Os dipolos induzidos se orientam no espaço e interagem, atraindo-se uns aos outros (**Fig. 4.7**).

LUIZ RUBIO

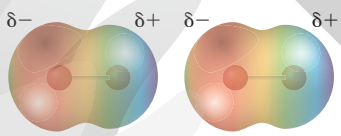


Figura 4.7 Representação submicroscópica da distribuição de elétrons em moléculas diatômicas homonucleares, como o Br_2, interagindo por forças dispersivas de London. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Esse tipo de interação recebe o nome de interação dipolo instantâneo-dipolo induzido, ou **forças dispersivas de London**, em homenagem ao físico alemão Fritz Wolfgang London (1900-1954), que as estudou. Geralmente, a facilidade com a qual uma distribuição assimétrica de elétrons pode ocorrer está relacionada ao tamanho da molécula e à quantidade de elétrons. Quanto maior é a nuvem eletrônica da espécie química, mais fácil é a indução do dipolo.

Essas interações ocorrem entre todas as espécies químicas, entretanto é o único tipo de interação que ocorre entre moléculas apolares e entre os átomos isolados de gases nobres. As forças dispersivas de London são relativamente fracas e aumentam de intensidade quando ocorre a aproximação entre os átomos ou as moléculas.

Dipolo permanente-dipolo permanente ou forças de Keesom

As moléculas polares também apresentam outro tipo de interação, as chamadas interações dipolo permanente-dipolo permanente, ou **forças de Keesom**, em homenagem ao físico holandês Willem Hendrik Keesom (1876-1956). Ele foi o primeiro cientista a descrever matematicamente essas interações, que podem também ser chamadas de dipolo-dipolo.

Nesse tipo de interação, a região com maior densidade de carga negativa (δ^-) de uma molécula atrai a região de menor densidade dessas cargas (δ^+) de outra molécula próxima, e vice-versa. Formam-se, então, interações entre dipolos que já existem na molécula.

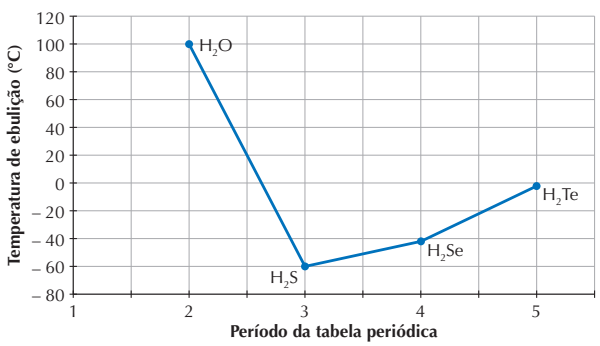
Esse tipo de interação é mais intenso que as forças dispersivas de London. É importante enfatizar, entretanto, que nas moléculas polares ocorrem os dois tipos de interação, porém as forças de Keesom predominam na maioria dos casos. As forças de London e de Keesom são em conjunto chamadas de **forças de Van der Waals**, em homenagem ao físico holandês Johannes Diderik van der Waals (1837-1923), um dos primeiros cientistas a propor a existência das interações intermoleculares.

Ligações de hidrogênio

As ligações de hidrogênio também são interações do tipo dipolo-dipolo, porém mais intensas que as forças de Keesom. Podemos entender esse tipo de interação ao analisarmos, por exemplo, a temperatura de ebulição a 1 atm das substâncias formadas por hidrogênio e átomos dos elementos químicos do grupo 16, conforme apresenta a **Figura 4.8**.

Figura 4.8 Temperaturas de ebulição dos compostos formados por hidrogênio e calcogênios (1 atm)

LUIZ RUBIO

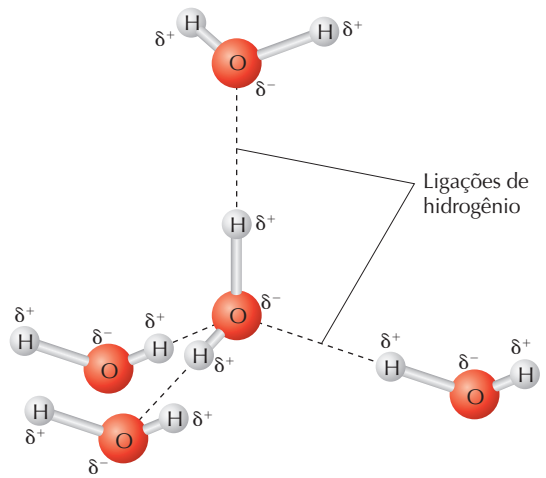


Fonte consultada: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

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

MODERNA

As substâncias sulfeto de hidrogênio (H_2S), seleneto de hidrogênio (H_2Se) e telureto de hidrogênio (H_2Te) apresentam o comportamento típico de aumento da temperatura de ebulição com o aumento do período da tabela periódica em que estão os calcogênios. Isso porque, além do aumento da massa atômica, quanto maior o átomo, maior sua densidade eletrônica e, consequentemente, mais intensas são as forças de Keesom entre as moléculas formadas por ele. No entanto, a água (H_2O) apresenta temperatura de ebulição muito maior que a esperada. Isso ocorre em razão de um tipo de interação existente entre as moléculas de H_2O, as ligações de hidrogênio (**Fig. 4.9**).



ADILSON SECCO

Figura 4.9 Modelo submicroscópico representando as ligações de hidrogênio presentes entre moléculas de água. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A ligação de hidrogênio é a interação entre o átomo de hidrogênio ligado covalentemente a um átomo bastante eletronegativo (F, O ou N) e o par eletrônico não ligante do átomo de flúor, oxigênio ou nitrogênio presente em outra molécula.

As ligações de hidrogênio têm papel fundamental em diversos processos biológicos. Por exemplo, a dupla hélice do DNA se mantém unida em decorrência dessas interações. Por serem interações intermoleculares, elas são, em média, cerca de dez vezes menos energéticas que as ligações covalentes e, assim, podem ser mais facilmente desfeitas nos processos de divisão celular.

Propriedades da água em fase líquida

Densidade

A maioria das substâncias apresenta maior aproximação de suas partículas na fase sólida e, consequentemente, maior densidade nessa fase. Porém, isso não ocorre com a água. Suas moléculas assumem um arranjo ordenado por causa das ligações de hidrogênio formadas. Como a energia cinética (e consequentemente a movimentação) das moléculas de água é menor na fase sólida do que na fase líquida, as ligações de hidrogênio mantêm as moléculas mais afastadas na fase sólida. Em consequência, o gelo apresenta densidade menor do que a água líquida e flutua nela.

Coesão e adesão

A **coesão** é uma propriedade relacionada à capacidade que as moléculas têm de ficarem unidas, e a **adesão** é a propriedade relacionada à capacidade de se unirem a moléculas diferentes.

Quando as forças de coesão são mais intensas que as de adesão, as moléculas de água, por exemplo, interagem mais fortemente entre si e a água tende a se organizar na forma de **gotas**. No entanto, quando a intensidade das forças de adesão supera as de coesão, as moléculas de água interagem mais fortemente com as moléculas da superfície; nesse caso, a água tende a formar um **filme** sobre a superfície.

Retome com os estudantes a imagem de abertura do Tema e peça que revejam as ideias levantadas na discussão inicial com base no conhecimento adquirido durante o estudo das interações intermoleculares.

Tensão superficial

A forma de uma gota de água pode ser explicada por meio da tensão superficial. As interações intermoleculares atuam em todas as direções. No entanto, as moléculas da superfície da gota de água interagem mais intensamente com as moléculas de água em sua vizinhança do que com as moléculas das substâncias que compõem o ar. A força de atração resultante é direcionada para o interior do líquido e ocasiona o empacotamento das moléculas da forma mais densa possível, resultando em uma área superficial mínima. Essa propriedade é conhecida como tensão superficial. Esse é o efeito que permite que insetos permaneçam e andem sobre a superfície da água sem afundar, como o que foi apresentado na **Figura 4.1**.

Viscosidade

As ligações de hidrogênio entre as moléculas de água aumentam a viscosidade desse líquido em relação a líquidos apolares, cujas moléculas interagem por meio de forças dispersivas de London. A viscosidade é definida como a resistência de um fluido (líquido ou gás) ao escoamento. Quando as interações intermoleculares são bastante intensas, elas mantêm as moléculas unidas, reduzindo sua movimentação e diminuindo a velocidade de escoamento do líquido.

Solubilidade

Diversas substâncias podem ser dissolvidas na água, entretanto algumas são mais solubilizadas que outras. Quando dissolvidas na água, as substâncias podem formar com ela um sistema homogêneo denominado **solução**, no qual a água é o solvente e a substância solubilizada é o soluto. Alguns compostos orgânicos, como o etanol, são solubilizados em água por meio de ligações de hidrogênio entre as moléculas do solvente e as do soluto.

Porém, as substâncias cujas moléculas são de baixa polaridade ou apolares são muito pouco solúveis em água e com ela tendem a formar sistemas com mais de uma fase. A pequena solubilidade observada é resultado de interações intermoleculares do tipo **dipolo permanente-dipolo induzido**.

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

MODERNA

Retome conhecimentos do Ensino Fundamental relacionados à importância dos sais minerais na manutenção da vida, usando como exemplo o transporte da seiva bruta nas plantas. Procure retomar também o conhecimento acerca de soluções aquosas, bem como da formação de íons.

Solvatação

Além da participação de moléculas orgânicas em diversos processos relacionados à manutenção da vida na Terra, é bastante relevante a participação de substâncias iônicas (formadas por íons), como os sais minerais transportados pelo xilema em plantas vasculares. Quando as moléculas de água se organizam em torno das partículas de soluto (sejam elas moléculas ou íons), tem-se o fenômeno conhecido como solvatação. Observe a representação na **Figura 4.10**.

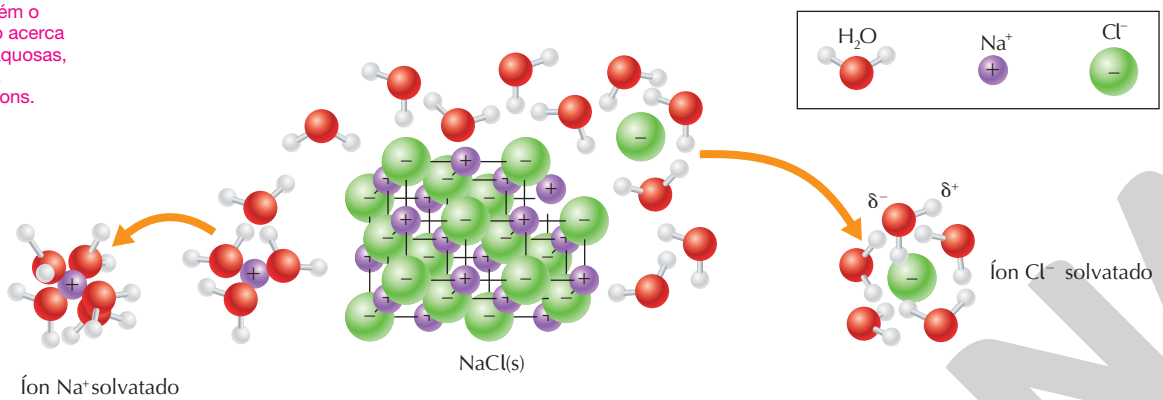


Figura 4.10 Modelo submicroscópico da solubilização do cloreto de sódio em água. O número de moléculas de água associadas aos íons não é necessariamente o representado e depende de diversos fatores, como o raio iônico. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A solvatação ocorre por causa do caráter polar da molécula de água: a carga parcial negativa do átomo de oxigênio é atraída pela carga do cátion do soluto e a carga parcial positiva de cada átomo de hidrogênio é atraída pelo ânion do soluto, no caso das substâncias iônicas. Esse é um tipo de interação chamado **íon-dipolo**. Ela é menos intensa que a atração eletrostática entre cátions e ânions, porém é mais intensa que as interações intermoleculares apresentadas. Como consequência dessa interação, os íons do composto iônico se separam, ou seja, ocorre dissociação quando a substância se solubiliza. No entanto, nem todos os compostos iônicos são apreciavelmente solúveis em água em qualquer temperatura.

:: De moléculas a células

Ao estudar o mundo natural, nota-se que existem vários níveis de organização molecular, desde espécies químicas isoladas até conjuntos de moléculas formando estruturas complexas, muitas com elevado grau de simetria, que permitem a compartimentalização de reações químicas.

A Química Supramolecular é a área do conhecimento que estuda os fenômenos associados a esses agregados organizados de moléculas, os quais se formam espontaneamente pela simples mistura dos componentes, ou seja, se caracterizam como sistemas automontados, e são mantidos por interações intermoleculares. A formação desses agregados pode ser observada, por exemplo, quando são colocadas em água moléculas que apresentam em sua estrutura duas regiões com características de polaridade distintas: polar/hidrofílica e apolar/hidrofóbica (**Fig. 4.11 A**). Moléculas com essa característica estrutural são denominadas anfifílicas ou anfipáticas. Em ambiente aquoso, os compostos anfipáticos se auto-organizam de forma que o contato de suas regiões apolares com a água seja minimizado. A partir de certa concentração mínima e dependendo, por exemplo, da geometria molecular, os compostos anfifílicos se organizam em bicamadas ou em micelas. Quando esses agregados se formam, partículas dissolvidas ou em suspensão na água podem ser confinadas em seu interior (**Fig. 4.11 B**). A bicamada é um tipo de agregado supramolecular que compõe a membrana que delimita as células. A Química Supramolecular também aparece na montagem de capsídeos virais.

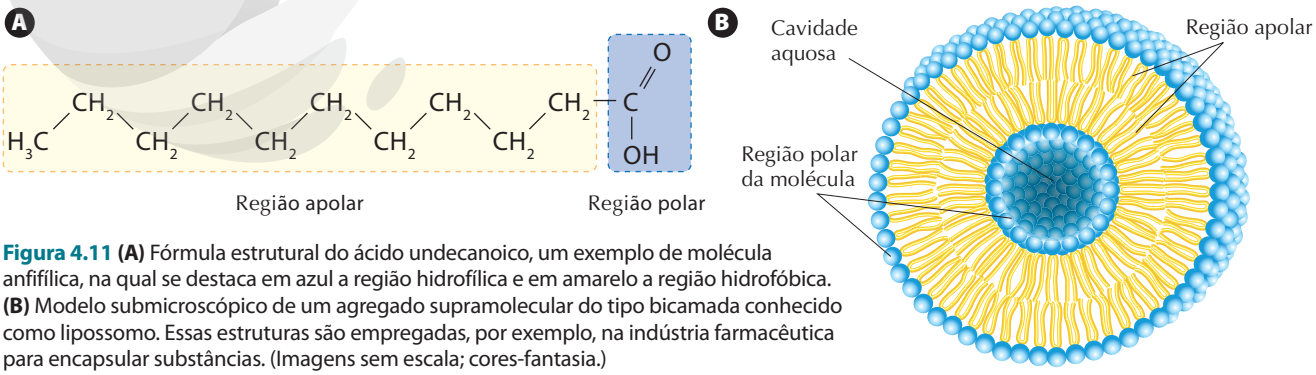


Figura 4.11 **(A)** Fórmula estrutural do ácido undecanoico, um exemplo de molécula anfifílica, na qual se destaca em azul a região hidrofílica e em amarelo a região hidrofóbica. **(B)** Modelo submicroscópico de um agregado supramolecular do tipo bicamada conhecido como lipossomo. Essas estruturas são empregadas, por exemplo, na indústria farmacêutica para encapsular substâncias. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Fonte consultada: NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. Tradução: Ana Beatriz G. da Veiga *et al*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

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

MODERNA

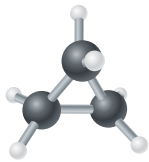
Atividades

2. Incentive os estudantes a realizarem essa atividade por meio da representação da fórmula estrutural das moléculas, procurando identificar tanto a região com carga parcial positiva quanto a região com carga parcial negativa.

Registre em seu caderno

1. O ciclopropano é um composto orgânico com propriedades anestésicas, mas por causa de sua alta reatividade com o gás oxigênio tem sido substituído por outros compostos para esse fim. O modelo de esferas e bastões a seguir corresponde à representação de uma molécula de ciclopropano. Os átomos de carbono são representados por esferas cinza-escuras e os átomos de hidrogênio, por esferas brancas.

ERICSON GUILHERME LUCIANO



Com base nesse modelo, escreva a fórmula molecular do ciclopropano e desenhe sua fórmula estrutural utilizando artifícios gráficos para indicar a orientação espacial dos átomos de hidrogênio.

2. Observe na tabela a seguir os momentos de dipolo elétrico de alguns compostos orgânicos, medidos em debye (D).

Substância	Momento de dipolo (D)
CH_3Cl	1,87
CH_3OH	1,70
C_2H_6	0
C_6H_6	0

Fonte: MARTINS, C. R. *et al*. Solubilidade das substâncias orgânicas. *Química Nova*, São Paulo, v. 36, n. 8, 2013.

Explique por que alguns dos compostos orgânicos apresentados têm momento de dipolo igual a zero e os demais, não.

3. Os sabões, como o estearato de sódio ($C_{17}H_{35}COONa$), são substâncias anfipáticas, e que em ambiente aquoso formam agregados supramoleculares esféricos conhecidos como micelas. Explique, com base nestas informações e no que foi estudado, como o sabão age no processo de limpeza de uma louça engordurada.

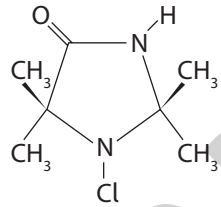
4. Observe, a seguir, a foto do modelo de esferas e bastões de uma molécula formada por átomos de apenas dois elementos químicos.

MEGASQUIB/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES



Identifique sua geometria e polaridade. Justifique suas escolhas.

5. As *N*-haloaminas constituem um grupo de compostos orgânicos que apresentam pelo menos um átomo de nitrogênio ligado a um halogênio, normalmente o átomo de cloro. As *N*-haloaminas são compostos bastante estáveis em água e podem atuar como biocidas eficazes contra vários tipos de bactérias e fungos, por exemplo. Observe a fórmula estrutural de um tipo de *N*-haloamina.



Com base na fórmula estrutural apresentada, responda:

a) Qual é a fórmula molecular do composto?

b) Ele é um composto polar ou apolar? Justifique.

c) Proponha uma hipótese para a ação biocida desse tipo de composto.

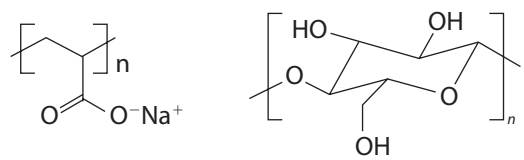
6. [...] Comparada com muitas outras substâncias, uma dada quantidade de água requer um grande ganho de calor para aumentar sua temperatura, e uma grande perda de calor para reduzi-la. Portanto, muito mais calor deve ser aplicado para elevar a temperatura da água que para elevar a temperatura de um líquido sem ligação de hidrogênio. O inverso é verdadeiro à medida que a água esfria. Consequentemente, a água mantém a temperatura constante com mais facilidade do que outros solventes e tende a proteger a célula de flutuações nas temperaturas ambientais. [...]

Fonte: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

Explique por que a existência de ligações de hidrogênio entre as moléculas de água faz com que essa substância atue como regulador da temperatura corporal.

7. Cerca de 21% da atmosfera terrestre é composta de gás oxigênio. Sabendo que esse gás apresenta fórmula molecular O_2, faça o esboço de um gráfico que mostre a variação de energia potencial para a formação de uma molécula de gás oxigênio.

8. (Enem) As fraldas descartáveis que contêm o polímero poliacrilato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).



(1) (2)

Fonte: (Adaptado de: CURI, D. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 23, maio 2006.)

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

MODERNA

A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às

a) interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

b) interações íon-íon mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

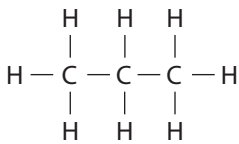
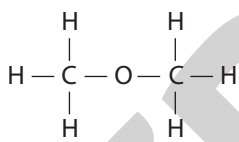
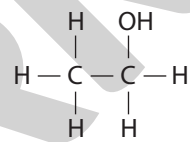
c) ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às interações íon-dipolo entre a celulose e as moléculas de água.

d) ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às interações dipolo induzido-dipolo induzido entre a celulose e as moléculas de água.

e) interações íon-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

9. Analise a tabela a seguir.

Propriedades físico-químicas de alguns compostos orgânicos, a 1 atm

Nome	Propano	Metoximetano (éter dimetílico)	Etanol (álcool etílico)
Massa molecular (u)	44	46	46
Fórmula estrutural plana			
Temperatura de fusão (°C)	−187,6	−141,5	−114,1
Temperatura de ebulição (°C)	−42,1	−24,8	78,3

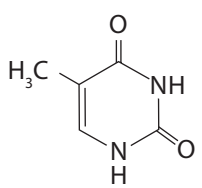
Fonte: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

Utilizando os conceitos de polaridade das moléculas e os tipos de interações intermoleculares, responda:

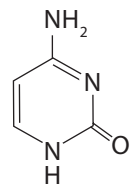
a) Em qual fase as substâncias apresentadas encontram-se a 25 °C e 1 atm? Justifique.

b) Por que as substâncias indicadas na tabela apresentam diferentes temperaturas de fusão e de ebulição?

10. As representações moleculares são muito úteis para relacionar as propriedades das substâncias à estrutura das moléculas, pois permitem identificar similaridades e diferenças. A molécula de timina, por exemplo, uma das bases nitrogenadas que compõem a estrutura do DNA, apresenta semelhanças com a citosina. As fórmulas estruturais dessas moléculas estão representadas a seguir.



Timina



Citosina

Apresente aos colegas uma proposta para representar essas fórmulas estruturais, de forma que as semelhanças e as diferenças possam ser reconhecidas por pessoas com deficiência visual.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

TEMA 5

Origem e evolução da vida na Terra

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 3; 5; 6; 9
Habilidades: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT301

A vida, como a conhecemos, surgiu depois da evolução química, em que moléculas simples, em determinadas condições, passaram a complexas, propiciando a origem das primeiras células.

Questões intrigantes a respeito da origem da vida na Terra e da possível existência de vida em outros locais do Universo sempre foram objeto de muitas discussões, desde a Antiguidade.

Neste Tema, vamos analisar as principais ideias acerca da origem da vida, sintetizando uma longa discussão histórica. Ao fazermos isso, não pretendemos que você tenha uma concepção equivocada pensando que somente as pessoas e os dados citados estão envolvidos. A Ciência não evolui de forma linear. As ideias que analisaremos são apenas algumas das que ocorreram nas diferentes épocas, selecionadas com base no maior impacto que tiveram em cada momento histórico.

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

Fique por dentro

A história de Louis Pasteur

Direção de William Dieterle, Estados Unidos, 1936. 86 min.

O filme mostra a trajetória da vida e da carreira do microbiologista francês Louis Pasteur, que enfrentou a descrença da comunidade científica ao defender suas ideias sobre a geração espontânea.

Astrobiologia: uma ciência emergente

Primeiro livro em português sobre Astrobiologia, escrito por pesquisadores do Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia da Universidade de São Paulo. Esse livro faz uma apresentação da história do Universo, de sua origem até a formação dos planetas e da vida. Além disso, promove uma discussão sobre nosso futuro em um Universo em evolução.

Disponível em: <https://sites.google.com/usp.br/livro-astrobiologia>.

Acesso em: 18 jun. 2020.

Teorias da origem da vida

Na Antiguidade, doutrinas da Índia, da Babilônia e do Egito apontavam que rãs, serpentes e crocodilos eram manifestações da vontade dos deuses e gerados de modo espontâneo a partir do lodo dos rios. De interpretações como essa desenvolveu-se a ideia da geração espontânea, segundo a qual todos os seres vivos originam-se espontaneamente da matéria inorgânica. Até mesmo receitas para formar seres vivos foram criadas, como a de Jan Baptist van Helmont (1577-1644), um filósofo da natureza belga. Ele ensinava a produzir ratos a partir de uma camisa suada e suja colocada com grãos de trigo em um local protegido. Sabemos hoje que os ratos eram atraídos pelos grãos de trigo, e não surgiam espontaneamente da mistura proposta pela receita, mas, na época, interpretações como essa eram comuns.

Embora ideias opostas à geração espontânea já tivessem surgido na Antiguidade, a noção de que os seres vivos nascem da matéria bruta permaneceu até o século XIX. Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), por exemplo, um importante filósofo da Antiguidade cujas ideias influenciaram diversas áreas do conhecimento aceitava a ideia da geração espontânea para alguns casos, mas não para outros. Ele estudou detalhadamente a anatomia e o processo de reprodução sexuada de vários animais e, nesses casos, dizia que esses animais surgiam apenas por reprodução a partir de outros animais já existentes. Para aqueles seres cujo processo de reprodução ele desconhecia, aceitava a geração espontânea.

Somente em meados do século XVII, começaram a surgir experimentos para testar tanto ideias a favor da geração espontânea quanto contra ela.

Vamos fazer uma análise de alguns desses experimentos e procurar entender as mudanças na interpretação do mundo vivo ao longo do tempo.

Os experimentos de Redi

Francesco Redi (1626-1697), filósofo da natureza italiano, não aceitava a ideia da geração espontânea dos seres vivos. Na época, os adeptos dessa ideia usavam como argumento a favor dela o nascimento espontâneo de "vermes" na carne em decomposição.

Redi questionou essa interpretação e formulou a hipótese de que esses "vermes" surgiam de ovos colocados por moscas atraídas pela carne podre. Eles seriam, na verdade, larvas que fazem parte do ciclo de vida das moscas.

Visando testar sua hipótese, Redi realizou experimentos, publicados em 1668, usando oito frascos de vidro com pedaços de carne dentro de cada um deles. Deixou quatro dos frascos abertos, como grupo controle, e cobriu com gaze os outros quatro, que formavam o grupo experimental. A gaze permitia a entrada de ar, mas impedia a entrada de insetos, como as moscas.

Depois de algum tempo verificou que, nos frascos cobertos com gaze, os pedaços de carne estavam em decomposição e exalavam mau cheiro, mas não apresentavam larvas. Já nos frascos totalmente abertos, os pedaços de carne apresentavam as mesmas características dos que estavam cobertos, mas havia larvas sobre eles. Como a única diferença entre os grupos era o isolamento ou não da carne, proporcionado pela gaze, Redi concluiu que as larvas não tinham origem na carne, mas sim nos insetos, o que corroborava sua hipótese. Para consolidar esses resultados, ele se preocupou em fazer réplicas do experimento (**Fig. 5.1**).

Com esses experimentos, Redi conseguiu refutar a ideia da origem espontânea dos vermes a partir de carne podre, mas outras questões ficaram em aberto. Para outros casos, como a origem dos vermes encontrados dentro das frutas, Redi não tinha explicação e admitia, para eles, a geração espontânea.

Controvérsia entre Needham e Spallanzani

Na época da publicação do trabalho de Redi, os microscópios já existiam, mas somente entre os anos de 1673 e 1723 os microrganismos foram descritos com mais detalhes. O maior conhecimento desse mundo microscópico reacendeu a discussão a respeito da origem dos seres vivos.

Uma das controvérsias científicas mais clássicas, muito citada na história da Ciência, ocorreu entre o naturalista inglês John Turberville Needham (1713-1781), adepto da geração espontânea, e o naturalista italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799), contrário a essa ideia. Ambos eram estudiosos competentes, e usaram técnicas e metodologias inovadoras para a época. A discussão durou cerca de 26 anos, e nenhum deles abandonou as próprias ideias.

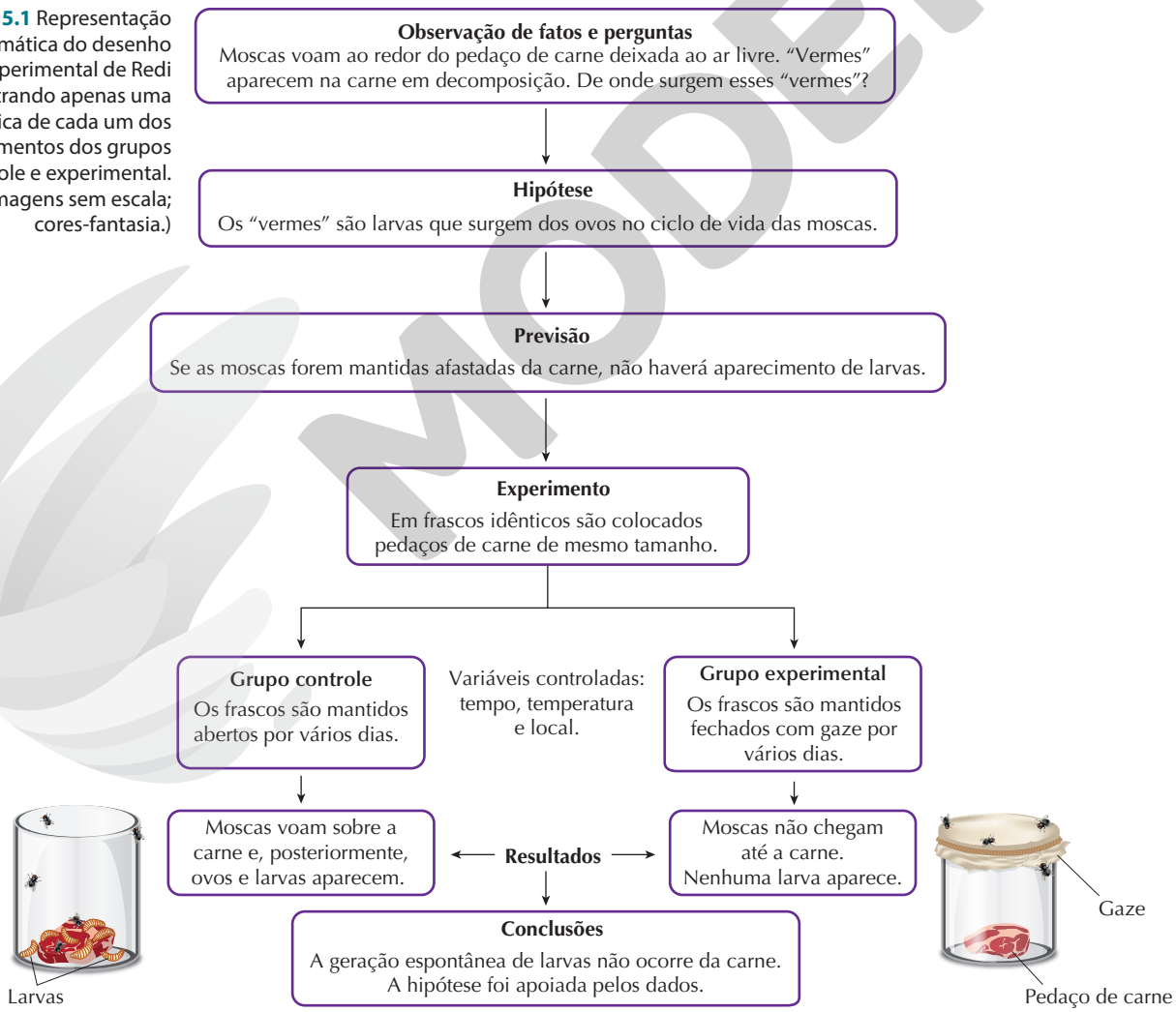


Figura 5.1 Representação esquemática do desenho experimental de Redi mostrando apenas uma réplica de cada um dos tratamentos dos grupos controle e experimental. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

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

MODERNA

Needham desenvolveu uma série de experimentos que, segundo suas ideias, traziam evidências de que os seres microscópicos seriam gerados espontaneamente. Na época, sabia-se que a fervura de sopas ou líquidos nutritivos matava os microrganismos neles presentes. Com base nisso, ele queria investigar se esses organismos surgiriam após a fervura do líquido com os frascos mantidos fechados, sem contato com o ar.

Em seu principal experimento, apresentado em 1748, Needham preparou um caldo nutritivo que era fervido por 30 minutos e distribuído, ainda quente, em diversos frascos, que eram fechados com rolhas e deixados em repouso por alguns dias. Ao examinar essas soluções ao microscópio, Needham observou microrganismos, o que o fez concluir que eles tinham surgido espontaneamente e que os caldos continham uma "força vital" ou "força vegetativa" responsável pelo aparecimento de formas vivas.

Seus procedimentos experimentais e seus resultados foram contestados por outros pesquisadores contrários à ideia da geração espontânea. Um deles foi Spallanzani, que repetiu os experimentos de Needham, com algumas modificações, e obteve resultados diferentes. Spallanzani ferveu substâncias nutritivas por uma hora em balões de vidro, fechando-os hermeticamente com um maçarico, deixou-os em repouso por alguns dias e, então, abriu-os e observou ao microscópio a inexistência de organismos vivos no líquido. Esses resultados foram apresentados em 1765, explicando que Needham não havia fervido a solução nutritiva por tempo suficiente para esterilizá-la.

Em 1769, Needham respondeu à crítica dizendo que, ao ferver por muito tempo as substâncias nutritivas, Spallanzani havia destruído a "força vital" e, ao fechar os frascos hermeticamente, tornava o ar de dentro dos recipientes desfavorável ao aparecimento da vida.

Visando rebater essas críticas, Spallanzani realizou novos experimentos em que submeteu à fervura líquidos nutritivos por uma hora em recipientes fechados. Após a fervura, abriu os recipientes, permitindo a entrada do ar, e, depois de resfriados, analisou esses líquidos ao microscópio e verificou a existência de microrganismos. Com esses resultados, ele conseguiu demonstrar que a "força vital" não havia sido destruída, mas não conseguiu rebater as críticas de que o aquecimento em recipientes fechados alteraria a qualidade do ar.

Os experimentos de Pasteur

O debate entre os adeptos da geração espontânea e os que a criticavam continuou por várias décadas e se tornou tão intenso que, em 1860, a Academia Francesa de Ciências propôs um prêmio para quem resolvesse o conflito. O químico francês Louis Pasteur (1822-1895) ganhou esse prêmio em 1864. Seus experimentos contestaram a geração espontânea e trouxeram fortes argumentos a favor da origem dos seres vivos a partir de outros já existentes, hipótese que ficou conhecida como **biogênese** (do grego, *bíos* = vida; *génesis* = origem, formação). Já a da geração espontânea passou a ser chamada de **abiogênese** (do grego, *a* = prefixo de negação).

Pasteur era adepto da hipótese da biogênese e, para ele, os microrganismos presentes no ar, ao entrarem em contato com a solução nutritiva dos frascos abertos, proliferavam. Para testar essa hipótese, ele fez adaptações nos experimentos de Spallanzani a fim de responder às principais críticas feitas a eles – de que o uso de frascos hermeticamente fechados tornava o ar desfavorável à vida e de que a fervura destruía a "força vital" da solução. Para isso, as soluções nutritivas foram fervidas em balões de vidro com pescoço de cisne, que permitiam o contato com o ar externo ao recipiente (**Fig. 5.2**).

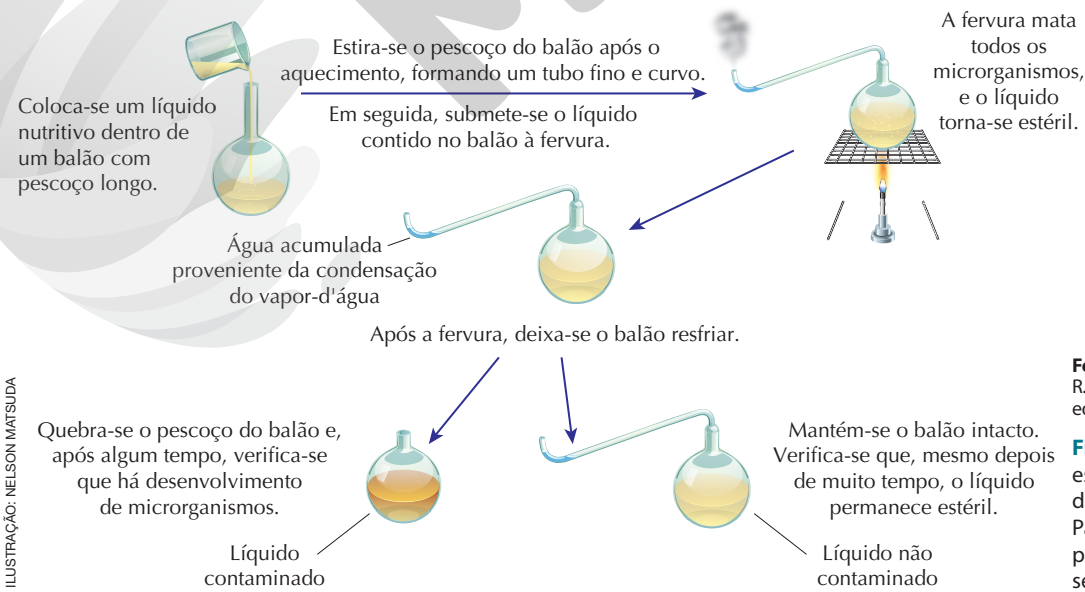


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Fonte: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Figura 5.2 Representação esquemática simplificada dos experimentos de Pasteur usando balões com pescoço de cisne. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

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

MODERNA

O gargalo estreito em forma de S do frasco reduz o movimento do ar e permite a passagem de modo lento, por difusão. Nesse ritmo lento, os microrganismos se depositam na parte inferior da curva em S do pescoço e não chegam até o líquido. A curva em S do pescoço forma um filtro que impede a entrada de microrganismos, mas permite a entrada e saída do ar. Com isso, Pasteur verificou que, mesmo após algum tempo, os microrganismos ficam retidos no filtro formado pelas gotículas de água e não conseguem chegar ao líquido nutritivo, que permanece estéril. Porém, nos balões em que o pescoço foi quebrado, os microrganismos presentes no ar puderam entrar em contato com o líquido nutritivo, onde proliferaram ao encontrar condições adequadas. A contaminação também ocorreu em balões mantidos intactos, mas em que o líquido, após o resfriamento, foi colocado em contato com a curva em S do pescoço, indicando que esse local realmente retinha os microrganismos. Dessa maneira, Pasteur concluiu que o ar contém microrganismos que se desenvolvem no líquido nutritivo e que não há uma "força vital", como diziam os defensores da abiogênese. Como o ar não foi impedido de entrar e sair dos frascos, não houve alteração da sua qualidade que pudesse impedir o desenvolvimento dos microrganismos.

Indícios dos primeiros seres vivos

A partir dos experimentos de Pasteur, a hipótese da biogênese ganhou mais força no meio científico, apesar de alguns pesquisadores ainda defenderem a teoria da geração espontânea, o que causou debates calorosos por mais algum tempo.

No entanto, a aceitação da biogênese gerou um novo questionamento: se todos os seres vivos surgem de outros preexistentes, como surgiu o primeiro? Para responder a essa questão, precisamos considerar o que já discutimos nos temas anteriores sobre a origem do Sistema Solar, da Terra, das moléculas orgânicas e possibilidades de organização dessas moléculas em células e da composição da atmosfera terrestre. Além disso, precisamos também encontrar evidências da presença de seres vivos ou da atividade metabólica deles, registradas em rochas.

Os dados indicam que é provável que a Terra em seu início fosse extremamente quente, mas, depois, tenha passado por um resfriamento gradual. Durante esse processo teria havido o resfriamento de magma, dando origem à crosta terrestre e às rochas. As rochas, estruturas que guardam registros importantes do nosso passado, começaram a se formar logo após o endurecimento da crosta, e a mais antiga rocha encontrada até o momento, no Cinturão de Rochas de Nuvvuagittuq, Canadá, tem 4,28 bilhões de anos.

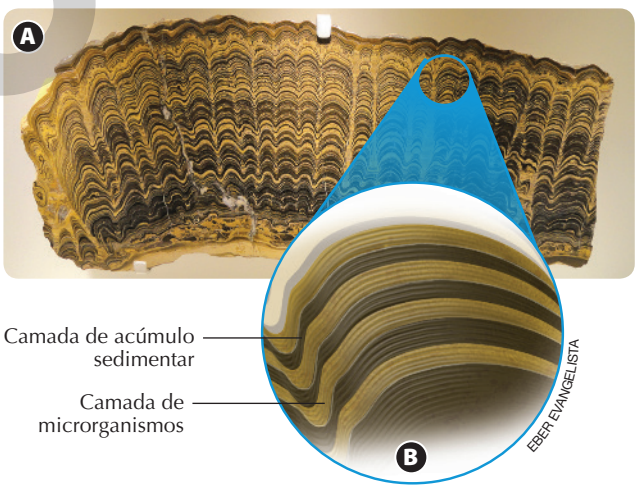
Os gases da atmosfera teriam se formado a partir de uma mistura da composição gasosa primordial da nebulosa protoestelar e dos gases que foram liberados nas erupções vulcânicas e teriam ficado retidos por ação da força da gravidade, passando a compor a atmosfera primitiva (**Fig. 5.3**). A composição química dessa atmosfera tem sido estimada pela análise dos gases e elementos retidos em rochas muito antigas, mas ainda há controvérsias, especialmente para idades mais antigas que 3,8 bilhões de anos. Todas as hipóteses concordam em que não havia gás oxigênio ou, se ele estivesse presente, seu teor seria muito baixo. Provavelmente, a atmosfera era muito mais rica em gás carbônico (CO_2) que a atual, talvez chegando a 20 ou 30%, o que influenciaria o efeito estufa da época.



RICHARD BIZLEY/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/ FOTOARENA

Figura 5.3 Reconstituição artística das prováveis condições do ambiente da Terra há cerca de 3,9 bilhões de anos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os primeiros indícios de vida foram encontrados em rochas que datam de 3,8 bilhões de anos, na Groenlândia, e baseiam-se em formas do carbono que representam a atividade metabólica de seres vivos. Já fósseis de células foram encontrados em rochas datadas de 3,5 bilhões de anos, conhecidas como **estromatólitos** (do grego, *strôma* = cama; *líthos* = rocha) (**Fig. 5.4**), estruturas sedimentares formadas por atividade bacteriana. Esses microrganismos formam colônias laminares e retêm sedimentos marinhos. As bactérias migram constantemente para fora da camada e multiplicam-se, e novamente ocorre a sedimentação.



DADEROT/CC0 1.0/WIKIMEDIA FOUNDATION, INC.

EBER EVANGELISTA

Fonte: LAHR, D. J. G. A evolução da vida em um planeta em constante mudança. *In*: GALANTE, D. (org.). *Astrobiologia*: uma ciência emergente. Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia. São Paulo: Tikinet. IAG/USP, 2016. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/astronomia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2020.

Figura 5.4 **(A)** Fotografia de estromatólito fóssil, no Museu de Ciência Natural, Texas, Estados Unidos, 2012. (**B**) Representação esquemática da organização de um estromatólito, mostrando a camada de acúmulo sedimentar e a camada de microrganismos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

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

O processo se repete ao longo do tempo, formando as lamelas típicas dos estromatólitos: faixas claras, que correspondem às colônias de bactérias, e faixas escuras, que resultam da consolidação de sedimentos depositados.

Essas formações fósseis foram mais abundantes no período geológico compreendido entre 2 bilhões de anos e 1 bilhão de anos atrás, mas ainda há, nos dias de hoje, estromatólitos recentes sendo formados, como os encontrados na baía dos Tubarões (*Shark Bay*), na Austrália (**Fig. 5.5**), e em regiões hipersalinas no estado do Rio de Janeiro. (**Fig. 5.6**).

MARCO37/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES



Figura 5.5 Estromatólitos recentes, baía dos Tubarões, Austrália, 2016. Eles apresentam aspecto colunar, sendo sua porção basal a mais antiga.

DOUGLAS ROSA



Figura 5.6 Estromatólitos encontrados no município de Campos dos Goytacazes, RJ (2018).

Os fósseis de 3,5 bilhões de anos encontrados em estromatólitos na Austrália parecem ser de seres fotossintetizantes produtores de gás oxigênio. Como esse gás não ocorria na atmosfera primitiva, esses organismos não devem ter sido os primeiros a surgir. Indícios de atividade metabólica em rochas que datam de 3,8 bilhões de anos levam a supor que a vida deve ter surgido até mesmo antes de 4 bilhões de anos. Somente a partir do surgimento de seres fotossintetizantes é que o gás oxigênio (O_2) começou a se acumular no meio, inicialmente na água e depois na atmosfera. A data do acúmulo desse gás na atmosfera tem sido estimada com base na análise de rochas com minerais como o ferro, que, oxidado, forma hematita (Fe_2O_3). Depósitos de hematita são encontrados apenas em rochas mais recentes do que 2,3 bilhões de anos. Assim, por volta dessa data, O_2 começa a se acumular na atmosfera. O surgimento desse gás causou inicialmente grande mortalidade de organismos, pois ele pode provocar danos ao metabolismo celular. Alguns organismos ficaram restritos a ambientes anaeróbios e outros passaram a fazer uso desse gás em um novo processo metabólico: a respiração aeróbia. A partir de então, com o surgimento do metabolismo aeróbio, a diversidade de vida aumentou muito. O gás oxigênio propiciou também a formação do escudo de ozônio, importante filtro da radiação ultravioleta, o que reduziu o efeito deletério dessa radiação nos seres vivos. Isso foi importante na evolução da vida no ambiente terrestre.

Como teriam se formado as primeiras células?

As hipóteses apresentadas no Tema anterior abordavam basicamente a possibilidade de formação de moléculas orgânicas pequenas e o modo como teriam surgido compostos mais complexos a partir delas, além de algumas hipóteses de como poderia ter surgido uma organização em forma de vesícula delimitada por membrana fosfolipídica. Agora, vamos aprofundar um pouco mais as hipóteses de como teriam se formado as primeiras células e como teria se organizado o seu material genético.

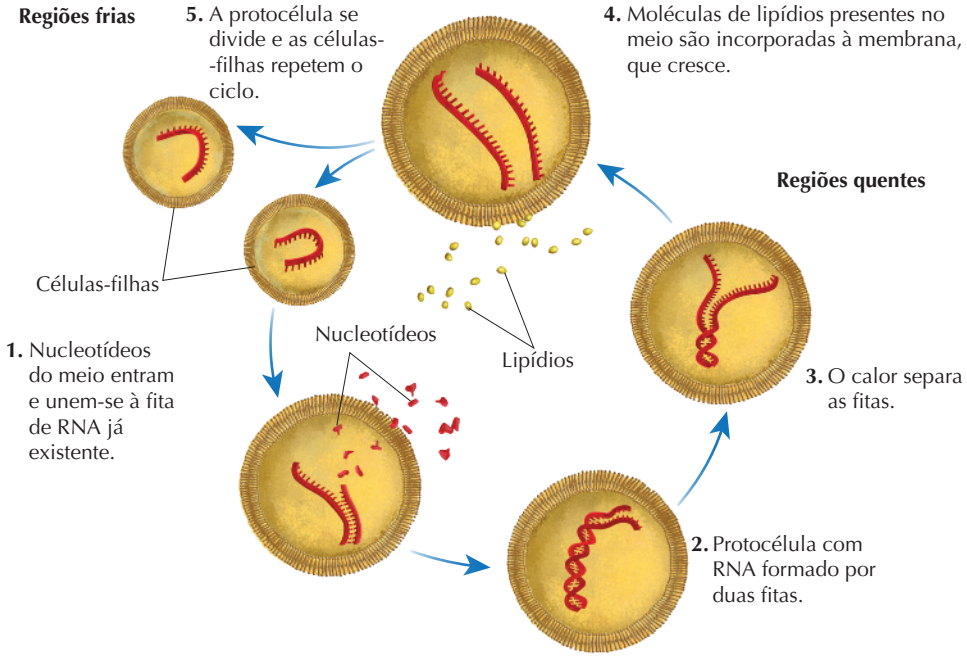
Entre os estudos que investigam esse assunto, podem ser citados aqueles realizados em 1966 pelo químico inglês Leslie Orgel (1927-2007) e sua equipe. Eles conseguiram sintetizar pequenas moléculas de RNA usando apenas nucleotídeos de RNA e argila do tipo montmorilonita como catalisador. Essa escolha foi pautada na hipótese de que na Terra primitiva deve ter existido argila e outros tipos de minerais em abundância, que podem ter atuado como catalisadores. O biólogo inglês Jack Szostak (1952-) e sua equipe realizaram outros experimentos também usando a argila montmorilonita, mas agora não apenas para formar RNA, como também para catalisar a formação de compartimentos delimitados por membrana fosfolipídica e contendo moléculas de RNA. Eles chamaram essas vesículas de **protocélulas**. Nos experimentos, verificaram também que as protocélulas aumentavam de tamanho e passavam a se fragmentar em várias protocélulas menores, que repetiam esse ciclo.

Com esses e outros estudos, Szostak e equipe elaboraram um modelo para explicar como a protocélula se divide e replica a molécula de RNA (**Fig. 5.7**). Nesse modelo, os nucleotídeos incorporados emparelham-se com os nucleotídeos do RNA já existentes. Depois, essas fitas se separam e, quando ocorre a divisão, cada protocélula-filha recebe uma cópia da molécula de RNA, e o ciclo recomeça. Esse ciclo depende de alterações ambientais; assim, o emparelhamento dos nucleotídeos ocorreria em regiões mais quentes e a divisão, em locais frios. Por seus trabalhos, Szostak recebeu, em 2009, o Prêmio Nobel em Fisiologia ou Medicina.

Esse modelo reforça a proposta, feita na década de 1960 pelo microbiologista estadunidense Carl Woese (1928-2012), pelo biólogo e biofísico britânico Francis Crick (1916-2004) e pelo químico Leslie Orgel, de que o primeiro material genético das células teria sido o RNA.

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

EM OBRA



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Figura 5.7 Representação esquemática da replicação e divisão das protocélulas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: RICARDO, A.; SZOSTAK, J. W. The origin of life on earth. *Scientific American*, set. 2009. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/origin-of-life-on-earth/>. Acesso em: 19 maio 2020.

Mais de duas décadas depois, em 1986, o bioquímico estadunidense Walter Gilbert (1932-) usou pela primeira vez a expressão "mundo de RNA" referindo-se a um período hipotético na evolução da vida, em que surgem as primeiras células contendo apenas o RNA como material genético. Esse RNA teria acumulado as funções de conter a informação genética e também de atuar como enzima.

De acordo com essa hipótese, o DNA teria surgido depois e dado origem ao "mundo do DNA", que perdura até hoje. É importante registrar que todas essas propostas são hipóteses que continuam a ser testadas e que o debate científico ainda está em aberto.

:: Evolução da célula

Os registros fósseis indicam que as primeiras células que surgiram eram **procarióticas** (do latim, *pro* = antes ou primeiro; do grego, *kárion* = núcleo), em que o material genético se encontra no citoplasma. Os organismos que possuem célula procariótica são chamados **procariontes** ou **procariotos**.

Dados moleculares atuais propõem que dois grupos distintos de procariontes divergiram muito cedo na história evolutiva da vida: o grupo Bacteria (**Fig. 5.8**) e o Archaea. Os procariontes atuais mais pesquisados pertencem ao grupo das bactérias.

Só mais tarde na história da vida surgiram as células com organelas membranosas e com o material genético contido no **núcleo**, estrutura delimitada pelo envelope nuclear formado por membranas lipoproteicas. Esse tipo de célula é chamado **eucariótica** (do grego, *eu* = verdadeiro; *kárion* = núcleo), e os organismos que a possuem são chamados **eucariontes** ou **eucariotos**. Estes devem ter surgido por volta de 1,8 bilhão de anos, data do primeiro registro fóssil desse tipo celular.

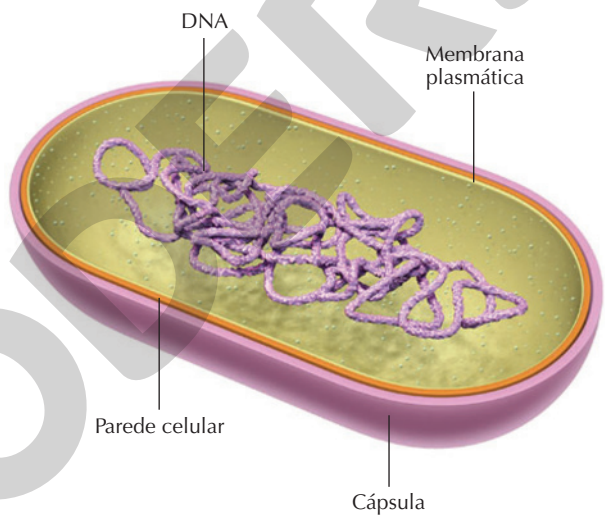


ILUSTRAÇÃO: ANGELO SHUMAN

Fonte: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Figura 5.8 Representação esquemática de célula bacteriana. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

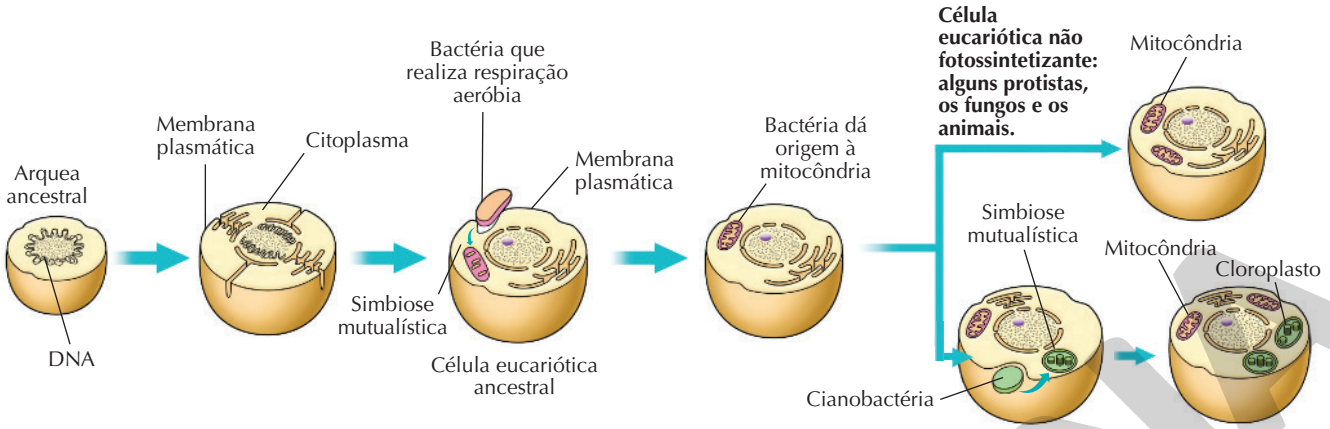
Células eucarióticas provavelmente surgiram a partir de um grupo ancestral de arquea que teria perdido a parede celular. Depois, a membrana plasmática teria passado a apresentar dobramentos que propiciaram o aumento do tamanho da célula, dando início à diferenciação do núcleo e das organelas membranosas, como retículo endoplasmático e complexo golgiense.

Ao longo desse processo, teria ocorrido a associação por simbiose mutualística dessa célula com um grupo específico de bactérias que já realizava a respiração aeróbia. Essa associação foi benéfica para ambos e se manteve ao longo do tempo. Esse grupo de bactérias simbióticas deu origem à mitocôndria, processo conhecido como **hipótese endossimbiótica** (ou **simbiogênese**) da origem da

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

MODELO

mitocôndria. Dessa linhagem teria derivado a maioria dos seres heterótrofos, como amebas, fungos e animais. Depois de formada a mitocôndria, teria ocorrido outro evento de endossimbiose, agora com cianobactérias, seres que já realizavam a fotossíntese, que deram origem aos cloroplastos. Dessa linhagem teriam derivado os eucariontes fotossintetizantes (**Fig. 5.9**).

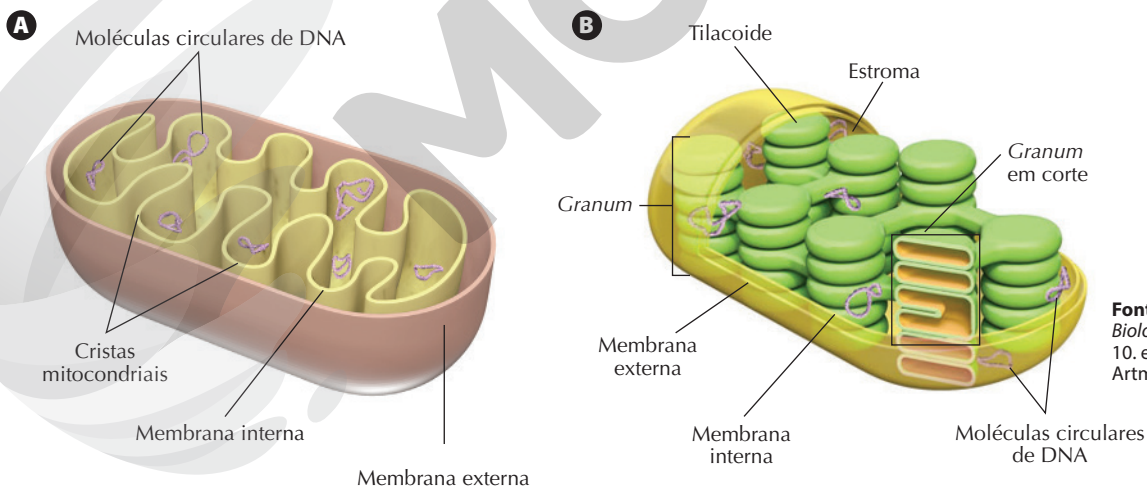


Fonte: REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Figura 5.9 Representação esquemática da hipótese da origem das células **eucarióticas**. Na imagem, as células foram representadas em corte para visualização das estruturas internas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A hipótese da origem endossimbiótica de mitocôndrias e cloroplastos foi formulada pela primeira vez em 1910 pelo biólogo russo Konstantin Mereschkowsky (1855-1921) e resgatada e aperfeiçoada na década de 1960 pela bióloga estadunidense Lynn Margulis (1938-2011).

Existem fortes evidências a favor dessa hipótese, tornando-a muito bem aceita na comunidade científica. A primeira delas é a presença de dupla membrana nessas organelas, enquanto as demais organelas são delimitadas por apenas uma. A segunda evidência refere-se ao fato de que os atuais cloroplastos e mitocôndrias (**Fig. 5.10**) são as únicas estruturas citoplasmáticas que têm seu próprio material genético e são capazes de se dividir independentemente da divisão da célula. Parte das funções dessas organelas, no entanto, depende do material genético nuclear. Por isso, mitocôndrias e cloroplastos não podem se manter funcionais fora das células, sendo dependentes delas.



Fonte: REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Figura 5.10 Representação esquemática de (**A**) mitocôndria em corte e de (**B**) cloroplasto em corte. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A terceira evidência refere-se, justamente, à presença de trechos do DNA desses procariontes ancestrais incorporados ao DNA nuclear do eucarionte. Está bem estabelecido hoje que, no processo de endossimbiose, parte do material genético dos procariontes passou para o núcleo da célula e se incorporou ao DNA nuclear.

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

ILUSTRAÇÕES: ANGELO SHUMAN

Atualmente, considera-se que bactérias, arqueas e todos os eucariontes compõem categorias taxonômicas acima do nível de Reinos: a de Domínios. Assim, há três Domínios: Bacteria, Archaea e Eukarya. A **figura 5.11** representa uma hipótese simplificada de relações evolutivas, evidenciando que, de um ancestral comum, duas linhagens teriam derivado: a que deu origem às bactérias e a que deu origem às arqueas e aos eucariontes. Estes divergiram depois, a partir de outro ancestral comum, de modo que arqueas e eucariontes são mais próximos evolutivamente entre si do que são das bactérias.

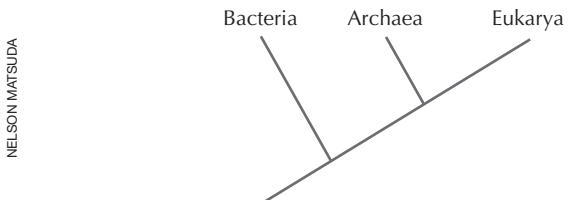


Figura 5.11 Prováveis relações de parentesco entre os grupos Bacteria, Archaea e Eukarya.

Surgimento dos multicelulares eucariontes

Outro grande evento evolutivo na história da vida foi a origem dos seres multicelulares eucariontes. Muitas evidências apoiam a hipótese de que a multicelularidade surgiu de modo independente em vários grupos de eucariontes, não devendo ter sido um evento único. Em todos esses casos, seres multicelulares surgiram a partir de unicelulares eucariontes, cujas células teriam ficado unidas após sucessivas divisões celulares. Além de unidas, essas células teriam passado a apresentar divisão e cooperação de trabalho entre elas, de modo que cada célula não pôde mais viver de forma independente.

Não se sabe exatamente quando esses eventos podem ter ocorrido, mas os primeiros fósseis de multicelulares eucariontes conhecidos são de pequenas algas marinhas, que datam de 1,2 bilhão de anos. Só a partir desse período, fósseis de seres multicelulares de maior porte começaram a aparecer.

Uma grande diversificação da vida ocorreu no período entre 570 milhões e 530 milhões de anos atrás, conhecido como **explosão do Cambriano**. Em um período geológico relativamente curto surgiu a maioria dos grupos animais hoje existentes e muitos grupos de plantas.

A colonização do ambiente terrestre pelos multicelulares ocorreu depois, por volta de 420 milhões de anos atrás. Os fungos e as plantas foram os primeiros a ocupar o ambiente terrestre, seguidos pelos animais. Evidências moleculares indicam que os fungos têm parentesco evolutivo mais próximo com os animais do que com as plantas.

Um resumo dos principais acontecimentos sobre a vida ao longo do tempo geológico está apresentado na **Fig. 5.12**.

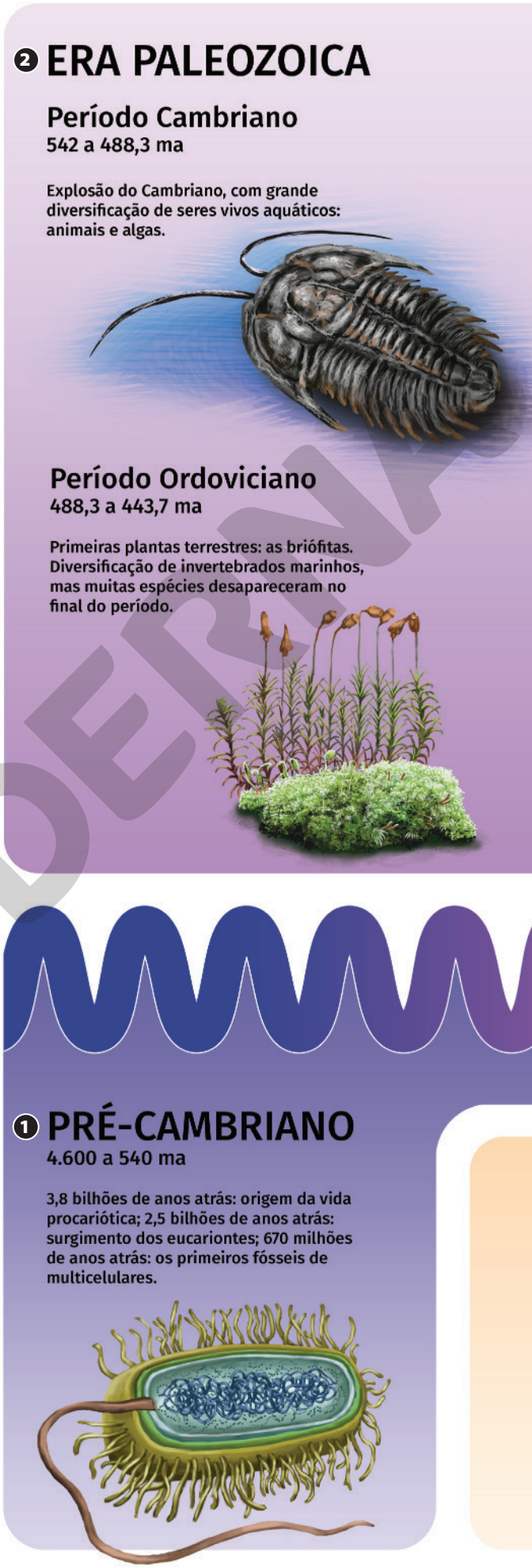
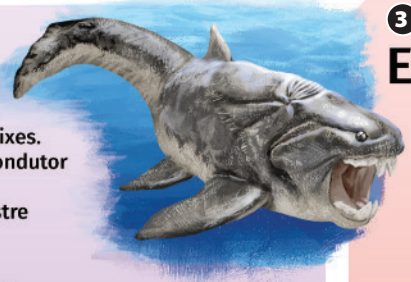


Figura 5.12 Representação de alguns dos eventos que ocorreram na Terra ao longo do tempo geológico (ma = milhões de anos). (Imagens sem escala; cores-fantasia).

MODERNA

Período Siluriano
443,7 a 416 ma

Diversificação dos primeiros peixes. Primeiras plantas com tecido condutor de seiva no ambiente terrestre. Colonização do ambiente terrestre por artrópodes.



Período Devoniano
416 a 359,2 ma

Grande diversificação de animais, plantas terrestres, peixes e invertebrados marinhos. No final do período, houve um evento de extinção em massa.



Período Carbonífero
259,2 a 299 ma

Predomínio de extensas florestas. Primeiras plantas com sementes. "Idade dos anfíbios": diversificação desses animais. Primeiros répteis. Diversificação de insetos.



Período Permiano
299 a 251 ma

Grande diversificação de répteis e redução na diversidade de anfíbios. No final do período, houve um evento de extinção em massa.



3 ERA MESOZOICA

Período Triássico
251 a 199,6 ma

Surgimento dos dinossauros, pterossauros, crocodilos e outros grupos de répteis. Surgimento dos mamíferos.



Período Jurássico
199,6 a 145,5 ma

"Idade dos répteis": grande diversificação dos dinossauros. Surgimento das aves.

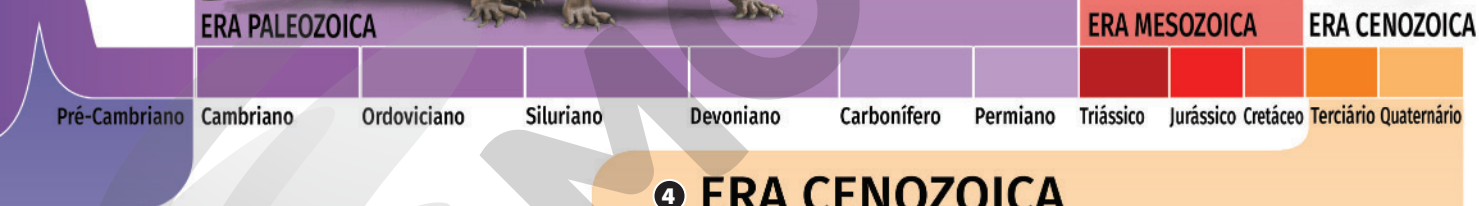


Período Cretáceo
145,5 a 65,5 ma

Surgimento de plantas com flores (angiospermas). Ao final do período, houve um evento de extinção em massa, incluindo a dos dinossauros.



ILUSTRAÇÕES: ORLY WANDERS



4 ERA CENOZOICA

Período Terciário
65,5 a 2,5 ma

Dividido em cinco épocas: Paleoceno (de 65,5 a 2,5 ma), Éoceno (de 55,5 a 33,9 ma), Oligoceno (de 33,9 a 23 ma), Mioceno (de 23 a 5,3 ma) e Plioceno (de 5,3 a 2,5 ma). Grande diversificação de mamíferos e angiospermas. Aparecimento dos primeiros hominídeos, os australopitecíneos.



Período Quaternário
2,5 ma até o presente

Dividido em duas épocas: Pleistoceno (de 2,5 ma a 11.700 anos) e Holoceno (de 11.700 anos até hoje). A primeira, conhecida como "Idade do gelo" em razão das glaciações frequentes, foi caracterizada pela existência dos grandes mamíferos, como mamutes e tigres-dente-de-sabre, além do aparecimento de diversas espécies do gênero *Homo*. A segunda abrange a evolução da humanidade.



MODELO

A origem do Universo para os indígenas

As cosmologias indígenas representam modelos complexos que expressam suas concepções a respeito da origem do Universo e de todas as coisas que existem no mundo. [...]

Para muitas sociedades indígenas, o cosmos está ordenado em diversas camadas, onde se encontram divindades, fenômenos atmosféricos e geográficos, animais e plantas, montanhas, rios, espíritos de pessoas e animais, ancestrais humanos, entes sobrenaturais benévolos e malévolos.

[...] Para exemplificar, apresentamos, resumidamente, o mito de origem dos índios Arara, grupo de língua Karib. Para eles, quando essa vida ainda não havia começado, existiam somente o céu e a água. Separando-os, uma pequena casca que recobria o céu e servia de assoalho a seus habitantes. Na casca do céu a vida era plena, pois havia de tudo para todos. [...] Se alguém cometesse algum excesso, contrariando as normas, a divindade fazia soar uma pequena flauta, chamando a atenção de todos para que se comportassem de acordo com a boa ordem. Fora da casca do céu, existiam coisas ruins, seres atrozes e espíritos maléficos, contra os quais a boa humanidade estava protegida por Akuanduba.

Houve um dia, no entanto, que ocorreu uma grande briga da qual participou muita gente. A divindade fez soar a flauta, mas a multidão teimosa não quis parar de brigar. Nessa confusão, a casca do céu se rompeu, lançando tudo e todos para longe, para dentro da água que envolvia a casca.

Com a queda, todos perderam e todos os velhos e crianças morreram, restando apenas uns poucos homens e mulheres. Dos sobreviventes, alguns foram levados de volta ao céu por pássaros amazônicos, onde se transformaram em estrelas. Os que ficaram foram abandonados pelos pássaros nos pedaços da casca do céu que caíram sobre as águas. Assim, surgiram os Arara que, para se manter afastados das águas, escolheram ocupar o interior da floresta.

Até hoje, os Arara, habitantes do vale dos rios Iriri-Xingu, no Estado do Pará, assobiam chamando as araras quando as veem voando em bandos por sobre a floresta. Quando pousam no alto das árvores, as araras, por sua vez, observam os índios e, ao notarem o quanto eles cresceram, desistem de levá-los de volta ao céu. [...]

Os Arara, que antes viviam como estrelas, estão agora condenados a viver como gente, tendo que perseguir o alimento de cada dia em meio aos perigos que existem sobre o chão.

BRASIL. Museu do Índio. *Mito e cosmologia*. Disponível em: <http://www.museudoindio.gov.br/educativo/pesquisa-escolar/245-mito-e-cosmologia>. Acesso em: 19 maio 2020.

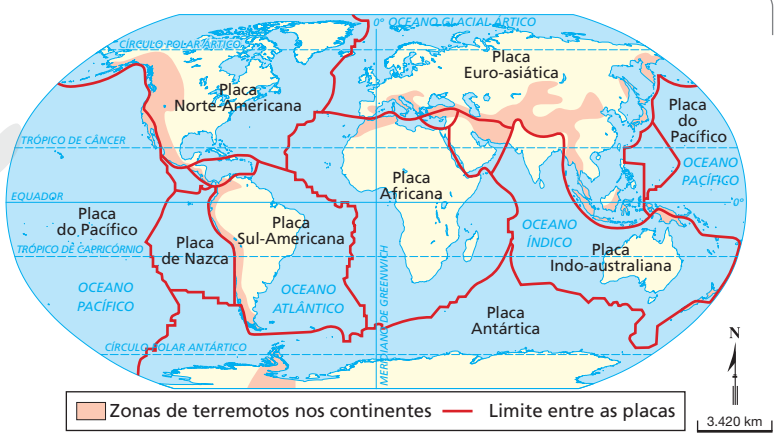
Dinâmica da Terra e a evolução biológica

A Terra foi e ainda é um planeta em transformação. Elas ocorreram não apenas na distribuição dos mares e das terras e na composição da atmosfera, mas também no clima.

A partir da solidificação da crosta terrestre no início da formação de nosso planeta, grandes massas de terra, chamadas **placas litosféricas**, se formaram e, desde então, movimentam-se em função de processos que ocorrem no manto. A espessura dessas placas é variável. As porções das placas que formam o fundo dos mares, por exemplo, podem ser muito delgadas, com cerca de 10 km de espessura, enquanto as porções que formam regiões montanhosas chegam a ter 250 km de espessura.

Essas placas não estiveram sempre na posição mostrada no mapa (**Fig. 5.13**). No início do Triássico, por exemplo, havia apenas um supercontinente: a **Pangeia** (do grego, *pan* = Terra; *geia* = toda), que começou a se separar em dois continentes, **Laurásia** e **Gondwana**, no final desse período. No final do Jurássico, a Laurásia já estava dividida em dois continentes, América do Norte e Europa. Gondwana, mais afastada para o sul, deu origem a América do Sul, África, Índia, Antártida e Austrália.

Figura 5.13 Posição atual das placas litosféricas



JOSÉ FERNANDO FERREIRA

Fonte: KEAREY, P.; KLEPEIS, K.; VINE, F. V. *Tectônica global*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

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

As movimentações das placas litosféricas causaram grande impacto na evolução dos seres vivos. Elas provocaram a separação das populações em continentes diferentes, participando do complexo processo de formação de novas espécies. Desse processo também participaram as modificações das condições climáticas que ocorreram ao longo do tempo geológico com períodos mais quentes, outros mais frios, períodos mais secos, outros mais úmidos, nível do mar mais alto ou mais baixo, entre muitas outras. Desde a origem dos primeiros seres vivos, há interação entre eles e o ambiente, e essa interação foi e é fundamental para se entender a evolução da vida. Essas interações, no entanto, não são as únicas que participam do processo de evolução dos seres vivos.

A **evolução** é um processo em que populações de uma mesma espécie apresentam mudanças ao longo das gerações, diferenciando-se a ponto de poderem dar origem a novas espécies. A abordagem evolutiva procura explicar as modificações dos organismos ao longo do tempo e a origem da diversidade dos seres vivos que vemos na natureza.

O entendimento de que as populações de seres vivos evoluem passou por uma longa discussão envolvendo pesquisadores e sociedade. A aceitação das ideias evolutivas não foi fácil, nem livre de disputas acirradas. Até hoje há correntes que contestam a evolução, pautando-se em explicações que eram bastante comuns até meados do século XIX. Essas formas de pensar defendem a criação divina dos seres vivos, corrente chamada **criacionismo**, em que eles, uma vez criados, não mudam ao longo do tempo, falando-se em **fixismo**. Apesar da existência dessas interpretações ainda nos dias de hoje, as ideias evolutivas são as mais amplamente aceitas na comunidade científica e são a base dos estudos atuais na área.

A seguir, vamos destacar três naturalistas que foram importantes na compreensão dos processos evolutivos, Lamarck, Darwin e Wallace, e analisar brevemente a síntese moderna da evolução.

As ideias de Lamarck

O naturalista francês Jean-Baptiste **Lamarck** (1744--1829) foi o primeiro pesquisador a propor um sistema teórico completo para explicar a evolução biológica, pautando-se em fenômenos observáveis da natureza. Embora nem ele nem Darwin ou Wallace usassem a palavra evolução em suas obras, esse conceito estava subentendido.

Como muitos em sua época, Lamarck era adepto da geração espontânea, mas, ao contrário da maioria, ele só admitia a geração espontânea para seres considerados simples. Com base em seus estudos e nas discussões então vigentes, passou a propor explicações de como poderiam ocorrer, ao longo do tempo, as modificações dos organismos mais complexos. Em seu trabalho publicado em 1809 na revista *Philosophie Zoologique* (*Filosofia Zoológica*), a composição teórica sobre a progressão dos seres vivos foi ampla, tendo recebido maior destaque duas de suas leis: a lei do uso e desuso – o uso de determinadas partes do corpo faz com que elas se desenvolvam e o desuso faz com que elas se atrofiem – e a lei da herança dos caracteres adquiridos – as características que os indivíduos adquirem em sua vida são passadas aos descendentes. Elas ficaram conhecidas como as **leis de Lamarck**.

Um dos exemplos mais clássicos dessas leis é a herança do pescoço da girafa, que reproduzimos aqui:

> A girafa, por viver em lugares onde o solo é invariavelmente seco e sem capim, foi obrigada a comer folhas e brotos no alto das árvores, sendo forçada, continuamente, a se esticar para cima. Esse hábito, mantido por longo período de tempo por todos os indivíduos da raça, resultou nas pernas anteriores se tornarem mais longas que as posteriores e o pescoço tão alongado que a girafa pode levantar a cabeça a uma altura maior que cinco metros, sem tirar as pernas anteriores do solo.
>
> LAMARCK, J. B. Philosophie Zoologique, 1809. *In*: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Reflexões sobre a educação no próximo milênio*. Brasília, 1998. p. 89. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/me002688.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2020.

Hoje se sabe que as girafas se alimentam também de arbustos e que o longo pescoço parece se relacionar com a disputa "a pescoçadas" entre os machos pelas fêmeas e também com o fato de permitir avistar os predadores a distância, como uma torre de observação (**Fig. 5.14**).



LOU COETZER/NATURE PL/FOTOARENA

Figura 5.14 Girafas machos em disputa por fêmea para acasalamento. Esses animais medem cerca de 4 m de altura.

Lamarck, no entanto, não se baseou somente nesse exemplo, mas em muitos outros.

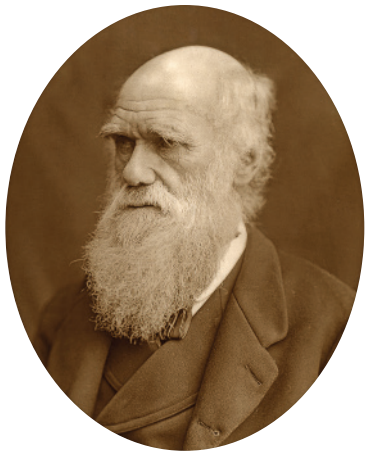
Somente muito mais tarde os cientistas puderam contestar a herança dos caracteres adquiridos. Uma pessoa que pratica atividade física, por exemplo, terá musculatura mais desenvolvida, mas essa condição não é transmitida aos seus descendentes. Essa contestação, no entanto, não deve fazer com que Lamarck seja reconhecido como um cientista que errou, e sim como um dos mais importantes cientistas da história da Biologia graças às suas cuidadosas observações da natureza, que registrou em muitos livros.

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

MODERNA

As ideias de Darwin e Wallace

Os evolucionistas ingleses Charles Robert **Darwin** (1809-1882) (**Fig. 5.15**) e Alfred Russel **Wallace** (1823-1913) (**Fig. 5.16**), trabalhando de modo independente, formularam ideias muito semelhantes entre si que embasam o pensamento evolucionista mais aceito atualmente: as espécies mudam ao longo do tempo, ou seja, evoluem, e esse processo ocorre por meio da **seleção natural**.



THE PRINT COLLECTOR/ HERITAGE IMAGES/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 5.15 Charles Robert Darwin. Fotografia feita em 1878.



HISTORICAL COLLECTION 2/SHUTTERSTOCK

Figura 5.16 Alfred Russel Wallace. Fotografia feita em 1912.

As ideias de Darwin e Wallace foram apresentadas à comunidade científica em um mesmo evento, em 1858. No ano seguinte, Charles Darwin publicou a primeira edição do livro que começaria a mudar a história da Biologia: *A origem das espécies por meio da seleção natural*.

Prática investigativa

Jogo presa-predador

Antes de iniciar a atividade, reúna-se em grupo, leia todo o procedimento e consulte o infográfico Segurança no laboratório, no início deste volume.

Entre muitos fatores que se relacionam com a sobrevivência das espécies e sua evolução, está a obtenção de alimentos. Em muitos casos, a obtenção de alimentos estabelece a relação presa-predador. Assim, as estratégias de sobrevivência do predador e da presa se relacionam diretamente, e essa interação faz parte do processo de evolução das espécies envolvidas.

Nesta atividade, por meio de um jogo, simularemos a relação presa-predador e analisaremos, em dois cenários distintos, como a ação de predadores pode influenciar a fixação de características na população de presas.

Objetivo

- Simular o que pode acontecer com as características dos indivíduos que compõem uma população de presas, em função da ação de predadores, em diferentes ambientes.

Material

- Cartolina branca
- Cartolina vermelha
- Tesoura com pontas arredondadas
- Régua
- Lápis
- Caderno para anotações
- Cronômetro

Prepare-se!

1. Supondo uma população inicial de presas em que há indivíduos com pelos brancos e indivíduos com pelos vermelhos em iguais proporções, o que ocorreria com essa população, diante de seus predadores, se ela passasse a viver em um local onde o meio é predominantemente branco e em outro predominantemente vermelho? Justifiquem.

Procedimento

Montagem dos tabuleiros e das peças

- Recortar um quadrado de 30 cm de lado da cartolina branca e outro da cartolina vermelha. Eles serão os tabuleiros.

Continua

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

MODERNA

- Recortar 50 quadrados brancos e 50 quadrados vermelhos com 1 cm de lado. Eles são as peças e representarão as presas.

Como jogar

- Reúnam-se em grupos de, no máximo, cinco integrantes.
- Todos os grupos devem começar e terminar cada rodada juntos e sob a direção do professor.
- Sobre o tabuleiro branco, espalhem 12 quadrados vermelhos e 12 brancos. Cuidado para não deixarem um encobrir o outro.
- Serão feitas cinco rodadas de 10 segundos cada uma. Utilizem o cronômetro para marcar o tempo. Em cada rodada, uma pessoa do grupo assumirá o papel de predador. O objetivo do predador será retirar do tabuleiro, um a um, o maior número possível de quadrados (não importa a cor), em um intervalo de tempo de 10 segundos. Depois disso, restarão apenas alguns quadrados sobre o tabuleiro, que representam as presas sobreviventes.
- Terminada essa rodada, as presas sobreviventes vão se reproduzir. Para representar esse processo, deve ser acrescentado um descendente (um quadrado da mesma cor) para cada sobrevivente da população de presas. Assim, se sobrarem dois quadrados brancos e três vermelhos, por exemplo, deverão ser acrescentados mais dois quadrados brancos e mais três vermelhos antes de começar a próxima rodada.
- Em cada rodada, no início e no final da sessão de captura, deve-se contar o número de indivíduos brancos e vermelhos sobre o tabuleiro, registrando em uma tabela o número de indivíduos capturados e o número de sobreviventes. Caso uma das variedades fique sem indivíduos, o jogo termina com a sua extinção.
- Uma vez completados os cinco ciclos de captura e reprodução (gerações), deve-se repetir todo o processo, usando o tabuleiro vermelho.
- Vejam, a seguir, um modelo de tabela. Reproduzam-no no caderno e preencham com os dados obtidos pelo grupo. As colunas G1, G2, G3, G4 e G5 correspondem às cinco gerações, ou ciclos de captura e reprodução.

		1ª etapa: tabuleiro branco					2ª etapa: tabuleiro vermelho					
		G1	G2	G3	G4	G5		G1	G2	G3	G4	G5
Brancos	Inicial	12					Inicial	12				
	Capturados						Capturados					
	Sobreviventes						Sobreviventes					
Vermelhos	Inicial	12					Inicial	12				
	Capturados						Capturados					
	Sobreviventes						Sobreviventes					

Discuta com seus colegas

1. Com os dados da tabela, montem gráficos de linha (um para cada tabuleiro) com os números iniciais das cinco gerações, para indivíduos brancos e vermelhos, separadamente. Notem que em cada gráfico aparecerão dois traçados, um para cada variedade de cor. Comparem os traçados, associando a cor dos indivíduos com a cor do tabuleiro.
2. Calculem as porcentagens de indivíduos brancos e de indivíduos vermelhos (categorias) no início das diversas gerações e representem-nas em dois gráficos, sendo um para o tabuleiro branco e outro para o tabuleiro vermelho. Para fazer esses gráficos, vamos aprender a usar uma representação que se chama barras empilhadas. Para isso, considere que as diversas barras (em nosso caso, cinco) têm a mesma altura total, correspondendo a 100%. Cada uma é, então, subdividida em segmentos com alturas proporcionais às porcentagens das duas categorias (indivíduos brancos e indivíduos vermelhos).
3. Comparem os resultados entre os tabuleiros. Alguma variedade de cor tornou-se majoritária no decorrer das gerações? Caso isso tenha acontecido, comparem a cor em questão com a cor do tabuleiro. As cores são iguais ou diferentes? Formulem uma explicação para isso.

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

MODELO

A teoria da evolução por seleção natural define a população como a unidade evolutiva e considera que os indivíduos de uma população não são idênticos entre si, havendo variações entre indivíduos distribuídas em certas proporções. Essa teoria considera também que nascem mais indivíduos do que o ambiente pode suportar; assim, nem todos conseguem sobreviver. Aqueles com maiores chances de sobrevivência são os que têm também maiores chances de se reproduzir, passando as características vantajosas aos descendentes. Ao longo do tempo, esse processo resulta em modificações na população: as características selecionadas e a proporção com que elas ocorrem entre os indivíduos da população mudam. Assim, o meio é o agente que seleciona naturalmente aqueles indivíduos com características que lhes conferem maiores chances de sobrevivência e reprodução em uma dada condição ambiental. Essas características selecionadas são consideradas adaptações àquela condição. Mudando a condição ambiental, alteram-se as características selecionadas e a proporção com que elas ocorrem na população.

Para reforçar sua teoria, Darwin baseou-se também nas diferentes raças de animais e variedades de plantas que surgem por seleção artificial, isto é, feita pelo ser humano. Nesse caso, o ser humano seleciona para reprodução os indivíduos com características vantajosas, que devem ser mantidas na prole (reprodução seletiva). A seleção artificial é realizada pela humanidade desde a Antiguidade, dando origem a plantas e animais de interesse. Darwin argumentou que processo semelhante poderia ocorrer na natureza, só que sem uma finalidade e por ação do meio.

Exemplos de seleção natural

Coloração de advertência e mimetismo

Alguns animais produzem ou acumulam substâncias químicas nocivas e apresentam cores vistosas, característica chamada **coloração de advertência**, sinalizando que eles não devem ser ingeridos. Quando um predador tenta se alimentar de um desses organismos, aprende a não mais comer outro semelhante.

Um exemplo é a borboleta-monarca, que tem coloração laranja e preta, sendo um animal facilmente visível no ambiente. Essa espécie de borboleta produz substâncias que as tornam impalatáveis aos seus predadores. Eles aprendem a associar o padrão de coloração ao sabor desagradável e evitam capturar essas borboletas.

Existem casos de animais e de plantas palatáveis que se assemelham a outras espécies não palatáveis, o que confunde seus predadores. É o que ocorre com a borboleta-vice-rei, palatável a pássaros, que se assemelha à borboleta-monarca, não palatável. Esses casos são chamados de **mimetismo** (**Fig. 5.17**).



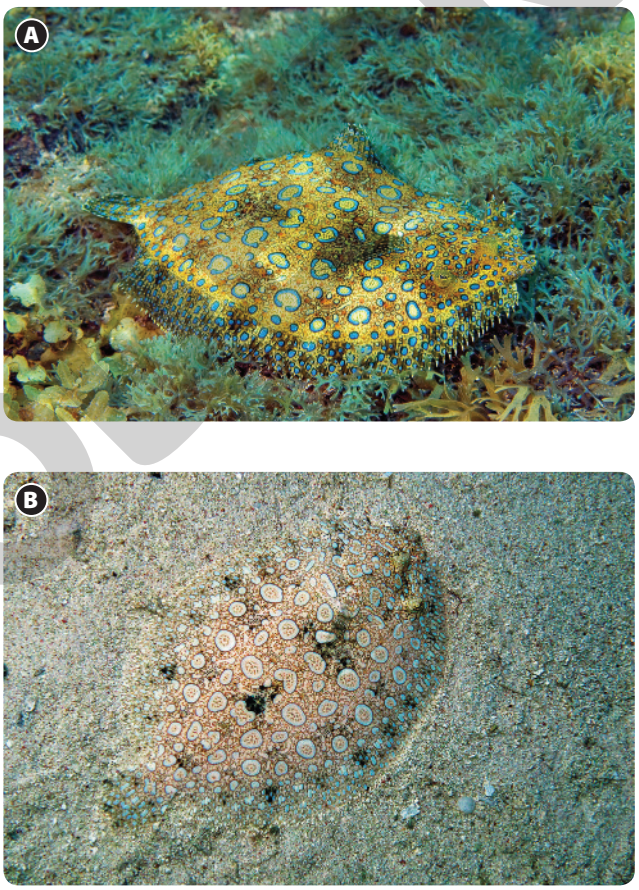
MILLARD H. SHARP/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

JASIUS/MOMENT RF/GETTY IMAGES

Figura 5.17 A borboleta-vice-rei (*Limenitis archippus*) **(A)** é um exemplo de mimetismo em relação à **(B)** borboleta-monarca (*Danaus plexippus*). Medem cerca de 4 cm de comprimento.

Camuflagem

A ação da seleção natural também é verificada no estabelecimento de características que tornam os organismos semelhantes a componentes abióticos do ambiente, de modo que passam despercebidos de seus predadores ou estes, de suas presas (**Fig. 5.18**).



ANDRE SEALE/ SPECIALIST STOCK/ AGEFOTOSTOCK/AGB PHOTO LIBRARY

FRED OSÓRIO/ACERVO ICMBIO/REBIO ATOL DAS ROCAS

Figura 5.18 Linguado da espécie *Bothus lunatus* fotografado no Atol das Rocas (RN), a cerca de 3 m de profundidade. Esse peixe possui dois olhos do mesmo lado do corpo, uma característica adaptativa relacionada ao hábito de viver sobre o fundo. Ele vive sobre o substrato ou enterrado nele e tem capacidade de mudar de cor em função do ambiente. Essas duas fotografias foram tiradas em dois momentos: quando o animal estava sobre rochas recobertas por algas e corais **(A)** e quando passou para o fundo arenoso **(B)**. A mudança de cor é rápida e propicia excelente camuflagem, que o deixa praticamente imperceptível. Com isso, são menos predados, o que aumenta a chance de sobrevivência e, consequentemente, a manutenção da habilidade de camuflagem na população. O linguado mede cerca de 40 cm de comprimento.

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

A síntese moderna da evolução

Para haver evolução é fundamental que exista variabilidade entre os indivíduos da população. Na época de Lamarck, Darwin e Wallace, as explicações a respeito do que gera a variabilidade e como ocorre a transmissão das características hereditárias ao longo das gerações eram ainda incipientes. Apesar disso, as ideias de Darwin acerca da evolução por seleção natural não foram comprometidas, pois ele apresentou dados abundantes e consistentes que as corroboraram.

A explicação mais completa a respeito do que gera a variabilidade na população e de como ocorre a transmissão das características hereditárias só surgiu mais tarde, com o desenvolvimento de uma área da Biologia chamada Genética, que depois seria substanciada pela **Biologia Molecular**. Foram necessárias décadas até que as noções dessa área fossem incorporadas às explicações evolutivas. Sabe-se, por exemplo, que o DNA é transmitido das gerações parentais para as novas gerações e que variações nas populações podem surgir por mutações, que são modificações no DNA.

Hoje se sabe que, além da seleção natural, existem outros fatores importantes nos processos evolutivos.

Durante a primeira parte do século XX, surgiu o que ficou conhecido como **neodarwinismo**, em que houve a incorporação da Genética e da Biologia populacional nos estudos da evolução, reconhecendo-se a importância da seleção natural e da mutação no processo evolutivo. Esse ponto de vista durou por muitas décadas, mas foi substituído por uma visão que incluiu outros mecanismos, além da mutação e da seleção natural, na explicação da evolução. A essa nova teoria deu-se o nome de **síntese moderna da evolução**.

Vários cientistas participaram da formulação da teoria moderna, destacando-se o geneticista russo Theodosius Dobzhansky (1900-1975), que emigrou para os Estados Unidos da América, o geneticista estadunidense Thomas Hunt Morgan (1866-1945), o também geneticista estadunidense Sewall Wright (1889-1988), o zoólogo alemão Ernst Mayr (1904-2005), o botânico estadunidense George Ledyard Stebbins (1906-2000) e o paleontólogo estadunidense George Gaylord Simpson (1902-1984).

A síntese moderna considera, além da seleção natural e da mutação, a migração, a deriva genética e valoriza a importância da reprodução sexuada na geração da diversidade genética.

A migração corresponde aos processos de entrada (imigração) ou saída (emigração) de indivíduos de uma população. Ela permite que se estabeleça fluxo gênico entre populações de mesma espécie, possibilitando diminuir as diferenças genéticas entre elas.

A deriva genética é considerada, nessa interpretação, tão importante quanto a seleção natural. Vamos comentar um pouco mais a respeito dela.

Deriva genética

A deriva genética corresponde a processos aleatórios que alteram a variabilidade genética de uma população sem relação com a adaptação dos indivíduos ao meio. Isso significa que, ao contrário da seleção natural, que não é um processo aleatório, a deriva genética ocorre totalmente ao acaso.

Um exemplo de deriva genética são as queimadas; em decorrência delas, são eliminados aleatoriamente indivíduos da população, e os que sobrevivem não são necessariamente os mais adaptados.

Em populações pequenas, os efeitos da deriva sobre a variabilidade genética são mais evidentes, pois, em algumas gerações, certas variações podem sumir e outras podem aumentar de frequência.

A primeira modalidade de deriva genética, chamada **efeito gargalo** (do inglês, *bottleneck*), decorre da redução de uma população inicial a uma ou mais populações pequenas. A variabilidade genética da(s) população(ões) resultante(s) desse processo provavelmente não será a mesma da população original.

A segunda modalidade de deriva genética é o **princípio do fundador**, que se refere ao estabelecimento de uma nova população, formada por poucos indivíduos que emigram de uma população original. Esses indivíduos serão portadores de pequena fração da variabilidade genética da população de origem.

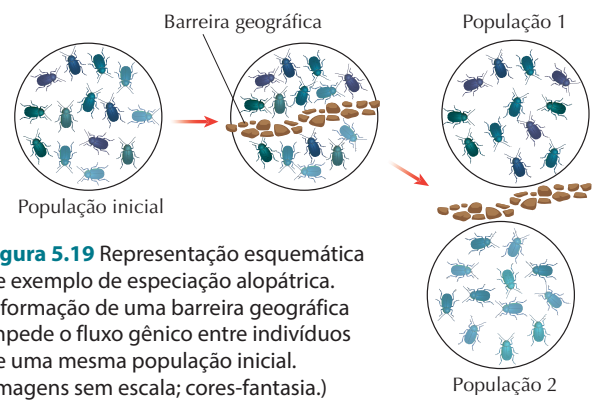
O estabelecimento de populações pelo princípio do fundador é uma das maneiras mais comuns de dispersão de inúmeras espécies animais e de origem de novas espécies.

Especiação

O surgimento de novas espécies é chamado **especiação**.

Vamos analisar a especiação considerando organismos com reprodução sexuada em que se podem distinguir dois tipos principais de processos: a especiação alopátrica, ou geográfica, e a especiação simpátrica.

Na **especiação alopátrica** (do grego, *allos* = outro; *patrã* = pátria) ou **especiação geográfica** há o surgimento de faixas de território em que a permanência dos indivíduos da população inicial torna-se impossível, separando essa população em duas ou mais (**Fig. 5.19**). Quando isso ocorre, essas faixas desfavoráveis são denominadas **barreiras ecológicas** ou **barreiras geográficas**. Quando as barreiras são muito grandes e as áreas de sobrevivência são relativamente muito pequenas, estas recebem o nome de **refúgios**. As barreiras geográficas podem surgir decorrentes de eventos geológicos, como terremotos e formação de montanhas.



NELSON MATSUDA

Figura 5.19 Representação esquemática de exemplo de especiação alopátrica. A formação de uma barreira geográfica impede o fluxo gênico entre indivíduos de uma mesma população inicial. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

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

MODERNA

As barreiras ecológicas impedem a troca de genes entre os indivíduos das populações por elas separadas. Dessa maneira, novas variedades genéticas surgidas em uma das populações não são transmitidas para a outra. Além disso, dificilmente as condições do ambiente nas áreas separadas pela barreira são exatamente as mesmas, o que determina diferentes pressões seletivas.

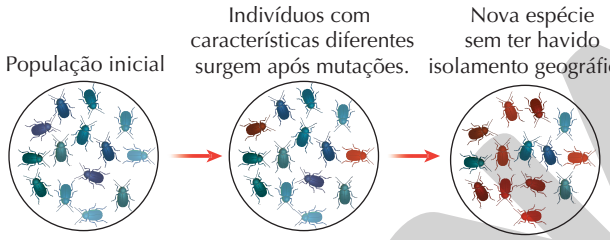
As populações assim separadas vão acumulando diferenças ao longo do tempo, podendo chegar a desenvolver mecanismos de isolamento reprodutivo. Quando isso acontece, considera-se que essas populações pertencem a espécies distintas.

As barreiras ecológicas não são necessariamente permanentes. Em determinado momento essas barreiras podem deixar de existir. Nesse caso, as populações que estavam separadas entrarão novamente em contato.

Dependendo do grau de diferenciação atingido durante o período de separação, podem resultar desse novo contato as seguintes alternativas:

- as diferenças se acumularam a tal ponto que não há cruzamento entre os indivíduos das populações por causa do desenvolvimento de mecanismos de isolamento reprodutivo; assim, cada uma das populações é considerada uma **espécie distinta**;
- as diferenças não foram suficientes para impedir o cruzamento entre os indivíduos das populações, pois não foram estabelecidos mecanismos de isolamento reprodutivo. Quando há fluxo gênico entre essas populações, elas não são consideradas espécies diferentes.

A **especiação simpátrica** (do grego, *sym* = junto) ocorre sem haver o isolamento geográfico. Em uma mesma população podem surgir mutações gênicas e modificações no comportamento que podem levar ao isolamento reprodutivo, formando novas espécies (**Fig. 5.20**).



NELSON MATSUDA

Figura 5.20 Representação esquemática de exemplo de especiação simpátrica. Nessa população inicial hipotética, mutações deram origem a indivíduos de cor avermelhada, que passaram a ter comportamento seletivo na escolha de parceiros para acasalamento; após gerações, esses indivíduos formaram uma nova espécie, mesmo sem ter ocorrido isolamento geográfico. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Evidências da evolução

Entender a evolução dos seres vivos e suas relações de parentesco exige a análise de muitas evidências. Entre elas, destacam-se os fósseis, as homologias, os órgãos vestigiais, as evidências moleculares e a embriologia comparada. Vamos comentar um pouco a respeito de cada uma delas.

Fósseis

É considerado fóssil (**Fig. 5.21**) qualquer indício da presença de organismos que viveram há mais de 11 mil anos na Terra.

O conceito de espécie é complexo e há várias definições que estão em constante debate. Procuramos evitar entrar nessa discussão e restringir a explicação a dois dos processos de especiação a organismos que apresentam reprodução sexuada. Consideramos o isolamento reprodutivo um critério para que uma espécie se diferencie de outras, mas há limitações nessa explicação, pois ela não possibilita um modo prático de identificar uma espécie: não é possível estudar a reprodução de todos os seres e muito menos dos fósseis. Além disso, há espécies distintas que se cruzam, formando híbridos na natureza. Caso queira aprofundar a discussão sobre o conceito de espécie, acesse o *site* "Entendendo a evolução para professores". Disponível em: <https://evosite.ib.usp.br/evo101/VA2OtherSpeciesConcept.shtml>. Acesso em: 18 jun. 2020.

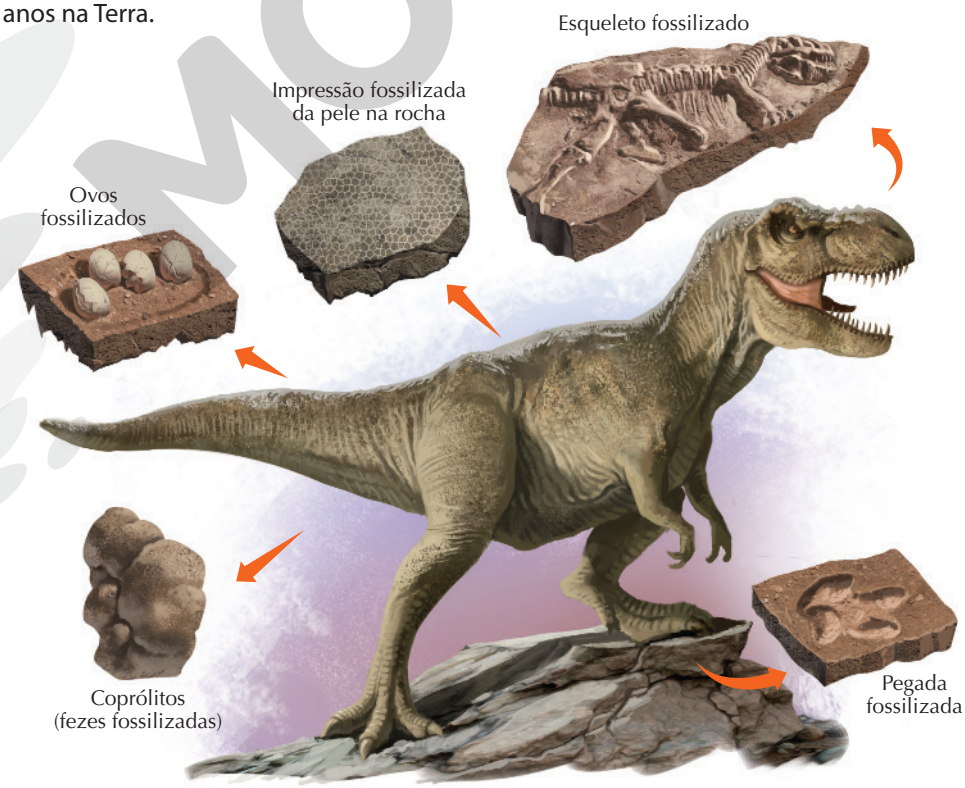


ILUSTRAÇÃO: EBER EVANGELISTA

Figura 5.21 Representação esquemática da reconstituição de um *Tyrannosaurus rex* e alguns exemplos de tipos diferentes de fósseis desse animal. Pegadas e impressões da pele também são consideradas tipos de fósseis. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

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

MODERNA

Embora as partes duras do corpo dos organismos sejam frequentemente as mais conservadas nos processos de fossilização, existem casos em que a parte mole do corpo também é preservada. Entre os exemplos mais marcantes estão os mamutes congelados encontrados na região da Sibéria, na Rússia (**Fig. 5.22**), nos quais os tecidos moles foram preservados, e animais preservados em âmbar (resina endurecida de pinheiros) (**Fig. 5.23**).

SVF2/UNIVERSAL IMAGES GROUP EDITORIAL/GETTY IMAGES



Figura 5.22 Fóssil de filhote de mamute de aproximadamente 40 mil anos (1,5 m de comprimento) encontrado na região da Sibéria, Rússia, s/d.

XING LIDA / CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES / AFP



Figura 5.23 Fóssil de crânio do menor dinossauro carnívoro da era Mesozoica embebido em âmbar. Estima-se que esse exemplar tenha vivido há mais de 99 milhões de anos. O crânio mede cerca de 1,4 cm de comprimento.

A importância do estudo dos fósseis para a evolução está na possibilidade de conhecermos organismos que viveram em épocas remotas da Terra e sob condições ambientais distintas das encontradas atualmente. Isso nos mostra que nosso planeta foi habitado por organismos diferentes dos atuais e que muitos deles têm semelhanças com espécies recentes, o que nos fornece indícios de parentesco evolutivo.

Homologia

Estruturas **homólogas** são aquelas que derivam de estruturas já existentes em um ancestral comum exclusivo, podendo ou não apresentar modificações relacionadas a uma mesma função.

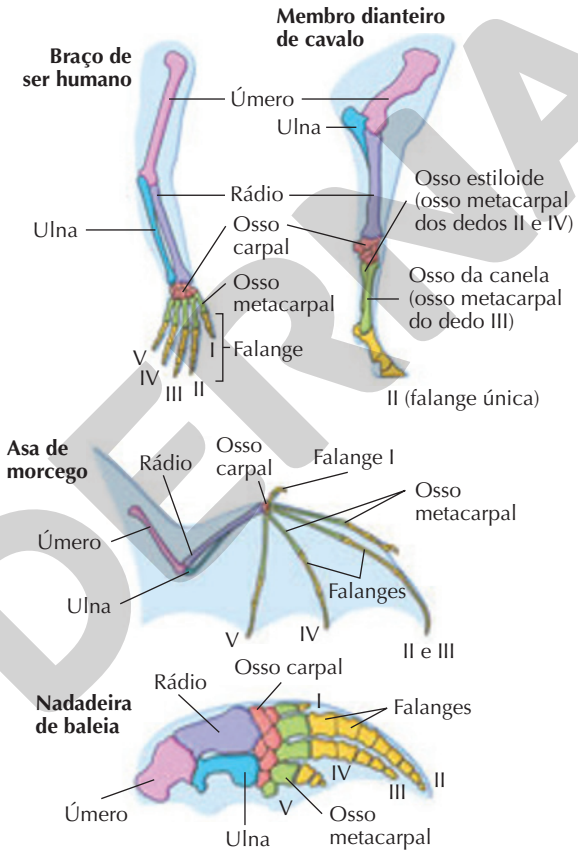
São exemplos de estruturas homólogas entre si os ossos dos braços dos seres humanos, dos membros anteriores dos cavalos, das asas dos morcegos e das nadadeiras das baleias (**Fig. 5.24**).

Os ossos dos membros anteriores dos mamíferos são homólogos porque derivam dos ossos dos membros anteriores do grupo ancestral que deu origem a esses organismos. Nesses casos, como essas estruturas não se relacionam com a mesma função nos organismos mencionados, dizemos que ocorreu **divergência evolutiva**, que pode originar grande variedade de formas adaptativas que exploram de maneira diversificada os recursos ou hábitat.

As estruturas que se assemelham por relacionarem-se à mesma função, mas que não apresentam ancestralidade comum, são chamadas **análogas**. Esse tipo de semelhança não é considerado nos estudos que visam estabelecer relações de parentesco evolutivo.

São análogas, por exemplo, as asas das aves e as dos insetos. Ambas se relacionam à mesma função, que é o voo, mas não são derivadas das mesmas estruturas presentes em um ancestral comum entre aves e insetos.

As estruturas análogas são fruto do que se chama **evolução convergente** (ou convergência evolutiva). Nesse processo, a semelhança se deve apenas à adaptação relacionada a uma condição ecológica parecida. A evolução dessas estruturas ocorre de forma independente em dois ou mais grupos de seres vivos que não possuem um ancestral comum mais recente.



ILUSTRAÇÕES: ANGELO SHUMAN

Fonte: POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. *The nature of life*. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1995.

Figura 5.24 Representação esquemática da homologia entre os ossos dos membros anteriores dos mamíferos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Órgãos ou partes do corpo vestigiais

Órgãos ou partes do corpo vestigiais são estruturas reduzidas, frequentemente sem função conhecida, mas que se apresentavam completamente desenvolvidas e funcionais nos ancestrais.

Um exemplo de estrutura vestigial no ser humano é o cóccix, localizado na base da coluna vertebral. Ele é formado pela fusão de quatro vértebras e corresponde ao vestígio da cauda presente em outros mamíferos. Na evolução da linhagem que deu origem aos seres humanos, a cauda presente nos primatas foi perdida, e a retenção do cóccix é uma evidência de ancestralidade comum com esses organismos.

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

MODERNA

Evidências moleculares

Sabemos que todos os organismos com estrutura celular têm o DNA como material genético e apresentam o processo de transcrição, formando moléculas de RNA, e de tradução, formando proteínas. Portanto, o DNA, o RNA e as proteínas são moléculas presentes em todos os seres vivos e podem ser usadas em análises comparativas visando estabelecer o grau de parentesco entre espécies. Quanto maior for a semelhança nessas moléculas, maior será a proximidade evolutiva entre as espécies.

Embriologia comparada

O estudo comparado da embriologia de diversos animais mostra a grande semelhança de padrão de desenvolvimento inicial. À medida que o embrião se desenvolve, surgem características individualizantes e as semelhanças diminuem.

Quanto mais distante a ancestralidade comum entre duas espécies, menor é a semelhança no desenvolvimento embrionário.

Atividades

Registre em seu caderno

1. (Enem) Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea.

Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que

a) seres vivos podem ser criados em laboratório.
b) a vida se originou no planeta a partir de microrganismos.
c) o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo preexistente.
d) seres vermiformes e microrganismos são evolutivamente aparentados.
e) Vermes e microrganismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.

2. Leia o texto a seguir, sobre as mitocôndrias, e faça o que se pede.

As mitocôndrias são organelas presentes em células eucarióticas e delimitadas por dupla membrana. São responsáveis pela respiração aeróbia. Têm dentro delas o próprio DNA.

a) Quais são as evidências da ocorrência de endossimbiose presentes no texto?
b) Explique a origem da mitocôndria por endossimbiose.
c) Cite outra evidência a favor da endossimbiose quando se analisa o DNA nuclear em eucariontes atuais.
d) Qual outra organela celular se origina por endossimbiose? Esquematize como esse processo ocorreu.

3. Com relação ao processo evolutivo denominado deriva genética, responda:

a) O que se entende por "efeito gargalo"?
b) O que é o efeito fundador?
c) Darwin observou bastante os tentilhões (aves) do arquipélago de Galápagos e notou diferenças em relação aos tentilhões continentais. Além da seleção natural, que pode ter selecionado fenótipos diferentes em ilhas com diferentes recursos à disposição desses animais, explicando as variações entre as ilhas, que processo evolutivo pode ter atuado para determinar as variações entre o arquipélago e o continente? De que forma esse processo teria atuado?

4. A figura a seguir retrata uma coruja em um tronco de árvore, à espreita de possíveis presas.



NOORHUSSAIN/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES

Coruja em tronco de árvore.

Indique a alternativa que completa corretamente a frase. A foto reproduz um exemplo de _____, que é uma condição adaptativa vantajosa, relacionada a um processo evolutivo não aleatório chamado _____.

a) mimetismo; seleção natural.
b) camuflagem; seleção natural.
c) camuflagem; deriva genética.
d) mimetismo; mutação.
e) coloração de advertência; seleção natural.

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

5. Dengue, chikungunya e zika são doenças graves que vêm avançando no Brasil. Uma das principais recomendações para evitar essas doenças é combater o inseto vetor, o *Aedes aegypti*, tanto em sua fase larval como em sua fase adulta. O combate à fase larval deve ser feito evitando-se o acúmulo de água parada em recipientes, como vasos, garrafas e pneus, e em locais onde se descarta o lixo. Esse mosquito deposita seus ovos somente em água parada. Considerando o que foi explicado neste Tema, faça o que se pede.

a) Como Needham explicaria o surgimento das larvas desse mosquito na água? E Redi?

b) Elabore e descreva um experimento para testar a hipótese de que as larvas do mosquito foram postas na água e não surgiram por geração espontânea.

6. (Unesp-SP)

O tuco-tuco (*Ctenomys brasiliensis*) é um animal curioso, que se pode, em linhas gerais, descrever como roedor com hábitos de toupeira. [...] São animais noturnos, e alimentam-se especialmente de raízes de plantas, o que explica os túneis longos e superficiais que cavam. [...] O homem que nos trouxe afirmou que muito comumente os tuco-tucos são encontrados cegos. O exemplar que eu conservava no álcool achava-se nesse estado. [...] Lamarck rejubilar-se-ia com este fato, se acaso o tivesse conhecido.

DARWIN, C. Diário das investigações sobre a História Natural e Geologia dos países visitados durante a viagem ao redor do mundo pelo navio de Sua Majestade "Beagle", sob o comando do Capt. Fitz Roy, R. A., 1871.

O texto foi escrito por Charles Darwin, em seu diário de bordo, em 26 de julho de 1832, à época com 23 anos de idade, quando de sua passagem pelo Brasil e Uruguai. Escrito antes que construísse sua Teoria da Evolução, o texto revela que Darwin conhecia a obra de Lamarck. Como Lamarck explicaria as observações de Darwin sobre o tuco-tuco brasileiro, e qual é a explicação apresentada pela Teoria da Evolução na biologia moderna?

7. (Unicamp-SP)

"Um poeta chamado Zhu Xi escreveu o seguinte há cerca de 1 200 anos: 'No topo das altas montanhas vejo conchas que me dizem que antigos lugares de baixa altitude se elevaram para os céus e moram agora nos mais elevados picos. Estas conchas dizem-me também que materiais vivos de animais se converteram nas mais duras e inertes rochas'. Essas palavras foram durante séculos lidas como se fossem versos. Mas Zhu Xi não era apenas um poeta: era um cientista, aquilo que, até há pouco, se chamava um naturalista."

COUTO, M. "Rios, Cobras e Camisas de Dormir", em: *E se Obama fosse africano? E outras intervenções*. 2. ed. Lisboa: Editorial Caminho, 2009, p. 58.

O poema citado por Mia Couto faz referência

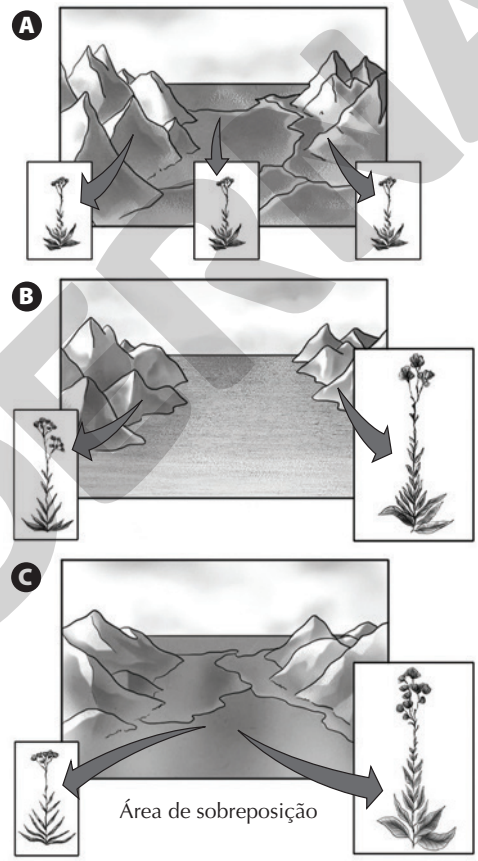
a) ao processo de migração de moluscos marinhos para topos de montanhas e a sua posterior fossilização.

b) ao processo de decomposição de materiais vivos que ocorre nas rochas duras e inertes presentes nos topos das montanhas.

c) à presença de fósseis de moluscos em montanhas que se formaram em regiões antes cobertas por água.

d) à existência de fósseis de moluscos que habitavam topos de montanhas e hoje estão extintos.

8. (Unicamp-SP) As figuras abaixo mostram o isolamento, por um longo período de tempo, de duas populações de uma mesma espécie de planta em consequência do aumento do nível do mar por derretimento de uma geleira.



ILUSTRAÇÕES: CRIS ALENCAR

(Adaptado de PURVES, W. K. *et al*. *Vida*; a ciência da Biologia. Artmed, 2005, p. 416.)

a) Qual é o tipo de especiação representado nas figuras? Explique.

b) Se o nível do mar voltar a baixar e as duas populações mostradas em B recolonizarem a área de sobreposição (figura C), como poderia ser evidenciado que realmente houve especiação? Explique.

9. (Enem) As cobras estão entre os animais peçonhentos que mais causam acidentes no Brasil, principalmente na área rural. As cascavéis (*Crotalus*), apesar de extremamente venenosas, são cobras que, em relação a outras espécies, causam poucos acidentes a humanos. Isso se deve ao ruído de seu "chocalho", que faz com que suas vítimas percebam sua presença e as evitem. Esses animais só atacam os seres humanos para sua

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

MODELO

defesa e se alimentam de pequenos roedores e aves. Apesar disso, elas têm sido caçadas continuamente, por serem facilmente detectadas.

Ultimamente os cientistas observaram que essas cobras têm ficado mais silenciosas, o que passa a ser um problema, pois, se as pessoas não as percebem, aumentam os riscos de acidentes. A explicação darwinista para o fato de a cascavel estar ficando mais silenciosa é que:

a) a necessidade de não ser descoberta e morta mudou seu comportamento.

b) as alterações no seu código genético surgiram para aperfeiçoá-la.

c) as mutações sucessivas foram acontecendo para que ela pudesse adaptar-se.

d) as variedades mais silenciosas foram selecionadas positivamente.

e) as variedades sofreram mutações para se adaptarem à presença de seres humanos.

10. (Unesp-SP) A ema (*Rhea americana*), o avestruz (*Struthio camelus*) e o emu (*Dromaius novaehollandiae*) são aves que não voam e que compartilham entre si um ancestral comum mais recente que aquele que compartilham com outros grupos de aves. Essas três espécies ocupam hábitats semelhantes, contudo apresentam área de distribuição bastante distinta. A ema ocorre no sul da América do Sul, o avestruz é africano e o emu ocorre na Austrália.

Segundo a explicação mais plausível da biologia moderna, a distribuição geográfica dessas aves é consequência da:

a) fragmentação de uma população ancestral que se distribuía por uma única massa de terra, um supercontinente. Em razão da deriva continental, as populações resultantes, ainda que em hábitats semelhantes, teriam sofrido divergência genética, resultando na formação das espécies atuais.

b) migração de indivíduos de uma população ancestral, provavelmente da África, para a América do Sul e a Austrália, utilizando faixas de terra existentes em épocas de mares rasos. Nos novos hábitats, as populações migrantes divergiram e formaram as espécies atuais.

c) origem independente de três espécies não aparentadas, na América do Sul, na África e na Austrália, que, mesmo vivendo em locais diferentes, desenvolveram características adaptativas semelhantes, resultando nas espécies atuais.

d) migração de ancestrais dessas aves, os quais, embora não aparentados entre si, tinham capacidade de voo e, portanto, puderam se distribuir pela América do Sul, pela África e pela Austrália. Em cada um desses lugares, teriam ocorrido mutações diferentes que teriam adaptado as populações aos seus respectivos hábitats, resultando nas espécies atuais.

e) ação do homem em razão da captura, transporte e soltura de aves em locais onde anteriormente não ocorriam. Uma vez estabelecidas nesses novos locais, a seleção natural teria favorecido características específicas para cada um desses hábitats, resultando nas espécies atuais.

11. A composição inicial de uma população hipotética de 50 indivíduos, cuja coloração do corpo apresenta variabilidade de cor, é detalhada na tabela a seguir.

Espécies	Número de Indivíduos	Frequência relativa (%)
Azul-claro	15	30
Azul-escuro	15	30
Verde-claro	10	20
Verde-escuro	10	20
Total	50	100

Após a ocorrência da erupção de um vulcão, a população inicial foi reduzida e passou a apresentar a seguinte conformação:
Azul-claro – 6 indivíduos;
Azul-escuro – 7 indivíduos;
Verde-claro – 8 indivíduos;
Verde-escuro – 4 indivíduos.

Com base nos dados apresentados, faça o que se pede.

a) Reproduza o quadro abaixo no caderno e complete-o com o número e frequência relativa (%) de indivíduos da população sobrevivente.

Espécies	Número de Indivíduos	Frequência relativa (%)
Azul-claro		
Azul-escuro		
Verde-claro		
Verde-escuro		
Total		

b) De quanto foi a redução da população original?

c) Quais são as possíveis consequências desse evento?

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

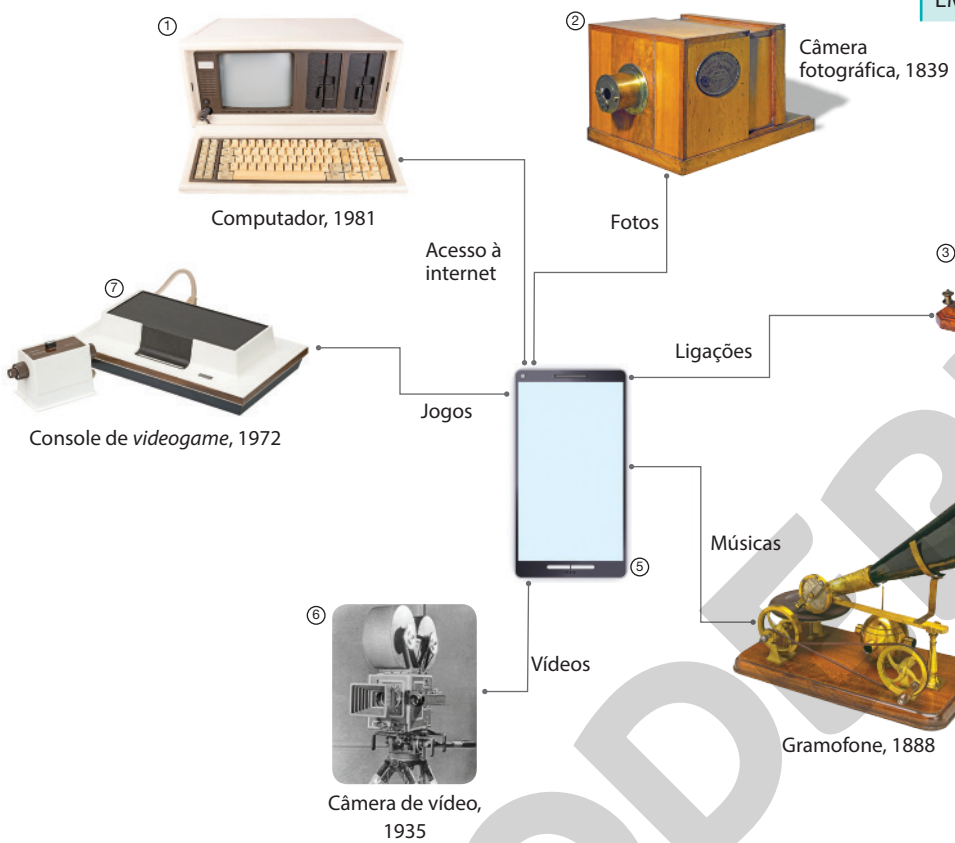
MODERNA
MODELO
Reprodução proibida. Art.184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Registre em seu caderno

Como são desenvolvidas novas tecnologias?

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 7; 9
Habilidades: EM13CNT302; EM13LP16



Montagem mostrando as funções de aparelhos antigos consolidadas em um *smartphone*.

Reflita sobre a questão acima e registre suas ideias. Depois, leia o texto e responda às questões propostas.

Muitos estudos científicos têm como propósito principal contribuir para a compreensão do Universo, descrevendo e explicando os fenômenos naturais à parte de suas aplicações a curto e médio prazo. Essa é a chamada **ciência pura**, **fundamental** ou **básica,** e geralmente é dessa prática científica que surgem as teorias e as leis que estudamos e que ainda vamos estudar nesta obra. Quando é preciso gerar novos tratamentos médico-farmacêuticos ou aumentar a competitividade das indústrias, por exemplo, entra em cena a **ciência aplicada**. Essa prática científica faz uma reinterpretação do conhecimento disponível visando a um fim específico, ou seja, a ciência básica, de forma geral, fornece as bases conceituais que permitem a realização da ciência aplicada. No entanto, mesmo estudos científicos aplicados podem gerar conhecimento de caráter mais básico ou fundamental.

Embora, em um primeiro momento, possa parecer que existam duas formas de fazer ciência, essa distinção é meramente teórica. Toda a tecnologia disponível atualmente serve para ilustrar a forma como ciência básica e aplicada caminham juntas há muito tempo e por que não faz sentido privilegiar uma ou outra vertente. Tomemos como exemplo os *smartphones*. De tão comuns e presentes em nossa rotina, muitas vezes não nos damos conta dos fatos científicos envolvidos no simples ato de fazer uma chamada telefônica.

Na primeira metade do século XIX, já era possível, mas não necessariamente fácil, enviar mensagens a longas distâncias sem utilizar os correios. Naquela época, as mensagens eram codificadas e transmitidas através de fios e cabos na forma de pulsos elétricos gerados em telégrafos. No entanto, era necessário que o receptor da mensagem decodificasse os pulsos e transcrevesse a mensagem antes de entregá-la ao destinatário. Logo, surgiu a necessidade de tornar a comunicação a longas distâncias mais fácil e acessível e, com essa necessidade, veio o questionamento se seria possível converter as ondas sonoras da voz em sinais elétricos e vice-versa, permitindo que as conversas fossem transmitidas através

1. TIMZILLION/ISTOCKPHOTO/GETTY IMAGES; 2. SCIENCE & SOCIETY PICTURE LIBRARY/SSPL/GETTY IMAGES; 3. SCIENCE & SOCIETY PICTURE LIBRARY/GETTY IMAGES; 4. SCIENCE & SOCIETY PICTURE LIBRARY/SSPL/GETTY IMAGES; 5. ARTPARTNER-IMAGES/THE IMAGE BANK RF/GETTY IMAGES; 6. ARCHIVE PHOTOS/ARCHIVE PHOTOS/GETTY IMAGES; 7. EVAN-AMOS/CC0 1.0/WIKIMEDIA FOUNDATION, INC.

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

MODELO

de cabos. Em 1876, o inventor escocês naturalizado estadunidense Alexander Graham Bell (1847-1922) foi quem conseguiu registrar primeiro a patente do telefone, apesar de vários cientistas em diferentes partes do mundo também terem trabalhado no seu desenvolvimento. Mais tarde, ainda no século XIX, já era possível realizar a transmissão dos sinais através de ondas de rádio, dando início à era da comunicação sem fios.

A ciência aplicada tem um impacto direto na história da sociedade e no nosso cotidiano. Mas o desenvolvimento do telefone, por exemplo, que revolucionou a comunicação no século retrasado, e as evoluções desse aparelho não teriam ocorrido da mesma forma, ou na mesma época, sem a contribuição da ciência básica. Todos os anos de história e de trabalho dos pesquisadores que no passado descreveram e explicaram a capacidade de certos metais em conduzir corrente elétrica, o comportamento e as propriedades dos diferentes tipos de radiação (ondas de rádio, luz, raios X etc.) e até mesmo o funcionamento das orelhas – afinal, a forma como as ondas sonoras impactam os tímpanos fazendo-os vibrar serviu de inspiração para a construção dos primeiros microfones – estão ao alcance de nossas mãos, nos aparelhos celulares quase onipresentes nos dias de hoje.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Existem algumas histórias famosas sobre o físico e químico britânico Michael Faraday (1791-1867). Uma delas ocorreu nos anos de 1840, durante uma palestra em que o cientista demonstrou o recém-conhecido fenômeno da indução eletromagnética – produção de corrente elétrica por meio da movimentação de um ímã próximo a uma bobina formada de fios de cobre. Ao final da palestra, um homem que estava na plateia perguntou: "Senhor Faraday, parece interessante o que descobriu, mas para que serve?". Faraday respondeu com outra pergunta: "Senhor, para que serve uma criança recém-nascida?".

Fonte consultada: COHEN, I. B. Authenticity of Scientific Anecdotes. *Nature*, v. 157, p. 196-197, 16 fev. 1946.

- Qual é a relação entre a resposta apresentada por Faraday e a ideia defendida no texto desta seção?

Após a discussão das respostas dos estudantes, comente que o fenômeno descrito por Faraday, alguns anos mais tarde, possibilitou o desenvolvimento dos geradores elétricos, máquinas que convertem, por exemplo, energia mecânica em energia elétrica.

2. Quais fatos descritos a seguir podem ser classificados como exemplos de ciência básica e de ciência aplicada?

A luz caminha sempre em linha reta. Nisso acreditavam os membros da Royal Society, a academia de ciências britânica, até 1870, quando viram acontecer algo que lhes parecia impossível. De fato, naquele ano, em Londres, o físico John Tyndall (1820-1893) mostrou a seus incrédulos colegas que a luz podia fazer uma curva. Ele colocou uma lanterna dentro de um recipiente opaco cheio de água, com um orifício num dos lados, pelo qual a água escorria. A luz acompanhava a trajetória curva da água, como se tivesse sido dobrada. Na verdade, a luz se propaga em zigue-zague, saltando de um lado para o outro dentro do fio de água, numa série de reflexões internas.

A descoberta de Tyndall, entretanto, só começou a ter utilidade prática oito décadas mais tarde, em 1952, graças às pesquisas do físico indiano Narinder Singh Kapany, então com 25 anos. Seus experimentos o levariam à invenção da fibra ótica, o revolucionário instrumento de telecomunicações que talvez venha ainda a substituir os próprios circuitos eletrônicos nos computadores. Kapany aprofundava seus estudos sobre o fenômeno da reflexão total interna, [para] obter o PhD (doutorado) em [Ótica] na Universidade de Londres, onde era já professor-assistente.

[...]

Fonte: ATANES, S. A fibra ótica. *Revista Superinteressante*, jun. 1989. Disponível em: <https://super.abril.com.br/tecnologia/a-fibra-otica/>. Acesso em: 18 maio 2020.

3. Retome o registro feito no início desta seção reavaliando sua resposta. Pesquise uma inovação tecnológica que você ou sua família já utilizaram – ou da qual ainda fazem uso – que não tenha sido mencionada no texto. Reúna-se em grupo para compartilhar as aprendizagens alcançadas e preparar uma apresentação oral sobre a importância do financiamento em ciência básica utilizando umas das inovações exemplificadas pelo grupo. O grupo deve escolher um orador, que fará uma apresentação de três minutos para toda a turma inspirada nas apresentações da competição de divulgação científica FameLab Brasil (Disponível em: <https://www.britishcouncil.org.br/famelab/inspirese>. Acesso em: 18 maio 2020).

Pensamento crítico e argumentação

Registre em seu caderno

Ao infinito e... além?*
Onde a exploração espacial nos levará?

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 4; 7; 9

Habilidades: EM13CNT304; EM13CHS103; EM13LP43

Em nossa comunicação diária, sem perceber, estamos constantemente fazendo uso de tipos de discursos fundamentais para o estabelecimento do diálogo, além de estarmos sempre sendo expostos a eles: o **argumento** e a **explicação**. O senso comum

* Fala modificada do personagem Buzz Lightyear, do filme *Toy Story* (1995).

Continua

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

nos leva a considerar esses gêneros discursivos como sinônimos. Todavia, argumentar e explicar diferem entre si não apenas quanto aos seus objetivos, mas também quanto às suas estruturas. O reconhecimento, o uso e a avaliação de argumentos e explicações são fundamentais tanto para nos ajudar a navegar pelas informações presentes no cotidiano quanto para melhorar as nossas habilidades de comunicação.

A tarefa de identificar qual dos dois gêneros discursivos está sendo usado não é trivial, nem para o emissor nem para o receptor da mensagem. De maneira geral, o argumento está mais associado ao **convencimento** enquanto a explicação, à melhor **compreensão** de algo. Um discurso explicativo apresenta uma causa para algo que foi falado. Esse gênero discursivo ajuda o receptor a entender o *como*, mas principalmente o *porquê* do que está sendo apresentado, usando uma *causa* como esclarecimento. Nas Ciências da Natureza, esse tipo de discurso é empregado para descrever processos e fenômenos, como o surgimento dos planetas e a evolução biológica. O discurso argumentativo também se preocupa com o *como*, mas faz uso de **evidências** para apoiar uma afirmação do ponto de vista do emissor. O argumento fornece uma *justificativa* para que se acredite na *conclusão* que está sendo apresentada.

A palavra **evidência** é usada frequentemente no cotidiano como sinônimo de prova. Nas Ciências, as evidências estão associadas a dados que são resultantes de observações e medições; elas podem ser compreendidas como informações sobre o mundo natural obtidas da análise dos dados. Por esse motivo, as estratégias de coleta e análise de dados por meio de observações e medições precisam ser transparentes, claras e precisas, permitindo que outros cientistas reproduzam experimentos e reflitam sobre a concordância das evidências obtidas.

Vamos refletir sobre esse tema, levando em consideração o contexto do financiamento da exploração espacial.

1. Em duplas, leiam os dois discursos a seguir. Identifiquem qual gênero discursivo o emissor está usando (explicativo ou argumentativo) em cada exemplo, procurando mostrar se ele ajuda a entender um ponto de vista e/ou se dá informações para que o receptor da mensagem acredite no que está sendo dito. Atente não apenas ao significado das palavras em si, mas a como elas estão organizadas para revelar a intenção do emissor. Apresente justificativas para as respostas.

Emissor A: Nos últimos cinco anos, o espaço se consolidou como um mercado em franca expansão, com muitas (e viáveis) oportunidades. 2017 foi um ano bom. Os investimentos no setor somaram US$ 3,9 bilhões, cerca de 30% a mais do movimentado em 2016.

Fonte: FRABASILE, D. A fronteira final dos negócios: a exploração privada do espaço. *Época Negócios*, 18 dez. 2018. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2018/12/fronteira-final-dos-negocios-exploracao-privada-do-espaco.html>. Acesso em: 20 jun. 2020.

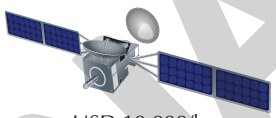
Emissor B: A importância da manutenção de um Programa Espacial para países em desenvolvimento é considerável. Maior ainda é sua importância para um país do tamanho do Brasil. Para ilustrar essa afirmativa, basta comparar os preços médios de *commodities* e de artefatos espaciais no mercado internacional.

FLOORTJE/ISTOCK PHOTO/GETTY IMAGES



~ USD 20/kg

ERICSON GUILHERME LUCIANO



~USD 10.000/kg

Valor médio em dólar americano de um quilograma de *commodity* comparado a um quilograma de tecnologia espacial.

Fonte: BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Agência Nacional Brasileira. Benefícios da exploração espacial, 9 abr. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/aplicacoes-espaciais/beneficios-da-exploracao-espacial>. Acesso em: 20 jun. 2020.

2. Leiam o diálogo hipotético a seguir que representa uma conversa entre dois jovens. Em seguida, responda às questões.

[A] Ontem, eu vi uma reportagem no jornal da TV falando que, segundo a agência espacial chinesa, eles devem mandar astronautas para a Lua e Marte até 2030. Você viu? Não sei se concordo com isso, sabe?

[B] Sim! Parece que as pessoas estão se interessando bastante por esse tema nos últimos tempos, porque tem até empresas vendendo pacotes para as pessoas poderem visitar Marte daqui a alguns anos. Já pensou que incrível, ver a Terra redondinha e azul de longe? Deve ser fantástico!

[A] Acho que todo mundo sempre se interessou por isso, na verdade. Tem um monte de filmes e séries sobre viagens espaciais e tal... Mas isso não me parece certo... Gastar dinheiro financiando a exploração espacial enquanto tem tanta gente passando fome! Se não tem dinheiro para acabar com a miséria, por que gastar com a exploração espacial?

[B] Você tem razão, mas dá para pensar que a Ciência ainda não tem vários conhecimentos básicos para lidar com problemas que ameaçam a vida na Terra. Essas corridas espaciais estimulam a produção do conhecimento e o desenvolvimento de novas tecnologias. Aquela revista de curiosidades da aula de ontem falava que várias tecnologias que a gente usa foram desenvolvidas por conta das missões espaciais, como o GPS. Lembra que a professora de Filosofia falou que

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

MODERNA

Continua

o microscópio foi resultado da pesquisa de diferentes cientistas, que trabalharam durante vários anos, mas sem pensar necessariamente no microscópio em si? Acho que é isso, as viagens espaciais possibilitam pesquisas que vão ajudar a resolver outros problemas depois...

[A] Entendo o que você está falando! Mas sei lá... Vi outro dia um dado que me impactou muito: aquele relatório anual famoso da ONU dizia que mais de 820 milhões de pessoas passaram fome no mundo em 2018! É muita gente sofrendo! A gente tem um monte de problema para resolver aqui... Às vezes acho que essa é mais uma estratégia para gerar competição entre os países, e sabemos que isso pode levar a guerras mundiais. Nesse caso da China mesmo, imagina como a Rússia e os Estados Unidos podem reagir! Outra Guerra Fria, já pensou?

[B] Faz sentido, mas também acho que essa é uma competição boa. Tipo, em vez de esses países estarem desenvolvendo tecnologia para guerra, eles estão desenvolvendo tecnologia espacial...

[A] Verdade! Ainda assim, acho que é muito dinheiro investido, para pouco resultado. É só ver os números. Eu vi num canal de fãs de *Star Trek* que no mundo são investidos mais de 20 bilhões de dólares por ano em missões espaciais... Mas estou pensando agora que talvez seja difícil entender isso, porque essas missões não têm uma influência imediata na vida das pessoas, não é? Parece um projeto mais de longo prazo...

[B] Isso! E a gente passa a entender mais sobre a história e as particularidades do nosso planeta com essas viagens ao espaço. É um conhecimento importante, você não acha?

[A] Sim, mas acho que ainda temos muito para aprender na Terra. Por exemplo, lembra daquele trabalho de Biologia que a gente fez, sobre biodiversidade? A gente conversou com aquela cientista da universidade federal que disse que ainda estamos identificando as espécies da Amazônia. Vi, naquele documentário que fala sobre a vida na Terra, que mal conhecemos os oceanos. Até hoje a gente não sabe quantas espécies existem no planeta! No livro paradidático que o professor de Biologia nos indicou estava escrito que os cientistas fizeram uma estimativa, mas ainda não é possível ter um número exato como se fossem livros de uma biblioteca... Como pode isso?

[B] Acho que você tem razão nessas questões, é intrigante mesmo... Mas dá pra pensar que tem muita tecnologia envolvida também. Outro dia li num *blog* de uma cientista que trabalha com Astronomia que a tecnologia envolvida para transmitir a chegada dos humanos à Lua em 1969 foi tão complexa quanto a tecnologia usada para pousar no satélite. Você não acha que isso também conta em um investimento tão grande?

[A] Hmm... Até que faz sentido pensando assim... Mas tem ainda a questão do lixo espacial e da contaminação do espaço. Naquela matéria da TV que eu comentei, sobre a corrida espacial da China, os cientistas falaram que os objetos que são lançados no espaço têm prazos de validade. A professora de Física mostrou para a gente aquele artigo científico dizendo que tem mais de 500 mil dejetos espaciais orbitando o nosso planeta, lembra? Será que tem gente vendo como resolver isso ou estão só gerando lixo, igual fazem aqui na Terra?

[B] Nossa, não tinha pensado nisso... Imagina? Mas estou aqui pensando agora em uma outra coisa. Nessa aula aí de Física a gente viu que ir para o espaço tem vários efeitos biológicos no corpo das pessoas, por conta das condições fora da atmosfera terrestre. Muitos efeitos são permanentes. A professora mostrou aquela entrevista com cientistas que estudam só esse tema...

[A] Verdade, mas agora eu vou concordar com você, porque acho que quando cientistas olham para esses efeitos no corpo de astronautas eles passam a entender mais sobre a fisiologia humana também. E, pensando assim, tem também a questão que essas viagens espaciais geram muita visibilidade e as pessoas podem se estimular a seguir carreiras em áreas científicas e tecnológicas, já que ainda tem muita pergunta científica sem resposta...

a) Identifiquem quais são as fontes das evidências citadas ao longo do diálogo.

b) Proponham uma forma de classificar as evidências listadas no item anterior quanto à qualidade.

c) Procurem no diálogo um exemplo de argumento em que a evidência apresentada não está sendo usada em defesa da conclusão (ponto principal do argumento) que se pretende defender. Como vocês consideram a qualidade desse argumento? Justifiquem.

3. Imaginem que vocês estão acompanhando ao vivo pela internet o diálogo retratado na questão anterior. Cada membro da dupla deve escolher um dos interlocutores desse diálogo para interagir com ele (A ou B), escrevendo uma mensagem que contribua para o debate que está acontecendo. Cada mensagem deve ter de 4 a 7 linhas e usar o discurso argumentativo, respondendo à pergunta: para onde a exploração espacial nos levará?

Considerem os critérios estabelecidos pela turma no item b da questão 2 e procurem em fontes confiáveis outras evidências que possam ser usadas na construção do argumento a favor ou contra os investimentos em exploração espacial. Lembrem-se que, por usar o discurso argumentativo, vocês precisam escolher o interlocutor que tenha um ponto de vista contrário ao seu.

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

CÓPIA

Antes da realização da atividade, sugerimos ao professor que assista à videoaula *Tutorial SCRATCH: crie seu jogo do zero Aula 01*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=poLuoL4nVCE>. Acesso em: 20 jun. 2020.

Comunicação

Registre em seu caderno

[...] o pesquisador Seymour Papert, pioneiro no uso do computador como ferramenta de aprendizagem, definiu a programação de computadores como a ação de comunicação entre usuário e máquina por meio de uma linguagem que ambos entendem. [...]

Fonte: SOUZA, F. Pensamento computacional e programação como ferramentas de aprendizagem. *Instituto Ayrton* Senna, 13 set. 2019. Disponível em: <https://www.institutoayrtonsenna.org.br/pt-br/meu-educador-meu-idolo/materialdeeducacao/pensamento-computacional-e-programacao-como-ferramentas-de-aprendizagem.html>. Acesso em: 20 jun. 2020.

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 2; 4; 5; 6; 9; 10

Habilidades: EM13CNT302; EM13CNT308; EM13MAT405; EM13LP22

Nesta atividade você vai utilizar uma linguagem de programação visual denominada Scratch para resolver o seguinte problema: fazer uma nave espacial se deslocar entre a Terra e Marte e/ou a Lua por meio do uso de algoritmos (sequências de passos que descrevem processos).

- Reúnam-se em grupo e acessem o projeto disponível em <https://scratch.mit.edu/projects/260821220/editor> (acesso em: 20 jun. 2020). Caso o *site* abra em inglês, basta clicar no ícone do globo localizado no canto superior esquerdo para alterar o idioma para português brasileiro.
- Cliquem na bandeira verde localizada acima do cenário para que apareça a Terra, Marte e a Lua.
- Cliquem em robot para selecionar a nave e observem as coordenadas (*x* e *y*) localizadas ao lado do campo Ator.

O nome robot aparecerá no campo Ator.

- Logo abaixo, cliquem no campo Direção para ajustar a inclinação da nave, de forma que ela aponte para a Lua ou para Marte.
- Com o cursor do *mouse* posicionado sobre a nave no cenário, arrastem-na até o destino escolhido. Ao deslocar a nave, observem as mudanças nas coordenadas (*x* e *y*).
- Com a nave posicionada sobre a Lua ou Marte, pressionem a tecla de espaço para que ela volte diretamente para a Terra na direção original.
- Cliquem na aba Código e observem na 1ª coluna todas as categorias de comando disponíveis no programa, separadas por cores. Ao clicar nelas, é possível observar na 2ª coluna os comandos associados a essas categorias na forma de blocos coloridos.
- Visualizem, na área de *script* do lado esquerdo do cenário, os comandos (blocos coloridos) que o programador usou e como ele os organizou para realizar a tarefa de mover a nave.
- Agora vocês devem mover a nave até o destino escolhido clicando nos conjuntos de blocos apropriados que constam na área de *script*.
- Encontrem um espaço disponível na área de *script* e, sem deletar os comandos já estabelecidos pelo programador, escrevam algoritmos próprios, usando quaisquer blocos disponíveis na lista, para mover a nave espacial da Terra à Lua e dela até Marte, ou vice-versa.
- Compartilhem os algoritmos desenvolvidos com os outros grupos seguindo as instruções do professor. Essa etapa ajudará a compreender melhor a linguagem de programação e assim aperfeiçoar as sequências de comando propostas. Após os eventuais ajustes, vocês devem disponibilizar uma cópia de seus projetos para o professor. Isso pode ser feito por meio de um *link* ou baixando o projeto para o computador (caso não tenham conta no Scratch). Para salvar e abrir o projeto, cliquem no campo Arquivo, localizado no canto superior esquerdo.

Agora é o momento de compartilhar a experiência com a comunidade, incentivando e auxiliando outras pessoas a desenvolver o pensamento computacional. Para tal, a turma deve organizar uma oficina na escola e divulgar a data do evento para a comunidade com antecedência. No dia da oficina, em que vocês atuarão como tutores, deverá ser proposto aos participantes um problema a ser resolvido por meio do uso do Scratch ou, mais amplamente, das linguagens de programação em bloco, a fim de desmistificar a ideia de que programar é algo difícil e restrito aos profissionais da área.

Se possível, procurem disponibilizar o uso dos computadores da sala de informática da escola. Do contrário, vocês podem construir um cenário e fazer os principais comandos da linguagem de programação do Scratch (evento, movimento e controle) em EVA de diferentes cores. As peças podem ser coladas na parede ou na lousa com o auxílio de fita adesiva de dupla face. O desenho das peças permite que elas se encaixem evidenciando a sequência de ações (algoritmo) que leva à resolução do problema proposto. Sugere-se que o evento seja filmado, com a autorização dos participantes, e o vídeo seja publicado no *blog* ou na página da escola nas redes sociais.

Considere incentivar os estudantes, em outra etapa, a construir seus próprios blocos de comando usando a função Criar um bloco, disponível em Meus blocos.

Revise e amplie!

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com a Unidade foi finalizado, é o momento de autoavaliar seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, reflita sobre as questões a seguir.

- O que eu aprendi sobre a temática exploração do Universo e da vida?
- O que mais eu gostaria de saber sobre essa temática?

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

EM PROVA

UNIDADE 2

Humanos, metais e máquinas



FOTO: ESTADÃO CONTEÚDO

O Brasil é rico em recursos minerais, aparecendo entre os maiores exploradores do mundo. Atualmente, o país apresenta a quinta maior reserva mundial de ferro, sendo o segundo maior produtor desse minério, que representa 40% do faturamento nacional nesse setor.

Durante o beneficiamento desse minério, os rejeitos produzidos são armazenados em barragens, que são reservatórios destinados a reter os resíduos sólidos e a água resultantes desse processo. O armazenamento desses rejeitos é necessário para evitar danos ambientais. Apesar disso, o rompimento da barragem B1, da mina Córrego do Feijão, em Brumadinho (MG), contendo um volume de 1 milhão de metros cúbicos de rejeito de minério de ferro, em janeiro de 2019, foi um dos maiores desastres com rejeitos de mineração no Brasil. Esse acidente resultou em 253 mortos e 17 desaparecidos, além do imenso impacto socioambiental, principalmente nas áreas atingidas.

Ainda que inativa desde 2015, especialistas sugerem que a barragem estaria acima de sua capacidade. O acúmulo de rejeito de minério está intimamente ligado à necessidade de produção de bens e materiais e ao consumo inconsequente do ser humano. A extração de minérios vem acontecendo ao longo da evolução humana, sobretudo a partir da Revolução Industrial, que fez dela uma atividade indispensável para o avanço da sociedade moderna por estar relacionada a produtos e materiais que são utilizados ou desfrutados no cotidiano das pessoas.

De maneira direta, os minérios estão presentes em equipamentos eletrônicos, computadores, celulares, relógios e muitos outros produtos. Indiretamente, fazem parte de máquinas e equipamentos envolvidos na produção de alimentos e bens de consumo diversos.



ILUSTRAÇÃO: LUIZ IRIA

- Analise as imagens e o texto da Abertura e explique qual é a relação entre a indústria de base, responsável pela produção de matéria-prima, e o desenvolvimento de produtos amplamente usados no nosso cotidiano, como os *smartphones*.

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

Por que ordenamos a Unidade dessa forma?

A história da humanidade, considerando sua origem, a expansão geográfica e a diversificação fenotípica do *Homo sapiens* pela Terra, são apresentadas no Tema 1. A interferência ambiental resultante do crescimento populacional humano e de outros fatores antrópicos é o assunto abordado ao longo do Tema 2. Como consequência do aumento populacional, foi intensificada a busca por materiais que permitissem o desenvolvimento de ferramentas e equipamentos, aumentando a extração de recursos naturais, como os minérios dos quais se obtêm os mais diversos metais. A extração dos minérios e as propriedades dos metais serão trabalhadas no Tema 3. Já os processos envolvidos na extração dos metais a partir dos minérios, atividade econômica conhecida como metalurgia, serão abordados no Tema 4. Durante o desenvolvimento do Tema 5 serão estudadas as causas do movimento de algumas máquinas em situações cotidianas, visando à compreensão de seu funcionamento. No Tema 6, estudaremos como forças atuam em objetos, máquinas e partes do corpo humano em situações de equilíbrio.

Finalizando esta Unidade, há seções que integram aspectos do conhecimento científico-tecnológico e da lógica argumentativa para avaliar a pertinência de seus usos, assim como de soluções propostas para atender demandas locais e globais, tanto no âmbito individual quanto no coletivo, com o objetivo de mitigar, entre outros, problemas socioambientais relacionados à extração de recursos naturais e à produção de bens de consumo. Além disso, há oportunidade de reconhecer características do perfil empreendedor, buscando desenvolvê-las, e de elaborar um projeto pessoal que vise atender a comunidade em que você vive.

Assim, os objetivos gerais desta Unidade são:

- Reconhecer os impactos ambientais causados pela intensificação da extração de recursos naturais pelos seres humanos em decorrência do crescimento populacional e do desenvolvimento de ferramentas e máquinas ao longo da história da humanidade.
- Analisar as propriedades dos materiais e os diferentes métodos aplicados na produção de componentes metálicos, avaliando alternativas e novas tecnologias que reduzam a dependência de recursos não renováveis e os impactos socioambientais.
- Compreender as causas dos movimentos e as leis que as regem, bem como o conceito de vantagem mecânica e os tipos de equilíbrio das máquinas, utilizando as propriedades dos materiais para a melhor adequação de seu uso em diferentes aplicações no cotidiano.

Pense nisso!

Registre em seu caderno

Tema 1. Como a evolução humana influenciou historicamente o desenvolvimento de máquinas e no uso de tecnologias?

Tema 2. Explique como o aumento populacional ao longo da história da humanidade contribui para impactos provocados por catástrofes, como a que vimos em Brumadinho, MG.

Tema 3. Quais propriedades geralmente apresentadas pelos metais podem explicar seu uso na fabricação de diferentes materiais e objetos do cotidiano?

Tema 4. O minério de ferro é a matéria-prima do aço – uma liga de ferro e carbono. Que etapas você acredita que seriam necessárias para obter essa liga metálica a partir do minério?

Tema 5. Quais materiais você escolheria para construir um meio de transporte elétrico?

Tema 6. A alavanca é uma das máquinas mais simples da humanidade e é utilizada há milênios, sendo a gangorra um exemplo. Defina o seu funcionamento e cite objetos em que você reconhece o mesmo princípio.

Por dentro da BNCC

O trabalho com esta Unidade favorece o desenvolvimento das competências e das habilidades da BNCC citadas a seguir.

Competências gerais: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10

Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Competências específicas: 1; 2; 3
Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT106; EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT204; EM13CNT205; EM13CNT206; EM13CNT208; EM13CNT301; EM13CNT304; EM13CNT305; EM13CNT306; EM13CNT307; EM13CNT309

Área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Competências específicas: 1; 2; 3; 4; 5
Habilidades: EM13CHS103; EM13CHS206; EM13CHS302; EM13CHS403; EM13CHS404; EM13CHS502

Área de Linguagens e suas Tecnologias
Competência específica: 1
Habilidades: EM13LGG102; EM13LP05

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

MODERNA

TEMA 1

Evolução humana

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 5; 6

Habilidades: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT208

Verifique os materiais necessários para a realização da **Prática investigativa** do próximo Tema. Para o bom andamento da atividade, é preciso que ela seja preparada com alguns dias de antecedência.

A evolução humana é bastante discutida, pois a ela convergem explicações científicas simultaneamente a uma série de ideias fundamentadas em crenças religiosas, que nada têm a ver com a Ciência.

No Brasil temos importantes pesquisadores da evolução humana e do povoamento das Américas pelo *Homo sapiens*, entre eles, Walter Neves (1957-), da Universidade de São Paulo, e Niède Guidon (1933-), da Universidade de São Paulo e da Universidade Sorbonne, em Paris, cujos trabalhos muito contribuíram e ainda contribuem para lançar luz científica sobre as origens e a evolução dos seres humanos.

É inquestionável o fato de sermos, como todas as demais criaturas do planeta, resultado de um processo natural de modificação ao longo do tempo. Muitos anos de novos estudos e ainda serão necessários para podermos entender com mais detalhes o que ocorreu com a espécie humana e com seus ancestrais nesses últimos 7 milhões de anos, quando a nossa linhagem evolutiva se separou da linhagem que levou aos chimpanzés atuais. Estes também resultam de uma linhagem de 7 milhões de anos, a qual há cerca de 2,5 milhões de anos se diferenciou dos atuais bonobos (**Fig. 1.1**).



ANUP SHAH/STONE RF/GETTY IMAGES

Figura 1.1 Grupo de bonobos (*Pan paniscus*) em lagoa do santuário Bonobo Lola Ya, na República Democrática do Congo, em 2010. Os bonobos são menores que os chimpanzés (*Pan troglodytes*), medindo cerca de 70 cm a 80 cm de comprimento sem considerar as pernas; têm corpo mais esbelto, ombros mais estreitos, pescoço mais fino e pernas mais longas.

Fique por dentro

Fundação Museu do Homem Americano
O *site* da Fundação Museu do Homem Americano apresenta informações sobre o patrimônio cultural e natural do Parque Nacional Serra da Capivara. Além disso, é possível fazer uma visita virtual pelo Museu da Natureza. Disponível em: <http://fumdham.org.br/>.

Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos
O *site* do Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, disponibiliza imagens e textos relacionados à história da evolução da espécie humana.
Disponível em: <http://evolucaohumana.ib.usp.br/proposta/propostas.html>. Acessos em: 25 maio 2020.

A Ciência da evolução humana baseia-se na interpretação de evidências concretas, geralmente ossos e outros fósseis, além de instrumentos ou ferramentas que se conservaram ao longo do tempo e características relacionadas ao DNA. É claro que, à luz de novas evidências, ocorrem ajustes das narrativas – a Ciência não é infalível, mas apresenta uma tendência consistente à aproximação da verdade, à medida que evidências vão se acumulando.

A espécie humana e sua linhagem evolutiva

Classificação dos primatas

Os seres humanos pertencem ao filo dos cordados, classe dos mamíferos, ordem dos primatas. Essa ordem hoje é considerada **monofilética**, ou seja, todos os seus integrantes têm um mesmo **ancestral comum**, que viveu entre 60 milhões e 80 milhões de anos atrás. Sua diferenciação em relação a outras ordens de mamíferos envolveu o surgimento de diversas características relacionadas com o hábito arborícola, destacando-se:

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

- **Polegar opositor:** disposto em um ângulo de 90º em relação aos demais dedos, permite a esses animais segurarem-se firmemente aos galhos e ramos, além de pegarem ou manipularem objetos.
- **Acentuada mobilidade dos membros em relação ao tronco:** facilita a locomoção entre os galhos das árvores (**Fig. 1.2**).
- **Visão tridimensional:** possibilita uma acurada percepção da distância dos galhos e outros objetos (um erro de avaliação no momento do salto de um galho para outro pode resultar em queda, acarretando ferimentos e até a morte).
- **Comportamento social (com intenso cuidado com a prole):** a complexidade do comportamento social parece estar relacionada com o desenvolvimento e evolução do encéfalo.

Atualmente, os primatas são classificados em **Strepsirrhini**, que inclui os lêmures e os lóris, e **Haplorrhini**, que inclui os társios e os antropoides. Dentro do grupo dos antropoides estão os macacos do Novo Mundo (representados pelos saguis, micos e macacos-prego), os macacos do Velho Mundo (representados pelos babuínos, macacos resos e mandris) e os hominoides (representados pelos gibões, gorilas, chimpanzés, orangotangos e seres humanos). Humanos e chimpanzés são os mais próximos evolutivamente, compondo o grupo dos Hominini.

O esquema a seguir (**Fig. 1.3**) apresenta a classificação atual dos primatas.

JOSE CALDAS/BRAZIL PHOTOS/LIGHTROCKET/GETTY IMAGES



Figura 1.2 O muriqui (*Brachyteles arachnoids*) é o maior primata das Américas (mede cerca de 70 cm, sem considerar a cauda) e vive na Mata Atlântica (Estação Biológica de Caratinga, MG, 2015).

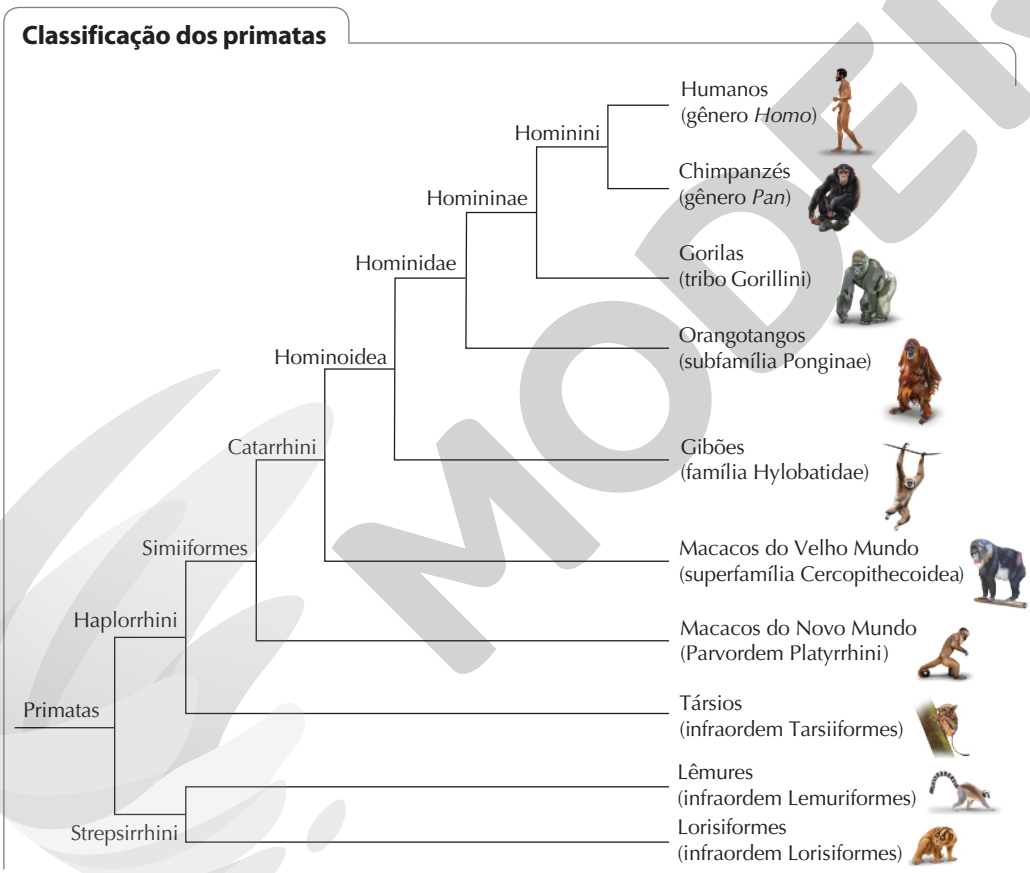


ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Figura 1.3 Representação esquemática da classificação dos primatas (omitidos os grupos extintos). Os primatas hominoides dividem-se em hilobatídeos (gibões) e hominídeos (orangotangos, gorilas, chimpanzés e humanos); a tribo Hominini inclui as subtribos Panina (chimpanzés – gênero *Pan*) e Hominina (humanos – gênero *Homo*), além da subtribo Austithecina, já extinta, que abrange os gêneros *Ardipithecus*, *Australopithecus* e *Paranthropus*, entre outros. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Evolução dos Hominini e do gênero *Homo*

Provavelmente, o fóssil mais antigo de Hominini é o *Sahelanthropus tchadensis*. Nele, a bipedia é evidenciada pela posição do orifício no osso occipital por onde passa a medula espinal, que fica mais perto do assoalho do crânio. Também na África foi encontrado um fóssil muito similar a esse, o *Orrorin tugenensis*, cuja bipedia foi evidenciada pela estrutura do fêmur. Os dois fósseis foram datados entre 6 milhões e 7 milhões de anos atrás.

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

MODERNA

Um pouco mais recentes, dois espécimes similares foram encontrados na Etiópia e datados entre 4,4 milhões e 5,8 milhões de anos: ambos foram classificados no gênero *Ardipithecus* (*Ardipithecus ramidus* e *Ardipithecus kadabba*), e os ossos evidenciaram bipedia. Segundo os paleoantropólogos, provavelmente os australopitecíneos surgiram a partir desse gênero.

Essas espécies, apesar de bípedes, possivelmente ainda não haviam deixado o hábito arborícola. Diversas espécies de australopitecíneos surgiram a partir daí, sendo o *Australopithecus anamensis* a mais antiga, com aproximadamente 4 milhões de anos. Essa espécie fóssil também foi encontrada na África. Os dentes caninos ainda eram grandes e a estatura era pequena, por volta de 1 m de altura.

O *Australopithecus anamensis* provavelmente originou, na África, a espécie mais conhecida de *Australopithecus*, *Australopithecus afarensis*, cujos fósseis datam entre 3,9 milhões e 2,9 milhões de anos. O fóssil mais famoso, com 3,2 milhões de anos, foi encontrado na África e denominado Lucy (**Fig. 1.4**).



S. ENTRESSANGLE/E. DAYNES/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1.4 Reconstrução artística de Lucy, um espécime de *Australopithecus afarensis*.

Os australopitecíneos se diversificaram e depois disso, possivelmente há cerca de 1 milhão de anos, se extinguiram. Uma dessas espécies provavelmente deve ter originado o *Homo habilis* (**Fig. 1.5**), primeira espécie do gênero *Homo*; essa transição deve ter ocorrido em torno de 2,5 milhões a 3 milhões de anos.



S. ENTRESSANGLE/E. DAYNES/ SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1.5 Reconstrução artística do *Homo habilis*.

Estudos indicam que o *H. habilis* viveu entre 1,8 milhão e 2 milhões de anos atrás e usava ferramentas mais simples, como lascas. Para alguns pesquisadores, essa espécie pode ser classificada entre os australopitecíneos e, nesse caso, os primeiros *Homo* seriam *Homo ergaster* e *Homo erectus* (talvez se trate de uma única espécie).

O *Homo erectus* surgiu na África há cerca de 1,8 milhão de anos e foi provavelmente a primeira espécie de hominíneo a povoar extensas áreas da Europa e da Ásia. Entre as suas características estavam pernas longas e estatura alta, próximo de 1,80 m de altura (**Fig. 1.6**); possivelmente, foi o primeiro hominínio a controlar o fogo. Estudos indicam que o *Homo erectus* viveu por muito tempo e que durante esse período surgiu o *Homo heidelbergensis* (**Fig. 1.7**), cujos fósseis datam de 800 mil a 200 mil anos atrás. A extinção do *Homo heidelbergensis* é relativamente recente, coincidindo com o provável surgimento de duas novas espécies: *Homo neanderthalensis*, o homem de Neanderthal, e *Homo sapiens*, o ser humano moderno, ambos por volta de 200 mil anos.



S. ENTRESSANGLE/E. DAYNES/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1.6 Reconstrução artística do *Homo erectus*. Essa espécie é mais alta e tem maior capacidade cerebral que seu antecessor, o *Homo habilis*.

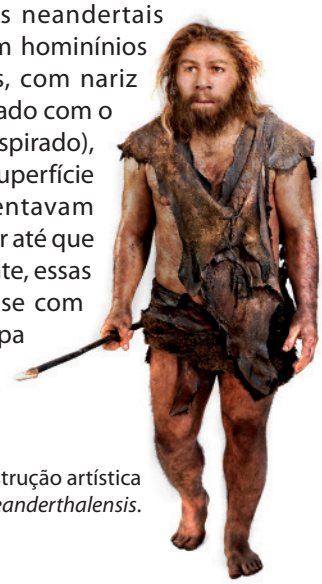


CHRIS HELLIER/THE IMAGE BANK UNRELEASED/GETTY IMAGES

Figura 1.7 Reconstrução artística do *Homo heidelbergensis*, o ancestral direto do ser humano e comum com os neandertais.

Supõe-se que o *Homo heidelbergensis* africano tenha se dispersado para a Europa originando ali uma população da qual evoluíram os neandertais; a população que permaneceu na África provavelmente deu origem ao *Homo sapiens*.

Estudos apontam que os neandertais (*Homo neanderthalensis*) eram hominínios muito robustos, musculosos, com nariz largo (supostamente relacionado com o preaquecimento do ar frio inspirado), atarracados (tinham menor superfície para perder calor) e apresentavam grande volume cerebral (maior até que o *Homo sapiens*). Provavelmente, essas características relacionavam-se com o hábitat muito frio da Europa e da Ásia na Idade do Gelo (**Fig. 1.8**).



ELISABETH DAYNES/SCIENCE PHOTO LIBRARY/FOTOARENA

Figura 1.8 Reconstrução artística do *Homo neanderthalensis*.

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

Os neandertais possivelmente eram nômades e caçadores e formavam grupos sociais bem organizados. São os "homens das cavernas" das lendas populares, pois usavam cavernas como abrigo. Eles provavelmente usavam também o fogo para se aquecer e cozinhar alimentos. Além disso, estudos indicam que eles fabricavam instrumentos de pedra bem elaborados, usados para caçar principalmente mamutes, bisões, raposas-do-ártico e lemingues. A pele dos animais era utilizada para fazer roupas e abrigos.

Os neandertais, segundo estudos, foram os primeiros Hominini a enterrar seus mortos, provavelmente realizando rituais. Indícios recentes sugerem que a extinção dessa espécie ocorreu há aproximadamente 28 mil anos. As causas desse evento ainda não estão claras e são motivo de debates entre os pesquisadores. Sabe-se que durante sua longa coexistência com o *Homo sapiens* houve contatos entre as espécies e até cruzamentos com trocas gênicas.

As evidências mostram que o *Homo sapiens*, finalmente, surgiu na África há aproximadamente 200 mil anos, dispersando-se mais tarde por todo o planeta.

Eventos evolutivos

Neste momento, podemos fazer uma síntese dos principais eventos evolutivos que marcaram a evolução dos Hominini, os quais listamos a seguir.

- Bipedia e alongamento das pernas.
- Achatamento da face (redução do prognatismo).
- Redução do tamanho dos dentes, especialmente dos caninos, relacionada com o arredondamento da arcada dentária.
- Fabricação das primeiras ferramentas de pedra.
- Consumo de proteína animal.
- Encefalização.
- Revolução criativa e tecnológica.
- Dispersão pelo mundo todo.

Vários desses eventos são mais recentes que outros e estão mais concentrados na evolução dentro do gênero *Homo*.

Bipedia e alongamento das pernas

A bipedia, ou bipedalismo, aparentemente surgiu em espécies cujo hábitat eram florestas e bosques, como no caso dos gorilas e chimpanzés atuais. A principal vantagem evolutiva seria poder caminhar longas distâncias (especialmente nos casos de pernas mais longas) e, principalmente, liberar as mãos para outras finalidades.

Achatamento da face (redução do prognatismo), redução dos caninos e arredondamento da arcada dentária

O achatamento progressivo da face possivelmente está associado ao aumento do volume craniano (encefalização) e redução da mandíbula. A dentição sofreu grande modificação com a redução dos caninos e desenvolvimento dos molares. Caninos muito desenvolvidos como os dos chimpanzés atuais (**Fig. 1.9 A**) são uma arma potente ou eficiente intimidador para competidores e inimigos, mas há o problema do encaixe; quando a boca é fechada, os caninos superiores e inferiores se cruzam, encaixando-se os inferiores no espaço entre os dentes superiores e, da mesma forma, os superiores entre os inferiores. Com isso, os movimentos laterais da mandíbula, que no caso é retangular, ficam restritos. Ao longo da evolução, com a redução canina, esses movimentos mastigatórios permitiram uma ação mais eficaz dos molares na trituração dos alimentos, favorecendo a diversificação da dieta; pode-se dizer que a função mandibular inicialmente concentrada na parte anterior passa a se concentrar mais na parte posterior, onde ficam os molares (**Figs. 1.9 B** e **C**). Nesse processo, a mandíbula toma uma forma de U ou parabólica.

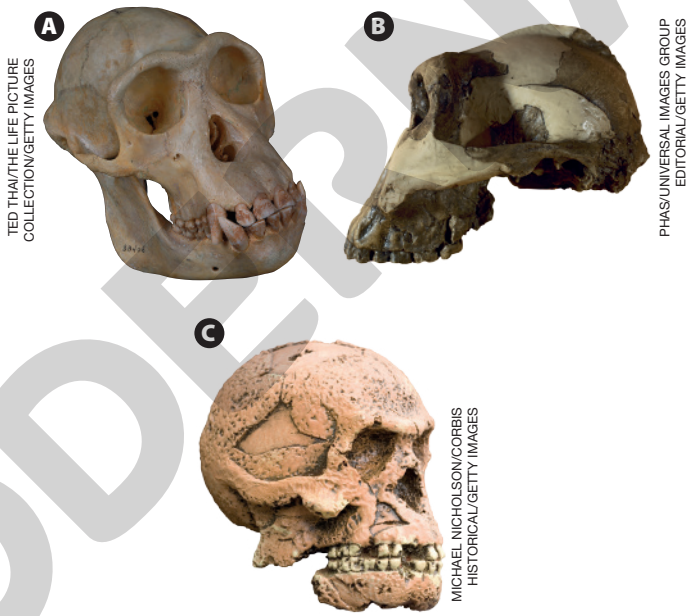


Figura 1.9 Evolução do crânio. **(A)** Crânio de chimpanzé atual, similar ao dos primeiros hominínios; note o acentuado prognatismo (mandíbula projetada para a frente), as grandes projeções sobre as órbitas oculares (arcadas supraciliares), os caninos muito desenvolvidos e "travados", impossibilitando o deslizamento lateral da mandíbula em relação à maxila, e o pequeno volume cerebral. **(B)** Crânio de *Zinjanthropus boisei*, em que, ao lado de características primitivas, notam-se redução dos caninos e prognatismo menos acentuado que no chimpanzé. **(C)** Modelo de crânio do *Homo erectus*, já com características similares às dos seres humanos atuais: face achatada com arcadas supraciliares pouco marcadas, caninos bastante reduzidos e grande volume craniano.

Fabricação das primeiras ferramentas de pedra e consumo de proteína animal

A fabricação de ferramentas envolve uma destreza manual que se relaciona com a anatomia das mãos. Dedos longos e curvados são eficientes em espécies arborícolas, mas foram reduzidos e tornaram-se mais retos ao longo da evolução; bem mais tarde isso pode ter favorecido a manipulação de objetos e a construção de ferramentas.

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

MODERNA

Segundo o pesquisador Walter Neves, a produção de ferramentas possivelmente teve início há cerca de 2,5 milhões de anos entre os australopitecíneos, incluindo espécies com pequeno volume cerebral (similar ao dos chimpanzés atuais); esse tempo coincide com a savanização da África, e as ferramentas produzidas não passavam de lascas extraídas de blocos maiores de pedra por percussão usando outra pedra.

Esse estágio "tecnológico" de produção e utilização de lascas provavelmente se estendeu por cerca de 1 milhão de anos, e então, cerca de 1,6 milhão de anos atrás, surgiram as primeiras ferramentas (propriamente ditas), como machados. Nesse ponto, estudos indicam que os hominínios começaram a desenvolver a habilidade mental de criar um protótipo ou *design* ideal para atender a determinada função, que se estendeu até o presente.

Encefalização

O aumento do volume cerebral é um evento que marcou mais especificamente a evolução do gênero *Homo*. Entre os australopitecíneos esse aumento foi proporcionalmente bem pequeno.

Os paleoantropólogos consideram que a encefalização é compatível com uma dieta altamente nutritiva baseada em fonte animal, que ao mesmo tempo permitia a redução do sistema digestório (alimentos vegetais, pouco nutritivos, demandam grande volume do tubo digestivo).

Pode-se dizer que um cérebro muito desenvolvido é energeticamente muito custoso, e sua manutenção fica comprometida no caso de dietas pouco calóricas. Atualmente, sabe-se que o ser humano despende entre 20% e 30% de energia no funcionamento cerebral.

Supõe-se que o aumento do volume cerebral também pode estar relacionado com a evolução do comportamento social, da cultura e da linguagem e com produção e manipulação de símbolos, além do pensamento abstrato.

Revolução criativa e tecnológica

Concomitantemente com o desenvolvimento cerebral e com o desenvolvimento da fala, desenvolveram-se capacidades criativas, únicas entre os animais. As pinturas, esculturas e ornamentos, além dos rituais, exemplificam essas capacidades.

A **tabela 1.1** a seguir sintetiza a **evolução tecnológica** dos hominínios. Esse tema é controverso, pois o uso do termo *evolução* nesse contexto é discutível – pode ser considerado o avanço tecnológico como uma forma de evolução darwiniana? É indiscutível, porém, que se trata de conhecimento acumulado por muitas gerações e que certos caracteres biológicos das espécies, fixados por seleção natural, são uma condição básica para as conquistas tecnológicas. Um exemplo: embora um chimpanzé possa perceber a utilidade do uso de lascas para cortar objetos ou alimentos, ele não tem uma anatomia da mão compatível com a produção intencional dessa ferramenta. Assim sendo, podemos usar o termo *evolução tecnológica*, mas com certa cautela.

Tabela 1.1 Desenvolvimento da tecnologia entre os hominínios

Estágio	Categoria
1. Prototecnologia	a. Uso de ferramentas
	b. Modificação das ferramentas
2. Tecnologia	a. Produção de ferramentas (lascas)
	b. Tecnologia de produção de ferramentas idealizadas mentalmente
3. Pirotecnologia	a. Produção e controle do fogo
	b. Metalurgia
4. Instalações	a. Recipientes, cordoaria
	b. Controle da energia

Fonte: CAMPBELL, B. *Evolution of Technological Species*. Disponível em: <https://history.nasa.gov/CP-2156/ch4.4.htm>. Acesso em: 26 maio 2020.

O estágio 1 é o da prototecnologia. A categoria **1a** da tabela acima corresponde ao uso de objetos encontrados na natureza para realizar determinados trabalhos – geralmente aproveitar um novo recurso ou aprimorar um recurso já explorado (trata-se de resolver um problema específico). Lembremos que a maior eficiência no uso de recursos limitados é altamente adaptativa. Macacos-prego da Serra do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, no estado do Piauí, são um bom exemplo ao utilizarem pedras para quebrar cocos (**Fig. 1.10**).



BEN CRANKE/NATURE/FOTOARENA

Figura 1.10 Macaco-prego (*Sapajus libidinosus*) de uma população no Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, no Piauí, quebrando noz com o uso de uma pedra sobre uma "bancada" achatada ou côncava, que evita que a noz resvale de lado ao receber o impacto. Eles escolhem as pedras, mas não as modificam para essa finalidade.

Na categoria **1b**, os objetos naturais são modificados para melhorar sua performance. Um exemplo é o dos chimpanzés, que coletam e modificam ramos finos a fim de introduzi-los em cupinzeiros para "pescar" os cupins de que se alimentam. Esses ramos são melhorados: as folhas são removidas, e o comprimento é ajustado para certo padrão. Outro exemplo é quando mascam folhas para formar um bagaço que usam como esponja para retirar água de locais difíceis, como cavidades pequenas e profundas.

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

EM MODERNA

O estágio 2 é o da tecnologia. Na categoria **2a**, blocos de pedra são usados para produzir lascas quaisquer que possam ser usadas como facas; na categoria **2b**, as ferramentas são idealizadas abstratamente e essas formas são construídas e reconstruídas intencionalmente visando à melhoria da *performance* com uma finalidade específica – por exemplo, a construção dos primeiros machados de pedra, cujas lascas retiradas não são importantes, e sim o bloco moldado remanescente. Outros exemplos, muito mais recentes, são as pontas de flechas e lanças usadas na caça de grandes animais. A passagem para a categoria **2b** é extremamente importante no desenvolvimento tecnológico: com a revolução criativa, o domínio de técnicas de lascamento e a utilização de outros materiais além de pedras, como ossos, chifres e dentes, os *Homo sapiens* tiveram uma "explosão" tecnológica inédita, que lhes permitiu acesso a ambientes completamente inóspitos e antes inabitáveis, e, em decorrência disso, uma dispersão geográfica em uma escala que nunca havia ocorrido com seus antecessores.

O estágio 3 é o da pirotecnologia. Na categoria **3a** ocorre a captura, o controle e eventualmente a produção do fogo, passos que devem ter levado bastante tempo entre a simples captura e manutenção de fogo produzido por raios ou outros processos naturais e a sua produção por meio de faíscas produzidas pelo choque de duas pedras ou por atrito entre peças de madeira. O domínio do fogo relaciona-se com melhorias na alimentação, fragmentação de pedras, por meio do aquecimento e brusco resfriamento, produção de artefatos de cerâmica e o mais importante: a obtenção de metal a partir de minério (como a malaquita, que, aquecida em fogo forte, produz o cobre metálico). O nascimento da metalurgia abriu uma ampla perspectiva de produção de uma infinidade de objetos e de novas e melhores ferramentas, incluindo armas – categoria **3b**. A metalurgia do cobre, do bronze e do ferro deu nome aos períodos da história humana: a Idade do Cobre veio logo após o Neolítico (período da pedra polida) e se estendeu até o início da Idade do Bronze, quando se misturava cobre com estanho para produzir uma liga muito mais dura e resistente que apenas o cobre, usada na fabricação de utensílios e armas mais fortes. Um passo similar deu-se com a transição para a Idade do Ferro, por volta de 1200 a.C. (essa data refere-se à Europa; em outras regiões o uso do ferro começou bem antes, mas sem substituir o bronze). O avanço da metalurgia foi acompanhado pelo desenvolvimento de armas mais eficientes, afetando as relações entre os povos.

O estágio 4, das instalações, refere-se a objetos que restringem ou previnem movimentos ou trocas de energia. Na categoria **4a**, os exemplos são recipientes diversos, selas, estribos, diques, barcos, abrigos, cercas, cordas etc. Já na categoria **4b**, temos a construção de estruturas isolantes, como roupas e tendas.

Um estágio 5 pode ser acrescentada à tabela. É o estágio das máquinas, definidas como ferramentas complexas, constituídas por uma diversidade de partes ou peças. Por exemplo, o arremessador de lanças e o arco e flecha, além, é claro, de toda a extensa maquinaria dos tempos atuais.

:: Dispersão pelo mundo todo

Os caminhos do *Homo sapiens* desde sua origem, há cerca de 200 mil anos, na região do vale do Rift, África Oriental, ficaram nebulosos por muito tempo. Muitas teorias foram propostas, porém a cada nova evidência, a cada novo fóssil encontrado, muito tinha que ser reformulado. A teoria mais aceita é a chamada *out of Africa* ("partida da África", em tradução livre), segundo a qual todos os *Homo sapiens* do mundo atual se originaram de populações desse continente (mas há pontos muito discutidos, entre eles a suposição de que a saída da África tenha ocorrido em uma só ocasião).

Com o advento das técnicas de mapeamento de DNA, uma série de controvérsias pôde ser resolvida, mas ainda persistem várias incongruências entre os registros fósseis e as evidências do DNA. Desde os anos 1980, milhares de pessoas por todo o mundo tiveram seu DNA estudado, particularmente o DNA mitocondrial. Isso permitiu rastrear as principais linhas de migração e ao mesmo tempo datá-las por aproximação.

Apresentaremos a seguir uma das interpretações dessas evidências moleculares, proposta pelo médico e geneticista britânico Stephen Oppenheimer (1947-) em diversas obras, entre elas *A jornada da humanidade* e *A verdadeira Eva*. Segundo o autor, todos os humanos não africanos descendem de uma única família ou grupo – seu DNA mitocondrial poderia ser rastreado até uma determinada mulher, a Eva mitocondrial. Essa é só uma hipótese, relacionada com estudos de DNA. Outras fontes e novas evidências sinalizam uma série de inconsistências com o registro fóssil.

A expansão do *Homo sapiens* desde sempre esteve atrelada a condições climáticas favoráveis. Durante quase todo o processo, entre 150 mil e 20 mil anos atrás, o planeta esteve em fase de glaciação. Houve apenas um período interglacial relativamente curto, entre 60 mil e 35 mil anos atrás.

Segundo Oppenheimer, tudo começou quando, provavelmente entre 90 mil e 85 mil anos atrás, o grupo com DNA original atravessou o Mar Vermelho no seu ponto mais estreito (16 km) da Etiópia para o Iêmen. Na época, o nível dos oceanos estava 45 metros abaixo do que é hoje, e no percurso da travessia possivelmente havia ilhas e bancos de areia expostos, facilitando o trajeto do grupo, que deveria ser constituído por cerca de 200 pessoas. A partir da costa do Iêmen, na Península Arábica, os descendentes dos primeiros viajantes foram migrando, geração após geração, ao longo da costa em direção à Índia, à Indonésia (que, na época, era um subcontinente – Sunda e daí para o sudeste asiático e a China.

Há cerca de 74 mil anos aconteceu a erupção do Monte Toba, uma das maiores dos últimos 2 milhões de anos. As cinzas cobriram a Índia e o Paquistão com uma camada que chegou a 5 metros de espessura. A maior parte dos povos da região entre a Índia e a Indonésia foi dizimada em um típico

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

EDIÇÃO PRELIMINAR

efeito gargalo, provavelmente tendo sobrado 10 mil indivíduos de nossa espécie ou até menos. Possivelmente, entre 74 mil e 65 mil anos atrás, após a devastação do subcontinente indiano, iniciou-se o repovoamento. Por um lado, prosseguiu a colonização costeira até perto do Japão; por outro, grupos humanos se dirigiram a Bornéu e à Austrália.

Na Austrália encontraram uma megafauna formada por imensos cangurus com cerca de 3 metros de altura, tartarugas enormes e aves gigantes não voadoras – esses animais ficaram registrados em pinturas rupestres (nas rochas) deixadas por aqueles humanos. Mas, aparentemente em razão da degradação ambiental, por meio do fogo usado pelos novos habitantes, a megafauna acabou sendo extinta.

Estudos indicam que do interior do continente asiático ao norte das costas povoadas ainda era muito frio e desértico na época, impedindo a migração nessa direção. Entretanto, há cerca de 52 mil anos, em pleno período interglacial, estima-se que houve um brusco e acentuado aquecimento do clima, trazendo mais chuvas e reduzindo os desertos, incluindo o que se estendia a leste do Mediterrâneo, onde fica o chamado Crescente Fértil (Mesopotâmia – Síria e Iraque atuais), que então foi colonizado. Nessa região, pressupõe-se que os seres humanos exerceram atividades agropastoris, foram os primeiros fazendeiros e, bem mais tarde, originaram os povos da Suméria e da Babilônia e construíram as primeiras cidades de pedra, como Jericó.

A cultura e a tecnologia se aprimoraram: os instrumentos de pedra eram mais leves e havia cerimoniais. Acredita-se que do Crescente Fértil, há 45 mil ou 50 mil anos, o *Homo sapiens* se expandiu para a Europa e lá encontrou os neandertais, que dominaram a área por mais de 200 mil anos. Aparentemente, os neandertais acabaram sendo sobrepujados pelos novos habitantes da Europa e terminaram por extinguir-se. Esses novos europeus ficaram conhecidos como homens de Cro-Magnon (lê-se *cro-manhôn*) e apresentavam uma série de novos hábitos e capacidades – isso aconteceu há cerca de 35 mil anos. Estudos apontam que eles construíram ferramentas elaboradas, produziram arte em argila, pintura e escultura, além de ornamentos, e desenvolveram a criatividade, a linguagem, a organização social e a cultura.

Além da expansão para o Crescente Fértil no período interglacial, houve também um avanço a partir de toda a costa sul da Ásia na direção da Ásia Central da China. Nessa época teria sido povoado também o Japão. Mais tarde, o *Homo sapiens* chegou ao extremo leste da Sibéria, junto ao Estreito de Bering.

A colonização das Américas

Ainda segundo Oppenheimer, possivelmente entre 25 mil e 22 mil anos atrás os povos da Sibéria atravessaram o atual Estreito de Bering, e o *Homo sapiens* chegou pela primeira vez ao continente americano (essa data da primeira passagem é bastante discutida atualmente e até refutada, dadas as novas evidências na América do Norte e América do Sul). A hipótese mais aceita é que o povoamento tenha acompanhado a costa oeste norte-americana. No entanto, a partir de 22 mil anos atrás sobreveio a última glaciação e, com isso, provavelmente houve novo despovoamento. O *Homo sapiens* do norte sobreviveu apenas em alguns refúgios ao longo das antigas rotas. Entre 15 mil e 12,5 mil anos atrás, com a temperatura climática elevando-se, a expansão prosseguiu pela rota da costa oeste chegando ao sul dos atuais Estados Unidos, ao atual Panamá e daí à América do Sul (Amazônia Ocidental e o restante da costa oeste até o Chile). Além disso, estima-se que um ramo já teria passado para a costa norte da América do Sul, a Amazônia Oriental da costa atlântica da América do Sul.

Há muita discussão na literatura científica a respeito de como a espécie humana chegou às Américas. Diferentes pesquisadores apresentam informações conflitantes. Um exemplo desse conflito de opiniões é o que se viu entre o pesquisador brasileiro Walter Neves e pesquisadores norte-americanos.

A chave inicial para os novos conhecimentos, pondo em cheque a colonização das Américas por povos siberianos proposta por pesquisadores norte-americanos, foi a descoberta do mais antigo fóssil humano encontrado nas Américas, datado de 11 mil anos – uma mulher com características da população negra que recebeu a designação de **Luzia** (**Fig. 1.11**) – encontrado em Lagoa Santa, em Minas Gerais. Depois desse achado, a equipe do pesquisador Walter Neves encontrou outros fósseis semelhantes aos de Luzia, mas com datações mais recentes, entre 7,5 mil e 11 mil anos. Essas novas evidências trouxeram indícios da provável presença de indivíduos com características da população negra ao longo de toda a bacia do Rio São Francisco, chegando até o Piauí (onde encontramos os povos da região da Serra da Capivara estudados por Niède Guidon e sua equipe).

ALESSANDRO VIANA/TYBA

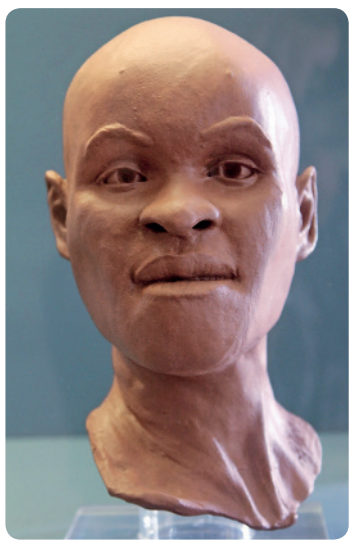


Figura 1.11 Reconstrução artística de Luzia: dona do crânio mais antigo das Américas, de 11 mil anos atrás, parecia-se com atuais africanos e os aborígines australianos.

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

Ressalte o importante trabalho desenvolvido por Niède Guidon; seus trabalhos já lhe renderam prêmios e reconhecimento internacional na área. Niède compõe o corpo diretivo do Museu do Homem Americano, no sítio arqueológico de São Raimundo Nonato, no Piauí. Caso a escola fique em uma região próxima, faça uma visita com os estudantes ao local. Para mais informações, acesse o *site* do museu: <http://fumdham.org.br/>. Acesso em: 26 maio 2020.

Segundo a nova proposta, teriam ocorrido duas ondas migratórias primordiais para as Américas. A primeira, composta de caçadores-coletores com traços da população negra, migrou para cá há cerca de 14 mil anos e hoje não está representada em nenhum grupo da atualidade. A segunda, formada por indivíduos com aparência mais próxima à dos asiáticos, chegou ao Novo Mundo cerca de 12 mil anos atrás. As populações indígenas, atuais ameríndias, são herdeiras dessa morfologia.

Outro conflito diz respeito a datas e envolve a pesquisadora e antropóloga brasileira Niède Guidon. Essa pesquisadora também encontrou vestígios de humanos com traços da população negra em um sítio arqueológico muito bem preservado do Parque da Serra da Capivara, no Piauí, onde observou uma infinidade de pinturas rupestres datadas de 28 mil anos atrás, muito antes da época admitida pelos pesquisadores norte-americanos e pelo pesquisador Walter Neves (**Fig. 1.12**). E vai além: sugere que esses povos teriam vindo diretamente da África através do oceano Atlântico. Atualmente a pesquisadora e diversos colegas norte-americanos admitem, com base em outros dados, que o *Homo sapiens* já estaria na América há pelo menos 100 mil anos. O surgimento de novas evidências certamente vai trazer mudanças no entendimento da colonização das Américas.



MOISES SABA/TYBA

Figura 1.12 Fotografia de uma porção do paredão rochoso da Toca do Boqueirão da Pedra Furada com pinturas realizadas em diferentes épocas. No centro destaca-se o que se supõe representar um veado em salto. Ao redor, reconhecem-se outras representações de animais e de pessoas. A técnica de pintura não está bem esclarecida; sabe-se que era usado material ferruginoso obtido no local, ao qual se misturava alguma resina ou meio gorduroso que facilitaria a penetração do pigmento na pedra (São Raimundo Nonato, PI, 2018).

A diversificação fenotípica do *Homo sapiens*

A maior diferença fenotípica visível entre povoamentos humanos pelo mundo é a cor da pele. Recentemente descobriu-se que há uma relação direta entre a incidência de radiação ultravioleta (UV) e a disponibilidade de ácido fólico no organismo. Essa substância é importante para o desenvolvimento embrionário, e o UV pode destruí-la. Na falta de ácido fólico (ou vitamina B9) pode haver a má-formação do sistema nervoso central no feto, acarretando anencefalia. Dessa forma, nas regiões de radiação mais intensa, a pele com mais melanina seria uma vantagem adaptativa, pois esse pigmento filtra o UV. Em contraposição, onde há menos UV, como foi o caso das florestas temperadas da Europa, surge outro problema. Essa radiação é importante para a síntese de vitamina D, e uma pele supermelanizada acarretaria o raquitismo e até a morte. Supõe-se que essa teria sido a pressão seletiva que favoreceu a pele mais clara em regiões com menor radiação. De fato, entre as populações nativas atuais, a pele clareia em direção aos polos. Estima-se que, ao longo da expansão para a Europa, o clareamento da pele tenha ocorrido durante 20 mil anos.

Outro aspecto fenotípico diz respeito às populações de origem siberiana. A passagem pelos ambientes muito frios da Sibéria pode estar relacionada com as pálpebras mais espessas, os olhos amendoados e o nariz mais largo que vemos nos mongóis, esquimós e indígenas norte e sul-americanos atuais, mas isso é bastante discutido.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Indique a alternativa que apresenta uma afirmação correta.
   a) Cenas de filmes apresentam humanos e dinossauros vivendo juntos com base nos registros fósseis disponíveis.
   b) O surgimento dos hominínios ocorreu logo após a extinção dos dinossauros, há cerca de 7 milhões de anos.
   c) O fóssil mais antigo da nossa linhagem é o *Australopithecus afarensis* (“Lucy”), datado de pouco mais de 3 milhões de anos.
   d) O primeiro fóssil de Hominini após a separação do ramo que originou os chimpanzés é o *Sahelanthropus tchadensis*, que viveu há cerca de 7 milhões de anos na África.
   e) Os australopitecíneos já se mostravam integralmente bípedes, vivendo exclusivamente sobre o solo.

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

2. Há cerca de 35 mil anos, os Cro-Magnon tinham se estabelecido na Europa e estavam convivendo com os neandertais. Sabemos que eles se originaram de um grupo que se expandiu desde as regiões costeiras adjacentes ao golfo Pérsico, atravessando o Crescente Fértil e rumando para o noroeste até a Europa.

a) O que é o Crescente Fértil? Qual foi a grande mudança que mais tarde ocorreu ali quanto ao modo de vida dos humanos?

b) Qual foi a condição climática que permitiu essa expansão, antes inviável para o *Homo sapiens*?

3. Uma das mais acentuadas diferenças fenotípicas entre europeus, orientais, indianos e africanos, por exemplo, é a cor da pele. Quanto a isso, responda:

a) Qual pressão seletiva favoreceu o clareamento da pele?

b) Qual pressão seletiva favoreceu o escurecimento da pele?

4. Indique a alternativa que apresenta tendências de variação corretas que se observam nas espécies da linhagem humana, partindo das mais antigas para as mais recentes.

a) Redução do volume craniano, encurtamento relativo dos membros anteriores, clareamento da pele, redução da estatura.

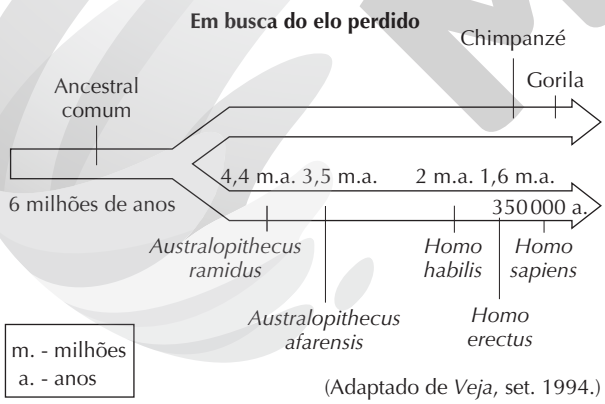
b) Aumento do volume craniano, encurtamento dos membros anteriores, locomoção com base apenas nos membros posteriores, aprimoramento do uso de ferramentas.

c) Aumento do volume cerebral, alongamento dos membros superiores, mudança da forma da mandíbula, achatamento da face.

d) Redução do volume craniano, redução da estatura, aumento do volume corporal, aprimoramento do uso de ferramentas.

e) Encurtamento dos membros anteriores, surgimento do comportamento social, aumento do volume corporal, redução da estatura.

5. (PUC-RJ)



(Adaptado de *Veja*, set. 1994.)

Percebemos, pela análise do esquema acima, que não somos, como muitos pensam, descendentes dos macacos atuais. Na verdade, tanto o homem como os atuais antropoides descendem de um ancestral comum. A partir daí, ambos evoluíram separadamente, acumulando, ao longo dos milhões de anos, diversas modificações. As alternativas abaixo representam fatores que influíram decisivamente na evolução do *Homo sapiens*, com exceção da seguinte:

a) postura ereta ou bípede.

b) desenvolvimento cerebral.

c) manipulação precisa de objetos.

d) desenvolvimento da linguagem.

e) capacidade física predatória.

6. (Unesp-SP) Há cerca de 40.000 anos, duas espécies do gênero *Homo* conviveram na área que hoje corresponde à Europa: *H. sapiens* e *H. neanderthalensis*. Há cerca de 30.000 anos, os neandertais se extinguiram, e tornamo-nos a única espécie do gênero.

No início de 2010, pesquisadores alemães anunciaram que, a partir de DNA extraído de ossos fossilizados, foi possível sequenciar cerca de 60% do genoma do neandertal. Ao comparar essas sequências com as sequências de populações modernas do *H. sapiens*, os pesquisadores concluíram que de 1 a 4% do genoma dos europeus e asiáticos é constituído por DNA de neandertais. Contudo, no genoma de populações africanas não há traços de DNA neandertal.

Isto significa que:

a) Os *H. sapiens*, que teriam migrado da Europa e Ásia para a África, lá chegando entrecruzaram com os *H. neanderthalensis*.

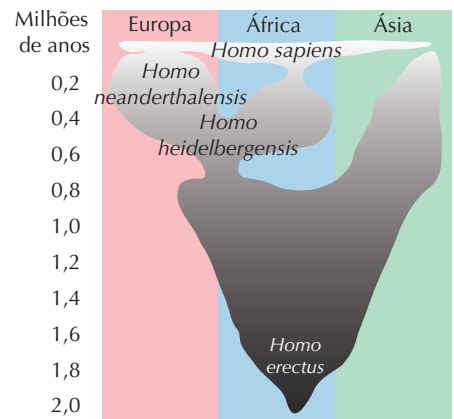
b) Os *H. sapiens*, que teriam migrado da África para a Europa, lá chegando entrecruzaram com os *H. neanderthalensis*.

c) O *H. sapiens* e o *H. neanderthalensis* não têm um ancestral em comum.

d) A origem do *H. sapiens* foi na Europa, e não na África, como se pensava.

7. Observe a figura a seguir que representa uma das hipóteses de distribuição geográfica e temporal de algumas espécies do gênero *Homo*.

Distribuição geográfica e temporal do gênero *Homo*



Fontes: Adaptado de: HARVARTI, K. 100 anos de *Homo heidelbergensis*: vida e tempos de um taxon controverso. *Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte*, 16, 2007; HUBLIN, J. J. A origem dos neandertais. *Anais da Academia Nacional de Ciências*, Estados Unidos, 2009.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODELO

Agora, leia o texto:

O convívio entre os *Homo sapiens* e os neandertais, hominídios extintos bastante aparentados com o homem moderno, é um dos temas mais polêmicos da evolução humana. Um estudo de dois matemáticos, o brasileiro Armando G.M. Neves, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), e o italiano Maurizio Serva, da Universidade de Aquila, calculou com que frequência as duas espécies trocaram genes [...] para que os humanos atuais de origem não africana tenham entre 1% e 4% de DNA nuclear proveniente dos neandertais, conforme revelado por um estudo recente. Segundo o trabalho, na melhor das hipóteses a cada 12 gerações um humano e um neandertal geraram descendentes. Na pior, essa taxa sobe para uma troca de genes a cada 77 gerações [...]. Considerando um período de 130 mil anos de coexistência, cerca de 10 mil indivíduos das duas espécies mantiveram contato, embora um número muito menor tenha participado efetivamente do processo de troca genética. O estudo propõe ainda que os neandertais poderiam ser tão aptos quanto os humanos e que sua extinção, cerca de 30 mil anos atrás, pode ter sido um evento puramente casual.

Fonte: Sexo com os neandertais. *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, n. 202, p. 16, dez. 2012. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/folheie-a-edicao-202/>. Acesso em: 26 maio 2020.

Com base no que estudou ao longo do capítulo e no que é mostrado na figura e no texto, responda:

a) Por que os genes dos neandertais não são encontrados entre os africanos em geral?

b) De acordo com uma das hipóteses da evolução humana, os *Homo sapiens* orientais chineses poderiam ter surgido a partir do *Homo erectus*, espécie à qual pertence o Homem de Pequim, encontrado na década de 1920 em uma localidade próximo a Pequim, capital da China. Que informação extraída da figura permite contestar essa interpretação?

8. Ao longo de sua evolução, os australopitecíneos e os humanos foram se diversificando, aparentemente como resposta a pressões seletivas impostas pelos diferentes ambientes que foram sendo colonizados.

Observe atentamente as imagens A, B e C e responda às questões.



TOM MCHUGH/SCIENCE SOURCE/FOTOARENA

Reconstrução artística do homem de Neanderthal.



CRAZYTANG/E+/GETTY IMAGES

Crânio de *Australopithecus afarensis*.



LAST REFUGE/ ALAMY/ FOTOARENA

Crânio de gorila-das-montanhas.

a) Quais características anatômicas ou capacidades, observáveis na reconstrução do homem de Neanderthal vista na foto A, estão relacionadas com a vida em ambientes muito frios durante as glaciações?

b) Comparando-se os crânios do *Australopithecus afarensis* (australopitecíneo) e do gorila-das-montanhas (fotos B e C, respectivamente), nota-se que são bastante semelhantes. Mas uma observação mais atenta revela duas diferenças muito importantes para a distinção entre os grandes macacos africanos e os humanoides bípedes. Quais são essas diferenças?

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

MODERNA

Ao final desta atividade, espera-se que os estudantes tenham compreendido que, em condições de recursos limitados, a superpopulação pode ser um problema. Nesse sentido, além da alteração da produção primária, a restrição na disponibilidade de recursos pode reduzir o sucesso da germinação e também a sobrevivência das plântulas, além da produção de sementes.

TEMA 2

Populações e comunidades

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 5; 6; 7; 10

Habilidades: EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT206; EM13CNT304; EM13CNT306; EM13CNT309; EM13CHS206

Neste Tema, vamos estudar o crescimento populacional e a organização das comunidades biológicas, enfatizando como o nosso próprio aumento populacional acarretou maior interferência no ambiente físico e nas comunidades que nos cercam.

Prática investigativa

Superpopulação é um problema?

Antes de iniciar a atividade, reúna-se em grupo, leia todo o procedimento e consulte o infográfico Segurança no laboratório, no início deste Volume.

Cuidados

Segurança

- Utilizar avental durante toda a atividade. A manipulação do solo deve ser feita com luvas de proteção.

Descarte

- O solo usado na atividade poderá ser reaproveitado em outros vasos e canteiros. Os vasos poderão ser reutilizados para o plantio de novas espécies, como hortelã, manjericão, arruda, entre outras.

Os seres vivos desenvolvem-se à custa de recursos que retiram do meio (alimento, água, nutrientes minerais etc.) e esses recursos podem ser finitos.

Plantas, como o feijão, são seres autotróficos fotossintetizantes que retiram água e nutrientes do solo e CO_2 do ar, além de utilizar energia luminosa. Esses elementos são recursos essenciais para as plantas e, uma vez utilizados por um organismo, deixam de estar disponíveis para os demais. A escassez de recursos, mesmo que seja de apenas um dos recursos essenciais, pode ser fator limitante no desenvolvimento dos indivíduos.

Nesse contexto, esta atividade pretende explorar, por meio da avaliação da massa de pés de feijão cultivados em distintas condições de semeadura, a questão das superpopulações em condições de recursos limitados.

Objetivo

- Comparar as massas de pés de feijão em diferentes condições de semeadura e relacioná-las com a questão das superpopulações.

Material

- 5 vasos com aproximadamente 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro, perfurados no fundo
- Solo suficiente para encher os 5 vasos
- 135 sementes de feijão comum
- Recipiente para medir um volume de 20 mL de água
- Peneira
- 5 sacos plásticos de 10 L a 20 L
- Fita adesiva
- Barbante ou elástico para fechar os sacos plásticos
- Caneta
- Balança
- Tesoura
- Caderno para anotações

Os estudantes podem substituir os vasos por materiais alternativos como garrafas PET de 3 L cortadas ao meio.

Prepare-se!

1. Pesquisem sobre crescimento populacional e a oferta de recursos naturais. Com base nessas informações, levantem questionamentos sobre a quantidade de recursos disponíveis para a população humana e o modo como esses recursos seriam afetados com uma superpopulação.
2. Que diferença na massa dos pés de feijão vocês esperam observar 20 dias após a semeadura em vasos onde foram inicialmente plantadas 5, 10, 20, 40 e 60 sementes?

Continua

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

Procedimento

- Preparem e tratem os vasos de forma idêntica ao longo de 20 dias. Com a fita adesiva, identifiquem os vasos, numerando-os de 1 a 5. Misturem e peneirem o solo para desfazer os torrões. Todos os vasos devem receber a mesma quantidade de solo e este deve ser compactado da mesma maneira. Plantem as sementes a 2 cm de profundidade, de acordo com a imagem a seguir.



Representação esquemática da montagem experimental. Notem a quantidade e a distribuição das sementes nos vasos para cada um dos tratamentos.

- Mantenham os vasos em ambiente externo, em iguais condições de iluminação.
- Reguem os vasos com 20 mL de água a cada dois dias. Se necessário, e dependendo da região do Brasil, coloquem água nos vasos com mais frequência. É importante que não ocorra escassez de água em nenhum vaso. Entretanto, o solo não pode ficar encharcado.
- Quando a germinação tiver terminado, contem quantas plantas há em cada vaso e anotem.
- Ao final de 20 dias, vocês devem extrair de cada vaso todos os pés de feijão que tiverem sobrevivido, contando-os e removendo o solo que possa estar preso entre suas raízes.
- Acondicionem as plantas nos sacos plásticos, um para cada vaso. Em seguida, os sacos plásticos devem ser muito bem fechados e etiquetados.
- Cada saco plástico deverá ser pesado. Anotem os valores em uma tabela.
- Feita essa pesagem inicial, vocês devem cortar os sacos plásticos lateralmente, dispensar o conteúdo e pesar somente as embalagens, com as respectivas etiquetas e elásticos (ou barbantes) utilizados para sua vedação. É importante que essa pesagem seja feita imediatamente após a abertura dos sacos plásticos, para evitar a secagem do conteúdo e, consequente, perda de peso úmido.
- A biomassa total das plantas será dada em gramas subtraindo-se, dos pesos totais iniciais, os dos correspondentes sacos plásticos. Para aferir a biomassa úmida média por indivíduo, dividam a biomassa total pelo número de indivíduos.
- Organizem os dados coletados em uma tabela. Depois, produzam um gráfico com os valores obtidos.

Discuta com seus colegas

1. Que diferenças de biomassa foram encontradas nos vasos com distintas semeaduras?
2. Que recursos possivelmente foram limitantes para os resultados obtidos?
3. Em condições de recursos limitados, a superpopulação pode ser um problema? Explique.
4. Estabeleça um paralelo entre a atividade realizada e o aumento da população humana mundial.

Conceitos de população e comunidade

Como já é sabido, a **biosfera** é complexa, com enorme variação nas condições climáticas e geológicas, incluindo o relevo e o solo. Tal heterogeneidade ambiental permite a manutenção de grande quantidade de espécies, cada uma adaptada ao seu hábitat específico, ou seja, a uma gama de condições que são compatíveis com sua sobrevivência. Em um ambiente, as espécies mais bem-sucedidas são aquelas cujos indivíduos tiveram maior sucesso na obtenção dos recursos de que necessitam (água, alimentos, abrigo etc.) e puderam transmitir seus genes para um maior número de descendentes. Isso quer dizer que em cada ambiente há inúmeras espécies adaptadas a ele, entre as quais algumas muito bem-sucedidas (que frequentemente se tornam numericamente dominantes) e outras nem tanto.

Em um ecossistema, em um determinado espaço e tempo, cada espécie aparece representada por um conjunto de indivíduos. Esse conjunto de indivíduos coespecíficos (da mesma espécie) é chamado de **população**. Como são diversas espécies compartilhando o espaço do ecossistema, na prática os ecossistemas apresentam como componente biológico conjuntos de populações, ou seja, **comunidades**.

Os ambientes, todavia, não são constantes ao longo do tempo – há variações em diversas escalas. Com isso, uma espécie muito bem-sucedida em certo momento pode não ser tão bem-sucedida em outro. O resultado é que as populações e, portanto, as comunidades, são dinâmicas ao longo do tempo, variando continuamente suas características em maior ou menor grau. Alterações ambientais que ultrapassem a faixa de tolerância de uma ou mais espécies podem levá-las à extinção local ou, pior que isso, à extinção global, definitiva.

Em um ambiente razoavelmente estável, as populações e, consequentemente, as comunidades mantêm suas características também estáveis. Nesse caso, ocorre o **equilíbrio ecológico**.

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

MODERNA

Propriedades de uma população

A seguir, serão discutidas algumas das características ou propriedades das populações, que podem ser analisadas para revelar sua condição atual e sua dinâmica, bem como alguns fatores que as afetam, podendo produzir desequilíbrios. Ao mesmo tempo, mostraremos como essas propriedades podem ser medidas ou descritas.

Tamanho populacional

Uma propriedade bastante óbvia de uma população é o seu **tamanho**. Na maioria das vezes, tratamos de espécies com indivíduos distintos e, nesse caso, seu tamanho populacional é dado pelo número de indivíduos. Em outros casos, como espécies coloniais em que os indivíduos não são bem distintos uns dos outros, o tamanho populacional pode ser descrito em termos da biomassa (peso da matéria orgânica viva), por exemplo. Aliás, a **biomassa** pode ser aplicada a todas as espécies da comunidade, indistintamente, mas, nesse caso, há um problema metodológico: os organismos precisam ser retirados e pesados e nem sempre isso pode ser feito sem prejudicá-los.

Há, ainda, outro problema prático com o qual nos deparamos quando pretendemos avaliar o tamanho de uma população. Imaginemos os indivíduos dispersos do mesmo modo em duas áreas de vida, por exemplo, em duas fazendas (ou dois municípios, duas lagoas etc.). Será que os números totais de indivíduos são comparáveis nessas duas áreas? Ainda que apresentem o mesmo número de indivíduos, isso quer dizer que as populações são iguais? Essa condição está representada nas imagens a seguir. Tanto em **A** quanto em **B** (**Fig. 2.1**) há 20 indivíduos de uma mesma espécie, mas o tamanho da área em que eles estão varia: **A** tem 100 m^2 e **B**, 400 m^2. Ao observar as imagens, é fácil notar que as duas situações não são iguais, pois em **B** cada indivíduo dispõe de quatro vezes mais capim que em **A**, e isso faz uma enorme diferença. Assim, apenas o número total de indivíduos não é um descritor ideal. Como alternativa, pode ser calculada a **densidade populacional**, ou seja, o número de indivíduos por área em m^2.

A densidade populacional é dada por:

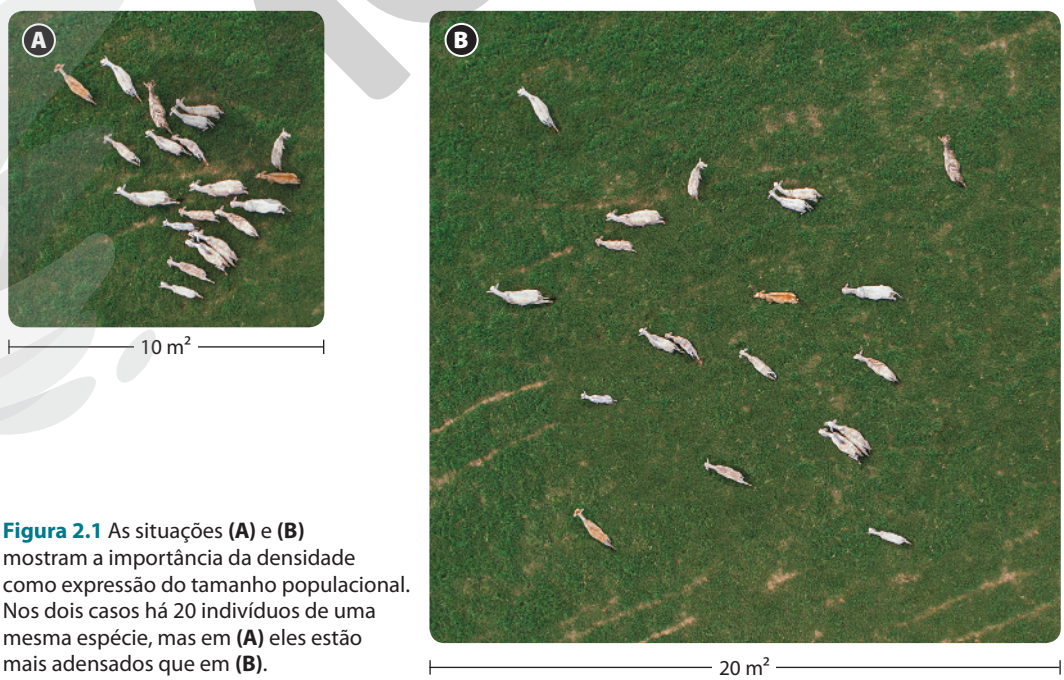
$$\text{Densidade (D)} = \frac{\text{Número de indivíduos da população (N)}}{\text{Área ocupada (A)}},$$

ou seja, $D = \frac{N}{A}$

Dinâmica populacional: conceitos e taxas

A **dinâmica populacional** descreve como o tamanho populacional varia ao longo do tempo em uma determinada área. Uma população pode crescer, declinar ou manter seu tamanho com variações dentro de uma faixa mais ou menos constante, dependendo de alguns processos fundamentais. A reprodução origina novos indivíduos (natalidade), e a imigração os traz de outros lugares; ambos os processos contribuem para o crescimento populacional. Entretanto, a mortalidade e a emigração contribuem para o declínio populacional. O ritmo com que esses processos ocorrem ao longo do tempo é representado por taxas: **taxa de natalidade** (TN), **taxa de imigração** (TI), **taxa de mortalidade** (TM) e **taxa de emigração** (TE). A resultante da combinação dessas taxas é a **taxa de crescimento populacional** (TC), positiva (população aumentando), negativa (população declinando) ou nula (população estável).

Todas essas taxas são números referentes a determinado período, por exemplo, número de indivíduos nascidos ou mortos por ano, emigrados por ano ou imigrados por ano – nenhum deles expressa algo significativo isoladamente.



FOTOS: ERNESTO REGHRAN/PULSAR IMAGENS

Figura 2.1 As situações **(A)** e **(B)** mostram a importância da densidade como expressão do tamanho populacional. Nos dois casos há 20 indivíduos de uma mesma espécie, mas em **(A)** eles estão mais adensados que em **(B)**.

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

MODERNA

Ao abordar os conceitos de potencial biótico e resistência ambiental, retome com os estudantes o experimento da Prática investigativa deste Tema e explore os dados coletados e as análises realizadas à luz desses conceitos, dando significado ao processo de ensino-aprendizagem.

Em uma fazenda de gado, sempre há certa quantidade de bois que nascem, que morrem, que são comprados de fora (imigração) ou que são vendidos (emigração) a cada ano.

A taxa de crescimento populacional, então, é dada por:

$$\text{Taxa de crescimento } (TC) = (TN + TI) - (TM + TE)$$

No exemplo da fazenda, o resultado é a taxa anual de crescimento populacional.

Para uma determinada área, tanto o tamanho populacional quanto a taxa de crescimento populacional podem ser apresentados em gráficos, em função do tempo. Em estudos de dinâmica populacional, analisam-se as curvas de crescimento populacional, ou seja, curvas do tamanho populacional em função do tempo. A forma dessas curvas nos diz muito sobre as espécies e sua dinâmica.

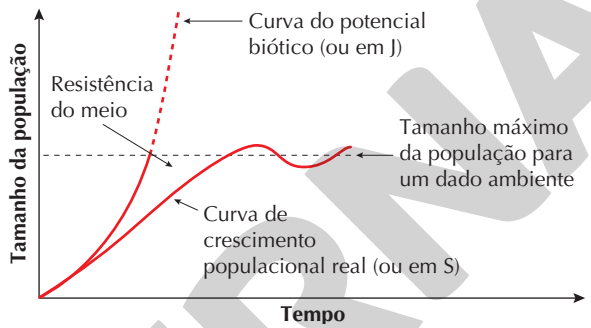
Potencial biótico e resistência ambiental

Consideremos duas populações da mesma espécie sujeitas a dois cenários diferentes sem movimentos migratórios. Em um deles, hipoteticamente, os recursos são ilimitados – nunca falta água, alimento ou abrigo para nenhum indivíduo; não há competição por esses recursos e, então, a mortalidade é mínima. Nesse cenário, o crescimento populacional não tem restrição, efetivando-se o pleno potencial reprodutivo da espécie – o chamado **potencial biótico**. Na natureza, entretanto, a condição de recursos ilimitados dificilmente ocorre. Em geral, há um limite na disponibilidade dos recursos no ambiente. Quanto maior essa limitação, maior o impacto no sucesso reprodutivo e na mortalidade e, portanto, há uma restrição na taxa de crescimento populacional. Podemos dizer que, nesse caso, o ambiente exerce uma resistência ao crescimento populacional, reduzindo-o a um nível abaixo do potencial biótico – é a chamada **resistência do meio** ou **resistência ambiental**, que equivale ao número de indivíduos que morrem ou deixam de ser acrescentados à população em razão da limitação dos recursos, tanto maior quanto mais indivíduos houver.

Esses dois cenários produzem dois tipos de curvas de crescimento populacional (**Fig. 2.2**). O primeiro, sem limitação de recursos, é o crescimento populacional exponencial representado por uma curva em forma de J – nesse caso não há resistência do meio. O segundo, com limitação crescente dos recursos por indivíduo, produz a curva de crescimento populacional em forma de S (sigmoide), e o tamanho da população tende a estabilizar-se em torno de determinado número máximo de indivíduos compatível com a quantidade de recursos disponível para cada um. Esse número máximo de indivíduos que conseguem sobreviver com os recursos disponíveis é chamado de **capacidade de suporte** do meio; se aumentar a quantidade de recursos, a capacidade de suporte obviamente aumenta também e, com isso, a população pode crescer até que se estabilize novamente; se diminuir, a população declina até se estabilizar em um novo tamanho compatível com os recursos remanescentes. Tipicamente, quando ocorre o total esgotamento de um ou mais recursos essenciais, a população se estingue.

Até bem pouco tempo atrás, a espécie humana apresentava crescimento exponencial (em J), levando-nos a antever um colapso da humanidade. Porém, atualmente, é evidente uma redução nessa taxa de crescimento, principalmente em decorrência da queda que tem ocorrido na taxa de fecundidade (número médio de filhos por casal).

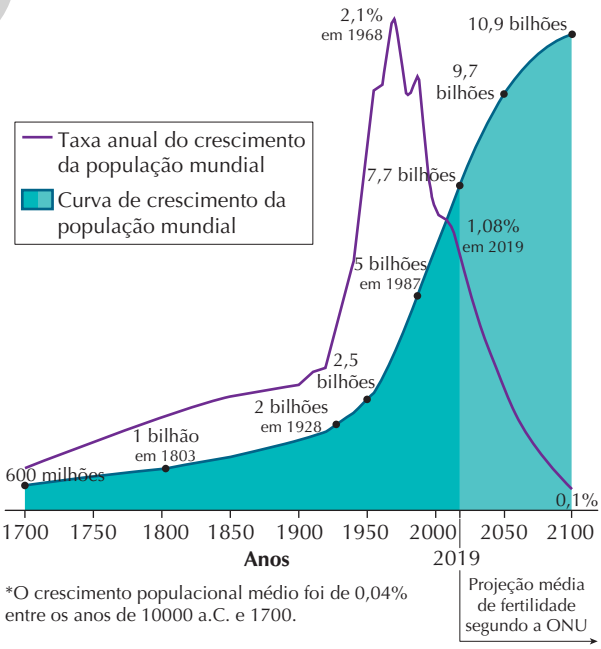
Figura 2.2 Curvas de crescimento populacional com e sem a resistência do meio



Fonte: TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre: Artemed, 2010.

Dados recentes revelaram que a média da fecundidade das mulheres reduziu-se, e a previsão para o futuro é de estabilização da população mundial pouco acima de 11 bilhões de pessoas, em que o pico da taxa de crescimento aconteceu em 1968, seguido de uma acentuada redução até o momento, se estendendo até 2100, como podemos ver na **Figura 2.3**.

Figura 2.3 Crescimento da população mundial entre os anos de 1700 e 2100



*O crescimento populacional médio foi de 0,04% entre os anos de 10000 a.C. e 1700.

Fonte: OUR WORLD IN DATA. *World population growth*, 1700-2100. Disponível em: <https://ourworldindata.org/world-population-growth>. Acesso em: 26 maio 2020.

ILUSTRAÇÕES: ERISCSON GUILHERME LUCIANO

É importante que os estudantes percebam a diferença entre a curva do crescimento populacional e a curva da taxa de crescimento populacional. A taxa é a velocidade com que o tamanho da população varia, ou seja, a inclinação da curva do crescimento. Na figura, eles devem notar que o pico da taxa ocorreu com a inclinação máxima da curva, quando o crescimento foi o mais rápido.

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

EM MODERNA

Fatores que afetam o crescimento populacional

Há dois tipos de fatores que podem afetar o tamanho das populações: fatores independentes da densidade (geralmente abióticos) e fatores dependentes da densidade (geralmente bióticos).

Os fatores independentes da densidade são aqueles cuja intensidade não depende do tamanho atual da população, como a temperatura, a precipitação e eventos catastróficos (terremotos, incêndios etc.). Esses fatores podem alterar o tamanho das populações, mas não o regulam. Nesse caso, regular significa que, quando a densidade é alta, o fator age mais fortemente reduzindo-a com mais intensidade do que faria se a densidade populacional fosse mais baixa.

Os fatores que podem regular as populações, ou seja, mantê-las em equilíbrio com o ambiente, são chamados fatores dependentes da densidade. O suprimento alimentar, o espaço para viver, competidores, predadores e parasitas são exemplos de fatores dependentes da densidade. Note que, quanto maior for a densidade populacional, menos alimento pode ser destinado a cada indivíduo. Ao mesmo tempo, aumenta o assédio dos predadores, a transmissão de parasitas e respectivas doenças e a competição.

A seguir, vamos apresentar algumas modalidades de interações bióticas e como essas interações regulam populações.

A **predação** é um tipo de interação biótica em que um animal predador persegue, captura e mata sua presa para comê-la, inteira ou parcialmente. Assim, o aumento da atividade predatória propicia um declínio populacional entre as presas, pois a mortalidade delas aumenta. Grande disponibilidade de presas atrai os predadores, favorecendo a predação. Quando o número de presas é menor, a população de predadores tende a se reduzir em razão da menor disponibilidade de alimento. Com isso, a predação fica menos intensa e o número de presas tende a aumentar novamente. Um exemplo clássico disso é o das lebres e linces, respectivamente presa e predador (**Fig. 2.4**).



THOMAS KITCHIN & VICTORIA HURST/ ALAMY/ FOTOARENA

Figura 2.4 Lince-do-canadá (*Lynx canadensis*) pouco depois de capturar sua presa, a lebre-do-ártico (*Lepus arcticus*). O lince mede cerca de 80 cm de comprimento (sem a cauda).

O **parasitismo**, por sua vez, é uma interação biótica em que o parasita infesta seu hospedeiro alimentando-se de partes dele sem matá-lo. A intimidade física é muito alta nessa interação, mantendo-se ao longo de certo tempo ou mesmo indefinidamente, e muitos parasitas podem infestar um mesmo hospedeiro. Estudos indicam que os indivíduos de populações muito parasitadas têm menor sucesso reprodutivo e menor sobrevida. Em populações densas da espécie hospedeira, a transmissão dos parasitas de indivíduos infestados para os não infestados é muito facilitada, ao contrário do que se observa quando as populações de potenciais hospedeiros são mais rarefeitas.

Os parasitas, mais que os predadores, são bastante específicos quanto aos seus hospedeiros. A introdução de espécies que parasitam pragas pode ser um eficiente mecanismo biológico de controle populacional das pragas.

A **competição** pode ser intraespecífica ou interespecífica e só ocorre quando os recursos utilizados por ambos os competidores são limitados. Na competição intraespecífica, ou seja, entre indivíduos da mesma espécie, os competidores mais fracos sofrem mais com a interação e são eliminados, estabilizando o tamanho populacional em um nível compatível com a disponibilidade dos recursos (capacidade de suporte do meio). No caso da competição interespecífica, ou seja, entre espécies diferentes, na maioria das vezes ambas as populações envolvidas sofrem, podendo até acontecer de uma das espécies, a competidora mais fraca, ser extinta pela competidora mais forte. Em ambos os casos a intensidade da competição aumenta com as densidades populacionais (fator dependente da densidade).

Há ainda outra modalidade de interação extremamente importante para a manutenção das populações; muito embora não ocorra da mesma forma que a predação, o parasitismo e a competição: trata-se do **mutualismo**, em que as duas espécies envolvidas são beneficiadas. Existem inúmeros exemplos de mutualismo, como plantas e polinizadores, fungos e árvores, protozoários e cupins.

A desestabilização da interação mutualística afeta a dinâmica das duas espécies envolvidas, em um efeito similar à perda de capacidade de suporte do meio.

Há uma modalidade de mutualismo caracterizada pela interação não obrigatória para sobrevivência das duas espécies envolvidas. Nesse caso, o termo usado é **protocooperação**. Um dos exemplos mais clássicos é o do paguro com anêmonas associadas. As anêmonas participam defendendo o paguro, e o paguro facilita a obtenção dos alimentos pelas anêmonas.

Estrutura etária

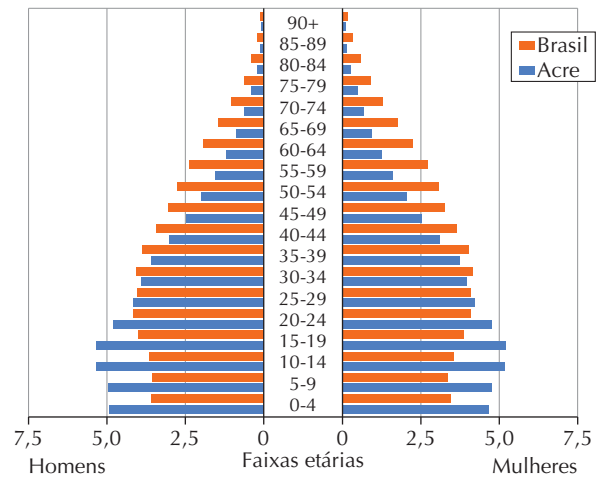
A **estrutura etária** de uma população é a distribuição do número total de indivíduos nas diversas classes etárias, frequentemente considerando machos e fêmeas em separado. As classes etárias são delimitadas arbitrariamente, e para cada uma pode ser atribuído o número absoluto de

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

EXPOSIÇÃO

indivíduos ou a porcentagem em relação ao total. A representação gráfica da estrutura etária de uma população é sua **pirâmide etária**. Na **Figura 2.5**, podemos observar que, no Acre, a proporção da faixa etária compreendida entre 0 e 10 anos de idade é maior que na média do Brasil inteiro. Ao mesmo tempo, a partir de 30-35 anos de idade, o Acre tem proporcionalmente menos indivíduos que o Brasil em geral. A forma das pirâmides pode fornecer muitas informações sobre a população – a base mais estreita, por exemplo, pode sinalizar um declínio populacional no futuro.

Figura 2.5 Pirâmides etárias do Brasil e do estado do Acre (2018)



Fonte: BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *População*. Brasil e Acre. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Acesso em: 26 maio 2020.

Fique por dentro

Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação

No *site* do IBGE, você pode observar o tamanho e a estrutura etária da população atual do Brasil e dos estados, além de verificar outros indicadores populacionais.

Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 26 maio 2020.

Ecologia das comunidades

Anteriormente, estudamos que a dinâmica de uma população pode estar atrelada à dinâmica da outra (como nas interações de predação) – as populações afetam-se mutuamente por estarem relacionadas entre si por meio das interações bióticas. Quando diversas populações são postas juntas e começam a interagir, o resultado é mais do que a soma dos seus indivíduos. Em razão dessas interações, ocorrem variações populacionais, e os tamanhos populacionais se ajustam, pois a quantidade de uma espécie passa a ser afetada pela quantidade da(s) outra(s). Surge então uma nova entidade ecológica, que é a comunidade. É por isso que a introdução de uma nova espécie em uma comunidade em equilíbrio pode afetá-la profundamente: a espécie introduzida tende a estabelecer suas próprias interações bióticas com as espécies locais, alterando a rede original de interações ou até mesmo excluindo espécies nativas.

Há várias características ou propriedades que podem ser medidas e que definem uma comunidade ecológica: as mais intuitivas são a distribuição de abundâncias das espécies, ou seja, dos seus respectivos tamanhos populacionais, e a biodiversidade.

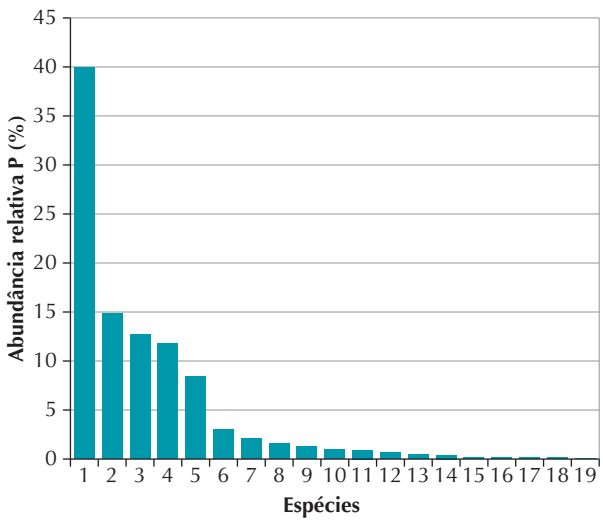
Distribuição de abundâncias

As **distribuições de abundâncias** mais simples que existem são aquelas em que para cada espécie é apresentada sua abundância, a qual pode ser expressa em números absolutos de indivíduos, densidades populacionais ou número relativo de indivíduos (P), sendo que P é dado por:

$$\text{Abundância relativa } (P) = \frac{\text{Número de indivíduos da espécie}}{\text{Número total de indivíduos de todas as espécies}}$$

A distribuição de abundâncias é representada normalmente por um gráfico de barras tendo na abscissa (eixo horizontal) as espécies ordenadas na sequência decrescente de suas abundâncias (absolutas ou relativas); no eixo das ordenadas (eixo vertical) são marcadas as abundâncias das diversas espécies, como representado na **figura 2.6**. Note que há um total de 19 espécies, mas entre elas há diversas

Figura 2.6 Abundância de espécies de organismos associados a um costão rochoso à beira-mar (município de Guarujá, SP)



Fonte: ROSSO, S. *Estrutura de comunidades intermareais de substrato consolidado das proximidades da Baía de Santos (São Paulo, Brasil)*: uma abordagem descritiva enfatizando aspectos metodológicos. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, 1990. 216 p.

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

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

MODERNA

espécies representadas por um número muito reduzido de indivíduos. Há uma espécie que se destaca, que podemos chamar de espécie dominante, mais quatro espécies com abundâncias consideráveis e uma série de espécies com abundâncias reduzidas abaixo de 5%, cujo total não passa de 12% da comunidade. Dependendo do tipo de comunidade, a forma do gráfico se modifica, podendo ficar mais diagonal ou mais angular (com a grande maioria dos indivíduos concentrada na primeira espécie).

Em geral, há espécies muito abundantes com espécies muito raras. Espécies raras não são obrigatoriamente pouco importantes – por exemplo, em uma mata tropical há poucas onças em relação à quantidade das outras espécies; no entanto, esses grandes carnívoros são fundamentais para a manutenção do equilíbrio das populações dessas comunidades.

Biodiversidade

A **biodiversidade** é um conceito que se aplica a três níveis: diversidade genética (dentro das populações e entre populações de cada espécie), diversidade de espécies (nas comunidades) e diversidade de ecossistemas (heterogeneidade de ecossistemas dentro dos biomas e da biosfera como um todo).

A **diversidade genética**, definida para cada espécie, relaciona-se diretamente com a variedade de fenótipos das populações. Essa variabilidade fenotípica é um dos elementos-chave da evolução por seleção natural. Sendo a evolução um processo que mantém a adaptação das espécies em um ambiente em transformação, a conservação da diversidade genética das populações é fundamental. Quando, por algum motivo natural ou antrópico (relacionado com atividades humanas), ocorre um acentuado declínio no tamanho de uma população, há redução da variedade de tipos de indivíduos da espécie (**efeito gargalo**). Entre os fenótipos eliminados pode haver aqueles que seriam bem-sucedidos em condições futuras do ambiente. Se no ambiente transformado a população não incluir fenótipos que possam ser bem-sucedidos, ela tende a extinguir-se. É por isso que devemos considerar a importância de manter preservadas as **populações viáveis**, ou seja, aquelas acima de um tamanho mínimo que incluam um elenco de fenótipos que possam ser selecionados à medida que o ambiente for se transformando.

A **diversidade de espécies** é um atributo das comunidades. Existem muitas formas diferentes de medir a biodiversidade de espécies. A mais óbvia é a simples contagem do número de espécies, ou seja, a determinação da **riqueza específica** ou, simplesmente, riqueza. No exemplo das espécies do costão rochoso no município do Guarujá (SP), citado anteriormente, a riqueza era 19 espécies.

Na prática, considerando que as comunidades normalmente apresentam muitas espécies raras, difíceis de encontrar, a contagem muitas vezes é incompleta – normalmente usam-se estimativas. A riqueza não oferece muitas informações, porque não leva em conta as interações que determinam as abundâncias das espécies: duas comunidades muito diferentes podem ter a mesma riqueza, mas as respectivas composições (espécies que estão presentes) podem ser totalmente distintas. Além disso, a riqueza não descreve a forma da distribuição de abundâncias, ou seja, se há uma ou duas espécies hiperdominantes, sendo todas as demais bastante raras, como acontece em comunidades novas ou estressadas, ou se as espécies ocorrem com proporções mais equitativas, como acontece nas comunidades mais maduras em ambientes pouco estressantes. A melhor medida é a **diversidade**, em sentido mais estrito, que leva em consideração tanto a riqueza quanto as abundâncias relativas das espécies.

A **diversidade de ecossistemas**, finalmente, corresponde à variedade de ecossistemas dentro de uma área ou de um bioma ou da biosfera como um todo. Esse tema é tratado no estudo dos biomas.

Dinâmica de comunidades: sucessão ecológica

Assim como as populações que as compõem, as comunidades não são estáticas. Sua estrutura varia ao longo do tempo, seja em ambientes novos (como ilhas recém-formadas geologicamente ou derrames de lava), seja após perturbações ambientais. Neste último caso, as alterações são mais radicais e frequentes em ambientes com perturbações acentuadas e pouco previsíveis, e mais sutis em ambientes mais estáveis. Também é comum ocorrer flutuações sazonais nas características de comunidades em razão das alterações periódicas do clima. A **dinâmica de comunidades** é o estudo dessas variações temporais.

O ambiente afeta as espécies, e as espécies reciprocamente afetam o ambiente. Chamamos de **sucessão ecológica** a alteração da comunidade durante a colonização ou recolonização de um ambiente ao longo do tempo. A sucessão em ambientes novos é chamada **sucessão primária**; a sucessão em ambientes previamente colonizados, mas que sofreram perturbações, é a **sucessão secundária**. A recomposição da vegetação após um desmatamento é um bom exemplo de sucessão secundária.

Na natureza, os diferentes estágios de maturação da comunidade são denominados **estágios serais** ou **seres**; a comunidade estável final é chamada **comunidade clímax**. A **Tabela 2.1** mostra algumas tendências que se observam ao longo da sucessão até chegar ao clímax.

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

COPIA

Tabela 2.1 Síntese das principiais características das comunidades que se instalam ao longo da sucessão ecológica

Características da comunidade	Tendências na sucessão desde o estágio inicial até o clímax
Composição em espécies	Muda rapidamente no início e mais lentamente nos estágios intermediários, e mantém-se aproximadamente constante no clímax. As espécies importantes nos estágios iniciais podem não ser importantes na comunidade clímax e até mesmo não fazer parte dela.
Diversidade de espécies	A diversidade inicial é baixa, e há predomínio de autótrofos. Ao longo da sucessão ocorre um aumento na diversidade e no número de heterótrofos. No clímax a diversidade é estável. Às vezes, a diversidade aumenta ao longo da sucessão e declina um pouco no clímax.
Biomassa	Aumenta.
Teia alimentar	Torna-se mais complexa.

Fonte: tabela elaborada pelos autores para fins didáticos.

Interferência humana nas mudanças do planeta

O **tempo geológico** é basicamente subdividido em éons, eras, períodos e épocas, geralmente delimitados por eventos globais extremos, como grandes impactos de asteroides ou meteoros produzindo alterações climáticas globais, vulcanismo extremo e glaciações. Esses limites cronológicos podem ser reconhecidos na própria estrutura geológica do planeta; a área da Ciência que estuda a estrutura das rochas sedimentares – formadas pela consolidação de camadas superpostas de sedimentos (**Fig. 2.7**) e restos de seres vivos depositados ao longo do tempo – é a **Estratigrafia**. A observação e a datação dessas camadas permitem reconstruir, grosso modo, a história da Terra, pois os limites entre as camadas são também limites temporais. O estabelecimento oficial desses limites com base nos estudos geológicos é realizado pela Comissão Internacional de Estratigrafia (International Comission of Stratigraphy, ICS), que faz parte da União Internacional de Ciências Geológicas (International Union of Geological Sciences, IUGS).

Atualmente, estamos na época Holocênica, ou no Holoceno, iniciada há 11.700 anos e caracterizada pela expansão da civilização humana. Desde então vêm aumentando cada vez mais os impactos humanos sobre o ambiente, até o ponto em que já conseguimos afetar processos e padrões geológicos, hidrológicos e atmosféricos globais.

O que é o Antropoceno?

Antropoceno é o termo usado por cientistas, ainda não oficialmente, para identificar uma nova época geológica do período Quaternário caracterizada pelo crescente impacto das atividades humanas sobre o planeta, em escala global.

Nos últimos 200 mil anos, o *Homo sapiens* passou por uma revolução cultural e tecnológica relacionada com a obtenção dos mais variados recursos ou facilidades para um número cada vez maior de pessoas. A intensidade do impacto humano sobre o ambiente segue o padrão de crescimento da população. A partir de certo ponto, os seres humanos passaram a interferir na crosta terrestre (parte superficial da litosfera), na hidrosfera e na atmosfera, modificando o ritmo de desgaste de rochas e acúmulo de sedimentos desde a superfície dos continentes até o fundo dos oceanos. Grandes rochas são removidas, rios são retificados, represas são construídas, novas substâncias e resíduos são adicionados ao ambiente, como poluentes químicos e plásticos, além de outros, mais duráveis, como concreto, cerâmica e vidro.



ROGERIO REIS/PULSAR IMAGENS

Figura 2.7 As rochas sedimentares são usadas para investigar o passado do planeta Terra. Rocha sedimentar com as camadas aparentes em Santana de Cariri, CE, 2015.

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

MODERNA

Quando se iniciou o Antropoceno?

Há uma enorme discussão sobre o que marcaria historicamente e geologicamente o início do Antropoceno. Há quem defenda o advento da agricultura como marco inicial dessa época. De fato, as técnicas agrícolas são até hoje fatores de acentuada alteração ambiental, mas discute-se a intensidade dessas alterações, ocorrida há 12 mil anos. Ademais, segundo essa ideia, o Antropoceno se superporia ao Holoceno.

Outro grupo de cientistas prefere estabelecer como marco a Revolução Industrial do início do século XVIII, mais precisamente a invenção da máquina a vapor, que representou uma nova maneira de transformar a energia para obter trabalho. A máquina a vapor demandava o uso intensivo de combustíveis de origem natural (carvão mineral, por exemplo). Foi nessa época que se deu a maior mudança da curva de crescimento populacional humano e na demanda geral de recursos.

Há, contudo, um ponto discutível: as alterações provocadas pela Revolução Industrial ficaram por quase 100 anos restritas à Europa e à América do Norte, estendendo-se depois a China, Índia e outros países. Essa restrição compromete a definição de uma única data, resgatável globalmente, como marco inicial do Antropoceno.

Finalmente, há um grupo de cientistas que propõe o ano de 1950, logo após a Segunda Guerra Mundial, como início para o Antropoceno. Esse ano marca o começo da chamada **grande aceleração**, caracterizada por uma mudança nítida nas curvas dos indicadores antrópicos em função do tempo.

Alguns pesquisadores propõem um indicador único para validar o Antropoceno como uma nova categoria estratigráfica: a presença de microplásticos incorporados a camadas de sedimentos, podendo alterar a estrutura das rochas a serem formadas pela consolidação desses sedimentos.

Estudos indicam que as camadas de gelo e sedimento depositadas recentemente contêm fragmentos de materiais artificiais produzidos em abundância nos últimos 50 anos: concreto, alumínio puro e plástico, além de traços de pesticidas e outros compostos químicos sintéticos. Mesmo em lugares remotos do planeta, como a Groenlândia, os sedimentos acumulados de 1950 até os dias atuais apresentam concentrações de carbono, resultado da queima de combustíveis fósseis, e de fósforo e nitrogênio, usados como fertilizantes na agricultura, muito mais elevadas que nos últimos 11.700 anos, de modo geral. Há pelo menos um exemplo de plásticos incorporados a rochas ou plastiglomerado (**Fig. 2.8**).



AAIKEVANOORD/(CC BY-SA 4.0)/ WIKIMEDIA FOUNDATION, INC.

Figura 2.8 Amostra de plastiglomerado em rocha formada por sedimentos de origem mineral e material plástico, encontrada na praia de Kamilo, no Havaí, em 2016.

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

Atividades

Registre em seu caderno

1. Analise as alternativas a seguir e encontre a que **não** descreve corretamente uma tendência das sucessões ecológicas.

a) A biomassa aumenta no decorrer das sucessões ecológicas.

b) Nem sempre os organismos pioneiros permanecem até o clímax das sucessões ecológicas.

c) No início das sucessões ecológicas, há predomínio de organismos autótrofos.

d) No início, há pouca alteração na composição de espécies, mas as mudanças aumentam abruptamente nos estágios intermediários. Esse processo atinge seu limite no clímax, quando o ciclo é reiniciado.

e) Ao longo do tempo, a teia alimentar das sucessões ecológicas torna-se mais complexa.

2. Indique a alternativa que apresenta uma afirmação incorreta.

a) O Antropoceno pode ser considerado como a "época dos humanos".

b) A proposição do Antropoceno como uma nova época geológica depende da definição exata de um ponto estratigráfico nas rochas sedimentares em todo o mundo.

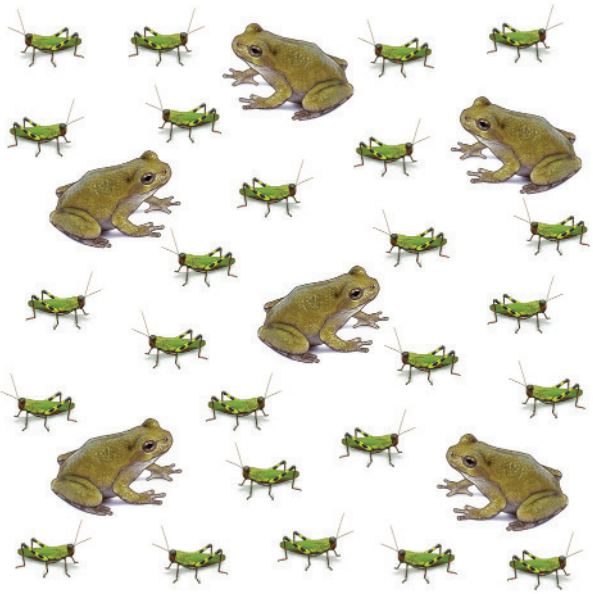
c) Um grupo de cientistas considera o ano de 1950 como a melhor marca de início do proposto Antropoceno.

d) A "grande aceleração" diz respeito apenas ao crescimento populacional humano.

e) Considerando que as atividades agrícolas impõem alterações no solo, há autores que propõem que o Antropoceno tenha se iniciado logo após a última glaciação, há 12 mil anos, aproximadamente, mas essa proposta não é a mais aceita.

3. A figura a seguir representa uma área de 60 m², na qual vamos considerar duas populações: gafanhotos e sapos. O estudo do tamanho das populações ao longo do tempo (dinâmica populacional) é essencialmente uma aplicação da Matemática: taxas e funções estão entre os conceitos usados.

LUCA NAVARRO



Representação esquemática de uma população de sapos e uma de gafanhotos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

a) Qual é o tamanho de cada população? E a densidade populacional de cada espécie?

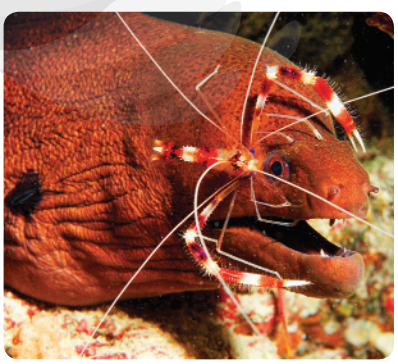
b) Suponha que não ocorram imigração, emigração e nascimentos, mas apenas mortes por predação. Se cada sapo comer um gafanhoto a cada 5 dias, qual será a densidade populacional de gafanhotos no final de 10 dias? E a taxa de mortalidade (em indivíduos por dia)? Quanto tempo levaria para a população de gafanhotos se extinguir?

4. Assim como as populações, as comunidades também apresentam propriedades que só se definem em seu nível de organização. Em relação a essas propriedades ou atributos, responda ao que se pede.

- A riqueza e a diversidade expressam a variedade de espécies da comunidade. Qual é a diferença entre essas duas medidas?

5. Observe a imagem e leia o texto que se segue.

REINHARD DIRSCHERL/ ULLSTEIN BILD/ULLSTEIN BILD/GETTY IMAGES



Moreia da espécie *Gymnothorax flavimarginatus* com um camarão limpador da espécie *Stenopus hispidus* associado a ela. Essa moreia pode medir até 2,4 m de comprimento.

Existe uma grande variedade de espécies de crustáceos que apresentam um comportamento peculiar. Eles andam sobre a superfície do corpo e até mesmo dentro da boca de peixes (inclusive predadores) alimentando-se de parasitas e restos de alimentos. Os peixes até poderiam comê-los, bastando fechar a boca, mas não o fazem.

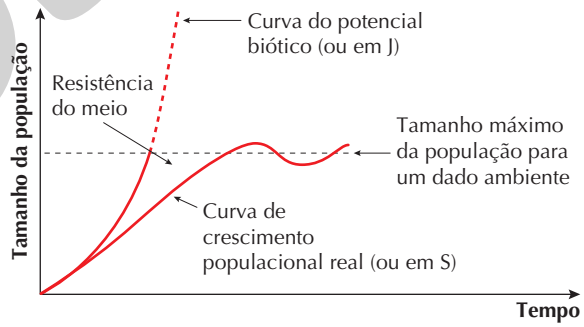
Já foram feitos estudos que demonstraram experimentalmente a menor incidência de doenças e maior longevidade de peixes que estiveram envolvidos em relações desse tipo, em comparação com peixes da mesma espécie que não estiveram.

a) Em que modalidade de interação biótica você enquadraria essa relação? Justifique.

b) Que outra interação biótica também traz vantagens mútuas para as espécies envolvidas? Como se distingue da interação mencionada no item a?

6. As curvas de crescimento ilustram as mudanças no tamanho da população ao longo do tempo. Com disponibilidade de recursos e condições ambientais favoráveis, as populações de seres vivos tendem a crescer. Mas esse crescimento encontra obstáculos, seja pela própria falta de recursos, seja em decorrência de interações intra e interespecíficas. O crescimento hipotético das populações, na ausência de qualquer forma de resistência do meio, é chamado potencial biótico.

Curvas de crescimento populacional com e sem a resistência do meio



ERICSON GUILHERME LUCIANO

Analisando essas informações e o gráfico acima, é possível concluir que:

a) a oscilação observada após a população ter alcançado a capacidade de suporte do meio deve ser ocasionada pela sazonalidade reprodutiva da espécie, que influencia os fatores ambientais de modo que se tornem ora favoráveis, ora desfavoráveis ao crescimento populacional.

b) a resistência do meio é dependente da densidade e aumenta com o tamanho da população, o que possibilita atingir um equilíbrio dinâmico com oscilações em torno da capacidade de suporte do meio.

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

MODERNA

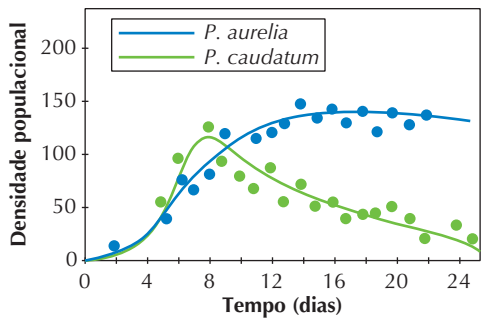
c) a curva do potencial biótico, embora corresponda a um modelo teórico, pode ser alcançada em situações favoráveis, algo que provavelmente acontecia com as espécies presentes no planeta antes do surgimento do ser humano.

d) a resistência do meio constitui-se, essencialmente, de fatores ambientais que variam naturalmente; a intervenção humana não é considerada um desses fatores.

e) populações que se multiplicam em altas taxas, como as bactérias, são menos vulneráveis à resistência do meio e, portanto, aproximam-se do crescimento previsto pelo potencial biótico.

7. O gráfico a seguir descreve as variações de tamanho populacional de *P. caudatum* e *P. aurelia* cultivadas juntas, no mesmo meio.

Crescimento populacional de *P. caudatum* e *P. aurelia* quando cultivadas no mesmo meio



a) Alguma das populações chega ao tamanho que atingiria se estivesse separada da outra? Como você explicaria isso em termos da capacidade de suporte? Que tipo de interação interespecífica você acha que acontece com as duas espécies? Justifique.

b) Qual das duas espécies você consideraria o competidor mais forte ou mais eficiente? Justifique.

8. (UEM-PR) Em uma área de preservação ambiental, pesquisadores estudaram uma população de macacos-prego. A área em questão é de 84 ha (1 ha = 10 000 m²). Considerando o tamanho inicial da população como 750 indivíduos (no início de 2006) e os dados de cinco anos que estão registrados na tabela a seguir, indique a(s) alternativa(s) correta(s).

Determinantes populacionais	Ano				
	2006	2007	2008	2009	2010
Natalidade	200	250	320	450	510
Mortalidade	70	93	57	108	122
Imigração	7	28	65	70	48
Emigração	10	15	32	83	139

(01) Em condições naturais, o potencial biótico é limitado pela resistência do meio.

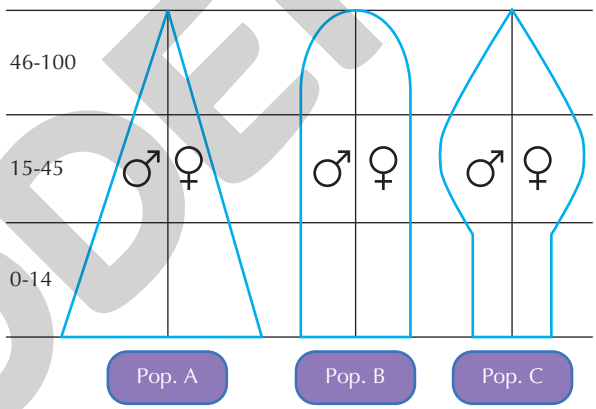
(02) Emigração é a entrada de novos indivíduos na população.

(04) A densidade da população, no final do ano de 2010, foi de, aproximadamente, 23,44 macacos-prego/ha.

(08) O tamanho da população, no final do ano de 2010, foi de 1 969 macacos-prego.

(16) No final do ano de 2008, já houve um aumento de 100% da população de macacos-prego.

9. (Fuvest-SP) Os gráficos a seguir representam diferentes estruturas etárias de populações humanas. O eixo vertical indica idade e o eixo horizontal, número de indivíduos.



A população em expansão é:

a) A, já que os adultos em idade reprodutiva e os idosos são mais numerosos do que as crianças.

b) A, já que o número de crianças é maior do que o de adultos em idade reprodutiva.

c) B, já que o número de adultos em idade reprodutiva e de crianças é praticamente igual.

d) C, já que os adultos em idade reprodutiva são mais numerosos do que as crianças.

e) C, já que o número de pessoas idosas é maior do que o de adultos em idade reprodutiva.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

MODERNA

ILUSTRAÇÕES: ERICSON GUILHERME LUCIANO

TEMA 3

Metais e seus minérios

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 3; 5; 6; 7

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT307

O trabalho com o minério de ferro e a importância desse metal para diversas sociedades podem ser mais bem compreendidos ao conhecermos alguns mitos africanos, como o do rei ferreiro. Segundo as narrativas que o envolvem, uma divindade era a responsável por eleger entre os seres humanos aquele que seria o rei ferreiro e a quem seria dado o conhecimento especial sobre a transformação do minério de ferro. Para muitas sociedades africanas, a importância do rei ferreiro está ligada histórica e simbolicamente à fertilidade e à legitimação de poder. Mas pode ser relacionada também às diversas modificações pelas quais essas sociedades passaram em decorrência da introdução da metalurgia, entre elas os contatos que foram estabelecidos entre comunidades distintas e a ampliação do comércio.

No século XIX, enquanto diversos povos europeus continuavam a demonstrar interesse econômico pelos minerais encontrados em diferentes regiões da África, para os africanos a exploração desses recursos mantinha-se pautada por questões ligadas a suas crenças e rituais, mostrando o tipo de relação que eles estabeleciam com a natureza. Um exemplo são os conhecimentos da transformação do minério de ferro ligados à atuação de um ser sobrenatural, como no caso do mito do rei ferreiro.

A **Figura 3.1** mostra um objeto de ferro produzido por uma comunidade africana.

Ao abordar a introdução a este Tema, trabalhe com os estudantes as informações sobre os mitos africanos relacionados ao ofício de ferreiro, incentivando-os também a resgatar conhecimentos prévios acerca do desenvolvimento de saberes e da organização das sociedades africanas antes do contato com os europeus, para que possam melhor compreender as informações do texto. Antes de iniciar a abordagem sobre minérios e minerais, peça aos estudantes que procurem definir esses termos, tomando como base o contexto em que foram mencionados no texto de abertura do Tema.



Figura 3.1 Espada de ferro de 77,5 cm de comprimento produzida no Marrocos, no século XIX. A peça pertence ao acervo de um colecionador particular.

Fique por dentro

MagLev Cobra
O *site* traz diversas informações sobre o MagLev Cobra, trem que utiliza a tecnologia de supercondutores e ímãs produzidos a partir de terras-raras para locomoção. O protótipo foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
Disponível em: <http://www.maglevcobra.coppe.ufrj.br/veiculo.html>.

Terras-raras, o ouro do século XXI, são a arma da China na guerra tecnológica
LIY, M. V. *El País*, 16 jun. 2019.
A reportagem apresenta a atual posição da China em relação à exportação de terras-raras, mostrando a importância estratégica e tecnológica desses elementos químicos.
Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2019/06/06/economia/1559832258_232021.html>.
Acessos em: 19 jun. 2020.

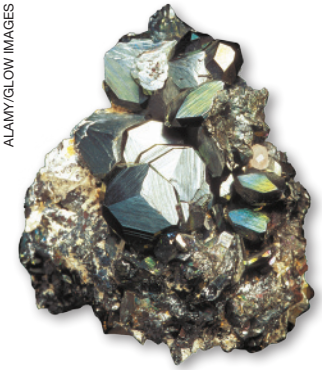
Minerais e minérios

Os metais têm grande importância no desenvolvimento das civilizações. Entretanto, a maioria deles, como o ferro e o alumínio, não são encontrados isolados na natureza. Isso quer dizer que seus átomos ou íons estão ligados a átomos ou íons de outros elementos químicos, formando **substâncias compostas**. Uma substância pode ser definida como uma porção específica de matéria com composição fixa e propriedades constantes e bem definidas.

As substâncias naturais a partir das quais se podem obter os metais são encontradas nos **minerais**. Os minerais são constituintes da crosta terrestre e estão presentes em rochas, materiais que foram formados ao longo de milhares de anos e que geralmente apresentam a associação de dois ou mais minerais. Dependendo da composição química e da abundância do mineral, é possível extrair metais dele, que são substâncias formadas por átomos de apenas um elemento químico (**substâncias simples**). Quando é econômica e tecnologicamente viável extrair as substâncias de interesse, os minerais são denominados **minérios**. O ouro e a platina são exemplos de minérios que não ocorrem de forma combinada com outros minerais.

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

MODERNA



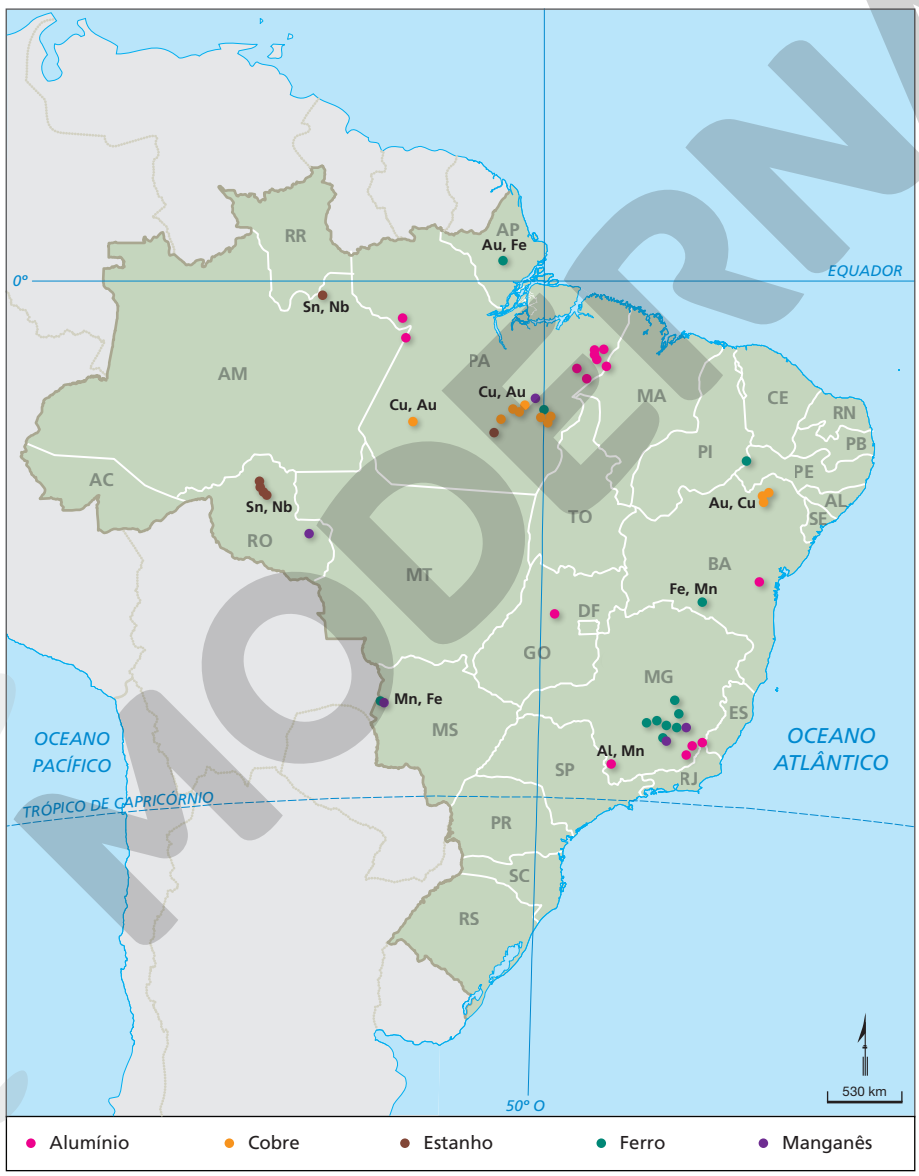
MARVIN DEMBINSKY PHOTO ASSOCIATES/ ALAMY/GLOW IMAGES

Figura 3.2 Fragmento de hematita com cerca de 20 cm × 15 cm. A hematita é um minério de brilho metálico, a partir do qual, por meio de transformações químicas, pode-se obter o ferro metálico, uma substância de grande importância para a fabricação de diversos materiais utilizados nas indústrias e no cotidiano.

O principal minério de ferro explorado no Brasil é a hematita (**Fig. 3.2**), mineral no qual o ferro – que é um elemento químico metálico – forma uma substância composta com o oxigênio – que é um elemento químico não metálico.

A mineração é realizada de diferentes modos, dependendo do mineral a ser extraído e das características geográficas e geológicas da região de extração. No Brasil, além de a exportação de minérios ser uma das mais relevantes para a economia, grande parte da produção industrial está diretamente ligada aos recursos minerais provenientes da natureza. Observe na **Figura 3.3** onde algumas reservas minerais estão localizadas no Brasil.

Figura 3.3 Localização de algumas das principais reservas minerais do Brasil (2017)



FERNANDO JOSÉ FERREIRA

Fonte consultada: BRASIL. Agência Nacional de Mineração. *Anuário mineral brasileiro*: principais substâncias metálicas. Brasília: ANM, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_2018_ano_base_2017/view>. Acesso em: 19 jun. 2020.

Note a grande quantidade de reservas de minério de ferro mostrada no estado de Minas Gerais. Na região do mapa na qual essas reservas estão indicadas está localizado, entre outros, o município de Brumadinho, atingido pelo desastre ambiental mostrado na abertura desta Unidade.

Fique por dentro

7 obras incríveis que revelam a sintonia entre o aço inox e a arte

O artigo traz a imagem e uma breve descrição de algumas obras de arte feitas com a liga metálica aço inoxidável expostas em diversos países. Disponível em: <https://www.abinox.org.br/site/agenda-inox-noticias-detalhes.php?cod=5686&q=7+obras+incr%25C3%25ADveis+que+revelam+a+sintonia+entre+o+a%25C3%25A7o+inox+e+a+arte>. Acesso em: 19 jun. 2020.

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

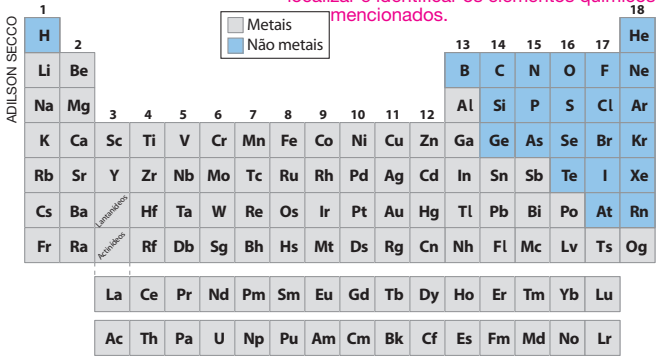
MODERNA

Retome com os estudantes os conhecimentos prévios do Ensino Fundamental acerca da estrutura da matéria (constituição do átomo) para que eles compreendam a formação de cátions metálicos e as demais informações relacionadas a essas espécies químicas, aqui mencionadas.

Metais e a tabela periódica

As substâncias simples formadas pelos elementos químicos da tabela periódica podem ser divididas em dois grandes grupos, de acordo com suas propriedades: **metais** e **não metais** (**Fig. 3.4**).

Incentive os estudantes a utilizar a tabela periódica como instrumento de consulta durante o estudo deste tópico, procurando localizar e identificar os elementos químicos mencionados.



Fontes consultadas: IUPAC. *Periodic table of the elements*. Disponível em: <https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC_Periodic_Table-01Dec18.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2020; LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis, 2010.

Figura 3.4 Tabela periódica simplificada apresentando a classificação em metais e não metais das substâncias simples formadas pelos átomos dos respectivos elementos químicos.

Os metais são substâncias simples que apresentam brilho característico, boa condutibilidade elétrica e térmica e são sólidos a 25 °C e 1 atm (com exceção do mercúrio), podendo ser moldados e transformados em lâminas e fios, por serem maleáveis e dúcteis. Os elementos químicos não metálicos formam substâncias simples que, de maneira geral, não conduzem bem calor ou eletricidade.

Os elétrons de valência, aqueles localizados na camada mais externa ou nível mais afastado, no caso dos átomos de elementos químicos metálicos, são pouco atraídos pelo núcleo, o que favorece a formação de cátions (íons de carga positiva). Essas espécies químicas podem trazer riscos ao ambiente e à saúde dos seres vivos em determinados níveis de exposição – a concentração máxima de certos cátions metálicos permitida na água para consumo humano, por exemplo, é determinada pela legislação (Portaria de Consolidação 5/2017, do Ministério da Saúde). O mercúrio está entre os metais que apresentam parâmetros mais restritos de aceitação na água para consumo humano, sendo considerado o mais tóxico. Os íons de mercúrio têm **efeito bioacumulativo**, ou seja, sua concentração e, consequentemente, seus efeitos tóxicos são aumentados ao longo da cadeia alimentar.

Lantanídeos e actinídeos

Observe na **Figura 3.4** os grupos dos lantanídeos e dos actinídeos. Os lantanídeos são os elementos químicos com número atômico de 57 (lantânio, La) a 71 (lutécio, Lu). Eles apresentam propriedades similares e já estavam presentes nas tabelas periódicas da década de 1930.

Com a descoberta dos elementos químicos de números atômicos 93 (netúnio, Np) e 94 (plutônio, Pu), notou-se que eles não apresentavam propriedades semelhantes às do rênio (Re) e do ósmio (Os), elementos químicos que os precediam nos grupos da tabela aos quais supostamente pertenciam. O químico estadunidense Glenn Seaborg (1912-1999) propôs que os elementos químicos de número atômico a partir de 89 formassem uma nova série semelhante à dos lantanídeos. Após os trabalhos de Seaborg, a tabela periódica foi reconfigurada, com a entrada da série dos actinídeos, elementos químicos de número atômico de 89 (actínio, Ac) a 103 (laurêncio, Lr), embaixo da série dos lantanídeos.

Leve os estudantes a perceber que a viabilidade de exploração das terras-raras no Brasil ainda requer muito estudo, devendo ser discutida em diversos setores da sociedade, como comunidades, meios científicos, empresas e instituições governamentais.

Terras-raras e tecnologia

As terras-raras englobam um grupo de 17 elementos químicos metálicos, sendo os 15 lantanídeos mais o escândio (Sc) e o ítrio (Y). Essa denominação provém da forma como eles foram identificados, no final do século XVIII: como terras (o que corresponde aproximadamente ao que entendemos hoje como óxidos minerais) e por se acreditar que eram raros na crosta terrestre, além de serem de difícil purificação. Atualmente sabemos que eles não estão presentes na crosta terrestre em quantidades relativamente tão pequenas como a expressão sugere.

Esses metais são de extrema importância em diversos setores industriais, principalmente de alta tecnologia, como na produção de veículos elétricos e híbridos. Por esse motivo, eles são considerados estratégicos desde 2011 pelo Ministério das Minas e Energia do Brasil.

A produção de terras-raras no Brasil teve início no final da década de 1940. A primeira fonte mundial desses elementos químicos foi encontrada nas praias de Cumuruxatiba, no estado da Bahia. A China entrou no mercado de produção de terras-raras por volta de 1980 e, em virtude de políticas governamentais, conseguiu produzir esses materiais a custos muito baixos. Atualmente, a China detém 80% da produção mundial.

O Brasil tem grande potencial para produzir terras-raras, pois há depósitos quantificados e dezenas de ocorrências ainda pouco estudadas. Porém, existem diversas restrições sociais, econômicas e tecnológicas para o beneficiamento dos minérios dos quais as terras-raras provêm. Um ponto fundamental para o sucesso da produção de terras-raras no Brasil é o estabelecimento de uma cadeia produtiva completa, envolvendo a extração, o beneficiamento, a purificação e, principalmente, a produção dos artigos de alta tecnologia e alto valor agregado com a utilização desses elementos químicos. Não menos importante é a discussão dos impactos sobre culturas tradicionais, já que muitos desses minérios ocorrem em terras indígenas. A participação dessas comunidades na tomada de decisão e nos eventuais lucros obtidos é uma garantia legal.

Você pode comentar que o mercúrio é considerado um metal pesado, termo que os estudantes possivelmente já conhecem, embora provavelmente não saibam defini-lo. É importante ressaltar que, por mais comum que seja a utilização desse termo em publicações científicas ou em reportagens, trata-se de uma forma de classificação de elementos químicos que não apresenta definição precisa.

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

MODERNA

Ao mencionar alguns óxidos, como o óxido de alumínio, é importante deixar claro para os estudantes que nem todas as substâncias com essa classificação têm caráter iônico. Exemplos são o dióxido de carbono (CO_2) e o monóxido de nitrogênio (NO). A abordagem deste tema não se propõe a classificar compostos inorgânicos, mas a fornecer subsídios para que os estudantes compreendam como as substâncias citadas são formadas submicroscopicamente.

:: Ligação iônica

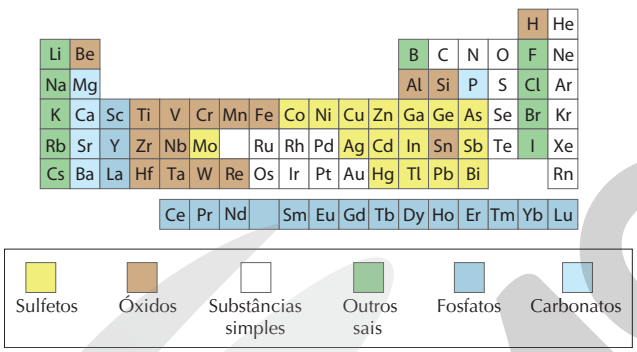
No Brasil, o minério mais comum para obtenção de terras-raras é a monazita (**Fig. 3.5**), que geralmente se apresenta na forma de fosfatos. Íons fosfato (PO_4^{3-}) ligados a íons metálicos formam compostos que têm predominantemente **caráter iônico**.

FERNANDO MADEIRA/A GAZETA



Figura 3.5 A monazita é um minério constituído de fosfatos que apresenta em sua composição algumas terras-raras, além de tório. A areia monazítica pode ser encontrada, por exemplo, em algumas praias de Guarapari, ES, sendo periodicamente coletada para estudos científicos.

A maioria dos elementos químicos metálicos é encontrada na natureza na forma de óxidos (O^{2-}), sulfetos (S^{2-}), haletos (ânions do grupo 17, os quais apresentam valência −1), carbonatos (CO_3^{2-}), fosfatos ou outros compostos de caráter predominantemente iônico. Veja na **Figura 3.6** a forma como alguns elementos químicos podem ser encontrados na natureza. Observe que a maioria deles ocorre como substância composta.



Fonte: KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. *Química geral e reações químicas*. Tradução: Flávio Maron Vichi e Solange Aparecida Visconte. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. v. 2.

Figura 3.6 Tabela periódica simplificada apresentando a forma de ocorrência de alguns elementos químicos na natureza.

A ocorrência natural dos elementos químicos na forma de **substâncias simples** – aquelas formadas por espécies químicas de um único elemento químico – ou de **substâncias compostas** – que são as formadas por espécies químicas de mais de um elemento químico – pode ser explicada pela reatividade, ou seja, a facilidade com que as espécies químicas participam de transformações químicas.

A **Tabela 3.1** mostra as principais fontes minerais de alguns metais e os principais compostos presentes nelas. Observe que os minérios estão identificados por uma nomenclatura própria da área de conhecimento da Geologia. Essa denominação geralmente é baseada nos locais onde eles foram encontrados pela primeira vez, no nome da pessoa que primeiro os identificou ou em alguma de suas características físico-químicas, como a cor.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Tabela 3.1 Principais fontes minerais de alguns metais

Metal principal	Minério	Composto principal
Alumínio	Bauxita	Al_2O_3
Cério, lantânio, neodímio	Bastnasita	$(Ce, La, Nd)(CO_3)F$
Cério, lantânio, tório	Monazita	$(Ce, La, Th)PO_4$
Chumbo	Galena	PbS
Cobre	Calcocita	Cu_2S
	Calcopirita	$CuFeS_2$
	Malaquita	$Cu_2CO_3(OH)_2$
Estanho	Cassiterita	SnO_2
Ferro	Hematita	Fe_2O_3
	Magnetita	Fe_3O_4
Ítrio, disprósio, itérbio	Xenotima	$(Y, Dy, Yb)PO_4$
Titânio	Rutilo	TiO_2
Zinco	Esfalerita	ZnS

Fontes consultadas: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. Tradução: Robson Matos. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005; CANTO, E. L. *Minerais, minérios, metais*: de onde vêm?, para onde vão? 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004; SOUZA FILHO, P. C.; SERRA, O. A. Terras-raras no Brasil: histórico, produção e perspectiva. *Química Nova*, v. 37, mar. 2014.

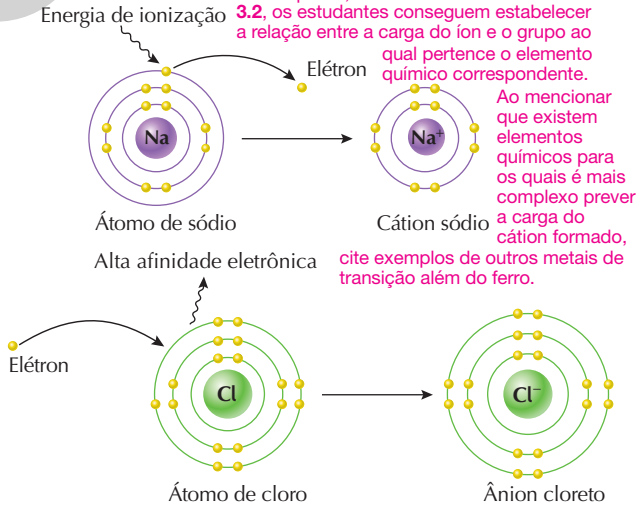
Os principais compostos dos minérios mencionados estão indicados na tabela por suas fórmulas químicas, as quais nos informam a proporção entre os elementos químicos. Como pode ser explicada a formação de tais substâncias de caráter predominantemente iônico do ponto de vista submicroscópico?

Retome com os estudantes os conceitos de energia de ionização e afinidade eletrônica abordados no **Tema 2** da **Unidade 1**. Durante a abordagem desse tópico, retome também as menções à regra do octeto e suas limitações, conforme apresentado no **Tema 4** da **Unidade 1**.

Formação de íons e estabilidade energética

A formação de íons positivos e íons negativos está relacionada à energia de ionização (E_i) e à afinidade eletrônica (E_{ae}) dos átomos. Observe o modelo submicroscópico apresentado na **Figura 3.7**.

Incentive os estudantes a acompanhar essa abordagem utilizando a tabela periódica como instrumento de consulta. Verifique se, mediante a análise da **Tabela 3.2**, os estudantes conseguem estabelecer a relação entre a carga do íon e o grupo ao qual pertence o elemento químico correspondente.



Ao mencionar que existem elementos químicos para os quais é mais complexo prever a carga do cátion formado, cite exemplos de outros metais de transição além do ferro.

Figura 3.7 Formação do cátion sódio e do ânion cloreto a partir dos átomos dos respectivos elementos químicos na fase gasosa e no estado fundamental, considerando o modelo atômico de Bohr-Sommerfeld. As esferas roxas e verdes representam os núcleos, as esferas amarelas representam os elétrons e os círculos representam as órbitas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

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

Considerando as espécies químicas em fase gasosa, o átomo de sódio, quando absorve determinada quantidade de energia, é ionizado, perdendo seu elétron da camada de valência. O átomo de cloro libera energia ao capturar um elétron. O resultado é a formação dos íons Na^+ e Cl^-, ambos com oito elétrons na camada de valência. A substância cloreto de sódio, presente no sal de cozinha, é formada pela ligação entre essas espécies na proporção 1 : 1, o que se reflete na neutralidade elétrica da substância.

Assim como na formação de moléculas, podemos considerar a regra do octeto para prever a ligação entre alguns átomos e obter a fórmula química de compostos iônicos, mas é preciso nos lembrarmos de suas limitações.

Como estudamos na formação de moléculas, as ligações químicas geralmente envolvem a formação de uma espécie energeticamente mais estável. Para compreendermos a síntese de um composto predominantemente iônico com base na estabilidade energética, vamos utilizar como exemplo a substância cloreto de sódio. Considere o sistema formado por átomos isolados de sódio e cloro, ambos em fase gasosa.

A formação de cátions sódio e ânions cloreto, ambos em fase gasosa, leva a um sistema de maior energia ($E_i(Na) > E_{ae}(Cl)$). Porém, as interações entre os íons formam um sistema em que cátions e ânions estão organizados de acordo com uma regularidade geométrica. Esse é um sistema de menor energia, mais estável que as espécies que o originaram. O processo de formação desse sistema pode ser representado pelas equações químicas a seguir.

$$Na(g) \longrightarrow Na^+(g) + e^- \qquad E_i = +496\ kJ\ mol^{-1}$$

$$Cl(g) + e^- \longrightarrow Cl^-(g) \qquad E_{ae} = -349\ kJ\ mol^{-1}$$

$$Na^+(g) + Cl^-(g) \longrightarrow NaCl(s) \qquad E_{retículo} = -786\ kJ\ mol^{-1}$$

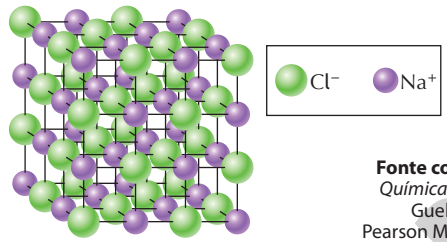
Fonte: KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. *Química geral e reações químicas*. Tradução: Flávio Maron Vichi e Solange Aparecida Visconte. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. v. 1.

Note que a energia liberada na formação da substância em fase sólida supera a energia absorvida no processo de formação dos íons em fase gasosa. De maneira geral, esse modelo pode ser estendido aos demais compostos de cárater predominantemente iônico.

Entre os íons ocorrem interações eletrostáticas, ou seja, há repulsão entre íons de mesma carga e atração entre íons de carga oposta. Essas interações são denominadas **ligações iônicas**. Também se observa repulsão entre elétrons de átomos vizinhos e, de forma semelhante, entre seus núcleos.

Como resultado das forças eletrostáticas de atração e repulsão que ocorrem em todas as direções, os cátions e os ânions organizam-se simetricamente no espaço, resultando na estrutura denominada **retículo cristalino** (**Fig. 3.8**). Esse modelo ajuda a explicar por que o cloreto de sódio, bem como a maioria das substâncias iônicas (ou seja, as substâncias formadas por íons), é encontrado, a 25 °C e 1 atm, na forma de cristais, com geometria bem definida.

A partir da análise de formação do retículo cristalino do cloreto de sódio, é possível inferir quando a formação de uma ligação iônica é energeticamente favorável: uma vez que o átomo do elemento químico que formará o cátion deve apresentar baixa energia de ionização e baixa afinidade eletrônica, geralmente têm-se elementos químicos metálicos constituindo tais cátions. Já os ânions serão constituídos por átomos de elementos químicos que apresentem grande energia de ionização e alta afinidade eletrônica, como os não metais. No geral, é energeticamente mais favorável que os metais formem cátions e os não metais formem ânions, interagindo por meio de ligação iônica.



Fonte consultada: RUSSEL, J. B. *Química geral*. Tradução: Márcia Guekezian. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994. v. 1.

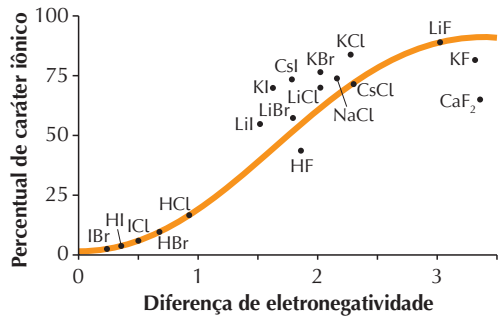
Figura 3.8 Representação esquemática do retículo cristalino do cloreto de sódio por meio do modelo de esferas e bastões. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

É importante ressaltar que no retículo cristalino não ocorrem ligações entre pares específicos de íons. Na realidade, como as interações eletrostáticas se dão em todas as direções, todos os íons interagem com os demais ao seu redor. A ligação iônica é uma característica do cristal como um todo. Assim, as fórmulas químicas dos compostos mostrados na **Tabela 3.1** indicam qual é a proporção mínima (menores números inteiros) entre os íons que constituem o retículo cristalino.

Ligação iônica ou ligação covalente?

Os modelos de ligação iônica e de ligação covalente estudados neste volume representam casos extremos. A maioria das ligações reais tem caráter parcial entre esses dois modelos. Dependendo da diferença de eletronegatividade entre os átomos que participam da ligação química, ocorre o predomínio de um ou de outro tipo. Observe na **Figura 3.9** como varia a contribuição do modelo de ligação iônica em função da diferença de eletronegatividade entre os elementos químicos nos compostos.

Figura 3.9 Percentual de caráter iônico dos compostos em função da diferença de eletronegatividade entre os elementos químicos



Fonte: PETRUCCI, R. H. *et al. General chemistry:* Principles and modern applications. 10. ed. Toronto: Pearson Prentice Hall, 2010.

Pelo gráfico observa-se que, quando a diferença de eletronegatividade aproxima-se de 2, o caráter iônico passa a sobressair ao caráter covalente.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Relembre com os estudantes que a ligação covalente, diferentemente da ligação iônica, ocorre quando átomos de elementos químicos compartilham seus elétrons, ou seja, quando não há formação de íons.

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

EM MODERNA

Os íons e a tabela periódica

A carga de um íon corresponde à quantidade de elétrons que pode ser removida ou ganha pelo átomo que o origina. Ela pode ser prevista por meio da tabela periódica para diversos elementos químicos classificados como representativos, conforme mostra a **Tabela 3.2**.

Tabela 3.2 Alguns íons e os grupos aos quais pertencem os elementos químicos correspondentes

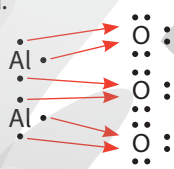
Símbolos dos íons	Grupo na tabela periódica
Li^+, Na^+, K^+, Rb^+, Cs^+	1
Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	2
Al^{3+}	13
O^{2-}, S^{2-}	16
F^-, Cl^-, Br^-, I^-	17

Fonte consultada: LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. Tradução: Henrique E. Toma, Koiti Araki e Reginaldo C. Rocha. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

Perceba que o símbolo de cada íon é formado pelo símbolo do elemento químico acompanhado da respectiva carga elétrica. Alguns elementos químicos formam apenas um tipo de íon – é o caso da maioria dos elementos representativos; há outros que podem formar íons com diferentes cargas – isso é comum entre os elementos de transição. O ferro, por exemplo, forma os íons Fe^{2+} e Fe^{3+}.

Independentemente do composto iônico analisado, ele sempre será neutro, ou seja, a soma das cargas positivas será sempre igual à soma das cargas negativas. Assim, sua fórmula deve representar não a quantidade total de cátions e ânions, mas, sim, a proporção entre eles no retículo cristalino. Essa proporção é constante para determinada substância e, por isso, é um dos critérios usados para caracterizá-la.

A fórmula da substância pode ser melhor compreendida ao utilizarmos as fórmulas de Lewis (ou fórmula eletrônica) para representar a ligação iônica. Veja o exemplo com o óxido de alumínio, de fórmula Al_2O_3, uma das substâncias presentes na bauxita.

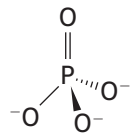


Proponha aos estudantes que utilizem a **Tabela 3.2** para realizar a combinação entre cátions e ânions, por meio da fórmula de Lewis, a fim de obter a fórmula química de diferentes compostos.

Observe que para cada dois cátions alumínio (Al^{3+}) existem três ânions óxido (O^{2-}), portanto, em uma proporção 2 : 3, o que nos permite escrever a fórmula química do óxido de alumínio.

Íons poliatômicos e íons complexos

Nem todo composto iônico é formado pelo arranjo de apenas dois elementos químicos. Alguns íons, denominados **íons poliatômicos**, são formados por mais de um elemento químico, como é o caso do ânion fosfato, presente em substâncias encontradas na monazita e na xenotima (conforme **Tabela 3.1**). Esse ânion pode ser representado por PO_4^{3-}. Isso significa que ele é formado por um átomo de fósforo ligado a quatro átomos de oxigênio, sendo a carga do conjunto indicada pelo número sobrescrito. A ligação entre os átomos que formam esse ânion não é iônica, mas, sim, covalente. Outros exemplos de íons poliatômicos são os ânions sulfato (SO_4^{2-}), hidróxido (OH^-) e nitrato (NO_3^-).



Ânion fosfato

Nos chamados **íons complexos**, íons metálicos (o íon central da espécie química) encontram-se ligados covalentemente a moléculas (como a molécula de água) ou a outros íons, formando com eles uma unidade estrutural que não se dissocia na presença de solvente. Essas moléculas, ou íons, que compartilham um de seus pares de elétrons com o cátion central, são denominadas ligantes. Como exemplo, podemos citar o complexo $[ScF_6]^{3-}$, no qual o íon escândio (Sc^{3+}, terra-rara) acomoda em seus orbitais vazios de energia adequada pares de elétrons doados pelos íons fluoreto (F^-). Nesse exemplo, o cátion escândio é o íon central e os ânions fluoreto são os ligantes.

Propriedades dos compostos iônicos

Espera-se que os estudantes percebam a diversidade de compostos que podem ser formados considerando a formação de íons, sem que haja preocupação quanto à memorização de nomes ou de fórmulas.

Os compostos de caráter predominantemente iônico apresentam, geralmente, temperaturas de fusão e de ebulição relativamente elevadas. Essas propriedades, que determinam diversas aplicações desses compostos, podem ser explicadas com o auxílio do modelo de ligação iônica. Elas relacionam-se à magnitude das interações eletrostáticas, as quais dependem da carga e do tamanho dos íons. Por exemplo, o NaCl funde-se a cerca de 800 °C, enquanto o MgO funde-se a cerca de 2.850 °C. Compare esses dados com as informações da **Tabela 3.2**.

Como estudamos, a formação da rede cristalina fornece estabilidade ao composto formado e regularidade à sua estrutura. A **Tabela 3.3** apresenta algumas propriedades dos compostos iônicos e seus modelos explicativos.

Tabela 3.3 Algumas propriedades dos compostos iônicos relacionadas à estrutura cristalina

Propriedades	Modelo explicativo
Na fase sólida não conduzem eletricidade.	Os íons positivos e negativos formam estruturas cristalinas, em redes mantidas pela atração entre as cargas opostas. Nessa estrutura, os íons apresentam pouca mobilidade.
Quando estão na fase líquida, conduzem eletricidade.	Ao ser desfeita a rede cristalina, os íons livres apresentam elevada mobilidade e podem atuar na condução de corrente elétrica.
Apresentam determinada dureza, mas são quebradiços.	Se certa pressão ou tensão é aplicada a um cristal, os planos cristalinos dispostos em redes deslizam, repelindo os íons de cargas iguais e fazendo com que o material seja fraturado.

Fonte consultada: ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução: Ricardo Bicca de Alencastro. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

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

Ligações metálicas

Os óxidos de ferro presentes nos minérios magnetita e hematita são compostos de caráter iônico, não participando da condução de eletricidade na fase sólida. Entretanto, o ferro metálico, que pode ser obtido por meio do beneficiamento desses minérios, apresenta alta condutibilidade elétrica, assim como outros metais, como o cobre, o alumínio e o zinco. Que hipótese pode ser levantada para explicar essa propriedade dos metais?

Os elementos químicos metálicos, de modo geral, apresentam baixa energia de ionização e baixa afinidade eletrônica, além de reduzida tendência em atrair os elétrons em uma ligação química, ou seja, há maior tendência para a perda de elétrons da camada de valência e a formação de cátions. Assim, quando dois átomos metálicos estão próximos, apresentam forças de atração entre núcleos e elétrons muito fracas.

Para que haja a maior atração e a menor repulsão possíveis entre os átomos metálicos, é necessário que muitos deles estejam próximos uns dos outros, em um arranjo tridimensional semelhante ao dos cristais iônicos, atraindo os elétrons dos átomos vizinhos em todas as direções. Essa soma de interações individualmente fracas resulta em interações muito fortes, quando se considera uma grande quantidade de átomos.

Em um dos modelos propostos para explicar essas interações, os elétrons mais externos dos átomos metálicos adquirem mobilidade entre os próprios átomos. Assim, os átomos dos elementos químicos metálicos têm comportamento semelhante aos cátions correspondentes e permanecem ligados pelas forças de atração entre eles e os elétrons livres dos outros cátions metálicos da estrutura. Por isso, pode-se relacionar esse modelo à presença de uma nuvem eletrônica, na qual há a livre circulação de elétrons em torno dos cátions, compondo uma rede ou estrutura metálica (**Fig. 3.10**).

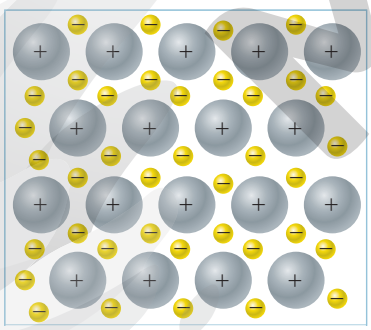

ADILSON SECCO

Figura 3.10 Representação submicroscópica de uma nuvem de elétrons livres em uma estrutura metálica, proposta para explicar a ocorrência da ligação metálica. As esferas amarelas com sinal negativo representam os elétrons livres, e as esferas cinza com sinal positivo representam os cátions metálicos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Nesse modelo, os elétrons de valência apresentam alta mobilidade, não estando ligados a nenhum átomo em particular. A formação dessa nuvem eletrônica é explicada pela baixa energia de ionização e pela baixa tendência dos átomos dos metais em atrair elétrons para si, o que favorece a formação de cátions. Desse modo, os elétrons de valência desses elementos químicos formam um conjunto de elétrons que circulam livremente na estrutura, sem uma localização definida.

Propriedades dos metais

As propriedades que os metais geralmente apresentam, como maleabilidade, brilho, alta temperatura de fusão, alta condutibilidade elétrica e térmica e resistência mecânica, se devem a propriedades submicroscópicas, como a facilidade de movimentação dos elétrons e a formação de estruturas organizadas.

De modo semelhante ao que ocorre com os compostos iônicos, as intensidades das forças de interação entre as partículas que formam a estrutura metálica, segundo o modelo discutido, fazem com que os metais apresentem altas temperaturas de fusão e de ebulição e elevadas densidades. As condutibilidades elétrica e térmica dos metais podem ser explicadas pela hipótese da existência de uma nuvem de elétrons que se movimentam livremente pela estrutura, o que permite a condução da corrente elétrica e a transferência de calor. Além disso, esses elétrons na superfície dos metais são capazes de absorver e reemitir a luz; por isso, os metais apresentam brilho característico.

O modelo de nuvem eletrônica proposto para a ligação metálica também explica a **maleabilidade** dos metais, isto é, a propriedade que permite a um material sofrer deformações sem que se quebre. Isso ocorre porque a presença de elétrons com grande liberdade de movimento produz uma ligação não direcionada. Assim, quando um material metálico é submetido a um esforço mecânico, pode ocorrer facilmente a acomodação de seus cátions e elétrons em novas posições. Essa é a principal diferença entre as estruturas metálicas e as cristalinas iônicas, que são mais rígidas e mais facilmente rompidas.

Outra propriedade que pode ser explicada por esse modelo é a dureza dos metais. Quanto maior a carga do íon metálico formado, maior o esforço necessário para deformá-lo. Isso acontece porque, quanto maior a carga, maior a atração efetiva entre os cátions e os elétrons livres, o que diminui a maleabilidade do metal.

Ligas metálicas

Ornamentos e utensílios de metal são marcas da cultura de diversas civilizações. Metais preciosos, como prata, ouro e platina, costumam ser empregados na produção de adornos e estátuas não só por sua beleza e por serem raros, mas por serem também muito resistentes a transformações químicas. Já utensílios como ferramentas, arados, armas e moedas requerem características que geralmente não são encontradas em uma substância metálica pura; para reunir as características desejáveis, é preciso misturar substâncias diferentes. Quando nessas misturas um dos componentes é

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

PROVA

Aproveite essa abordagem para retomar com os estudantes os conhecimentos prévios sobre separação de misturas, adquiridos no Ensino Fundamental. Antes de iniciar a abordagem, pergunte aos estudantes como o minério de ferro hematita pode ser separado e isolado, mesmo estando misturado a outras substâncias presentes nas rochas. Espera-se que eles mencionem que, além dos métodos físicos de separação, são necessários também processos que envolvem transformação química.

um metal, tem-se o que chamamos liga metálica. Como as ligas metálicas apresentam características diferentes das dos metais que as formam, elas podem apresentar vantagens para fins específicos. Veja as informações na **Tabela 3.4**.

Tabela 3.4 Algumas ligas metálicas, seus principais componentes e aplicações

Nome da liga	Principais componentes	Aplicações
Aço	Fe e C	Utensílios domésticos, indústrias automobilística e naval
Aço inoxidável	Fe, C e Cr	Utensílios domésticos, construção civil, próteses ósseas
Latão	Cu e Zn	Tubos, instrumentos musicais
Ouro 18 quilates	Au, Ag e Cu	Joias
Solda	Pb e Sn	Soldagem de metais
Bronze	Cu e Sn	Moedas, sinos

Fonte consultada: ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução: Ricardo Bicca de Alencastro. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Beneficiamento de minérios

Como, na maioria das vezes, os minérios apresentam-se na natureza associados a outros minerais, rochas e terra, é necessário separar o conjunto de materiais não aproveitáveis daqueles que podem ser explorados economicamente. Essa separação é um dos objetivos do processo chamado **beneficiamento**.

O beneficiamento de alguns minérios, como o de ferro, requer grandes quantidades de recursos, como água e energia, além de gerar resíduos (rejeitos). Essa é uma das razões pelas quais a mineração pode causar grandes desastres – como o ocorrido em Brumadinho, em 2019.

A fim de diminuir os impactos negativos na economia, na saúde pública e no ambiente, vários centros de pesquisa vêm procurando alternativas para purificar substâncias, além de aprimorar as técnicas já existentes. O desenvolvimento da **química verde** já permitiu substituir determinadas técnicas e produtos tóxicos usados nas etapas de extração, separação e produção dos derivados minerais, mas nem todas as substâncias têm suas propriedades bem caracterizadas, o que dificulta a prevenção de impactos ambientais.

A extração de minérios é resultado das demandas da sociedade. Nesse sentido, ao lado do desenvolvimento científico e tecnológico de novos processos de separação, é preciso que as decisões sejam tomadas dentro de princípios éticos e que repensemos o nosso consumo, garantindo que os recursos naturais sejam utilizados de maneira inteligente, por nós e pelas futuras gerações.

Para melhor compreendermos a problemática envolvida no beneficiamento de minérios, especialmente seus impactos ambientais e sociais, é importante conhecer algumas etapas desse processo.

Técnicas de separação de misturas

Nas etapas iniciais do beneficiamento de minérios podem ser empregadas diferentes técnicas de separação de sistemas heterogêneos sólidos, como as que são apresentadas a seguir.

Peneiração

Geralmente, o beneficiamento se inicia com a fragmentação de grandes blocos de rocha retirados das minas, que contêm o minério de interesse misturado a outros materiais. Os pedaços fragmentados passam, então, por peneiras e são separados de acordo com sua granulometria (diferença de tamanho dos fragmentos). Ou seja, a **peneiração** é uma técnica de separação de sistemas heterogêneos de sólidos de acordo com a diferença de tamanho de seus constituintes.

Um tipo muito comum de peneiras utilizadas na mineração são as peneiras vibratórias (**Fig. 3.11**): máquinas com uma ou mais superfícies perfuradas e inclinadas, chamadas *decks*, que podem ser metálicas ou não. Os orifícios por onde passam os materiais retirados das minas podem ter formatos diversos para separar esses materiais com diferentes granulometrias; porém, em um mesmo *deck*, os tamanhos dos orifícios são os mesmos.

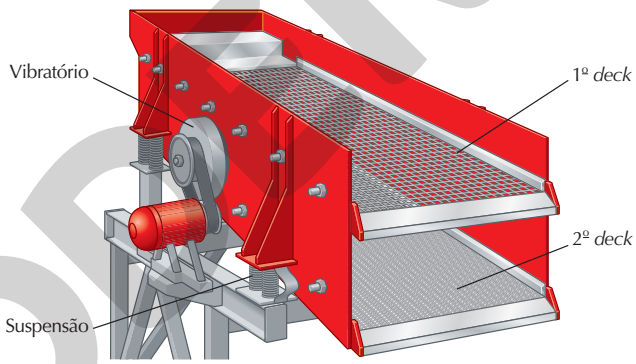


Figura 3.11 Representação esquemática de uma peneira vibratória com dois *decks* usada em mineração. Suas dimensões (largura × comprimento) podem variar de 1,2 m × 3,0 m a 3,0 m × 7,3 m, e ela pode chegar a cerca de 16 t. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ADILSON SECCO

O material extraído é colocado na peneira para que passe através dos *decks*, separando-se as partículas menores das maiores. O processo é auxiliado pelo movimento vibratório do equipamento, acionado por um motor.

Quando são empregadas malhas mais finas para separar partículas de tamanhos menores, pode-se utilizar água a fim de melhorar a eficiência da peneiração. Nesse caso, são usadas peneiras com superfícies horizontais. Essa água, ao final do processo, apresenta partículas de terra e minerais, devendo ser tratada antes de retornar à natureza.

Levigação

O ouro, diferentemente da maioria dos elementos químicos metálicos, pode ser encontrado na natureza na forma de substância simples (Au), e não como constituinte de substâncias compostas, caso do ferro, que se apresenta, por exemplo, combinado com o oxigênio (Fe_2O_3). Ainda assim, a substância

Para não reforçar uma visão catastrofista da Ciência, que muitos estudantes mostram ter, leve-os a refletir sobre a importância dos conhecimentos científicos na minimização dos impactos ambientais decorrentes de desastres como o que ocorreu em Brumadinho.

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

EM IMPRESSÃO

metálica ouro aparece em misturas com outros materiais, devendo também passar por processos de separação. Um dos processos utilizados nos garimpos é a **levigação**, que consiste em separar um sistema heterogêneo de sólidos pela passagem da água. Nesse processo, quando a corrente de água atravessa a mistura, os materiais menos densos – como a terra – são arrastados, separando-se do metal de interesse.

Os equipamentos utilizados na levigação podem ser um aparato de superfície inclinada, pela qual se faz passar água corrente, que arrasta os materiais menos densos, ou uma bateia (**Fig. 3.12**), espécie de bacia cônica que, com a passagem de água, retém os materiais mais densos, permitindo que os menos densos sejam arrastados para fora.



DELFIM MARTINS/PULSAR IMAGENS

Figura 3.12 Monumento ao Garimpeiro, escultura em alumínio inaugurada no final da década de 1960 em que se pode ver a bateia (Boa Vista, RR, s/d).

Catação

Assim como a levigação, a **catação** é um processo artesanal ainda muito comum em alguns garimpos e consiste em inspecionar visualmente uma amostra e separar manualmente os minerais de interesse. Ela pode ser empregada com a peneiração e a levigação, quando realizadas de forma a garantir maior eficiência.

Separação magnética

O eletromagnetismo é estudado na Unidade **Mundo tecnológico**.

Além da catação, há diversas outras técnicas utilizadas para aumentar a concentração dos minérios, ou seja, aumentar a quantidade relativa desses minérios em uma amostra pela retirada dos materiais indesejáveis. Uma delas é a **separação magnética**, que consiste em separar os materiais que apresentam propriedades magnéticas, ou seja, que são influenciados pela aplicação de um campo magnético, por meio de um eletroímã, daqueles que não apresentam propriedades magnéticas. Na **Figura 3.5** é possível notar que a areia apresenta duas cores. A areia preta apresenta em sua composição óxido de titânio e ferro, em uma estrutura chamada ilmenita. Esse mineral é magnético, portanto, é possível separar as duas areias utilizando um imã.

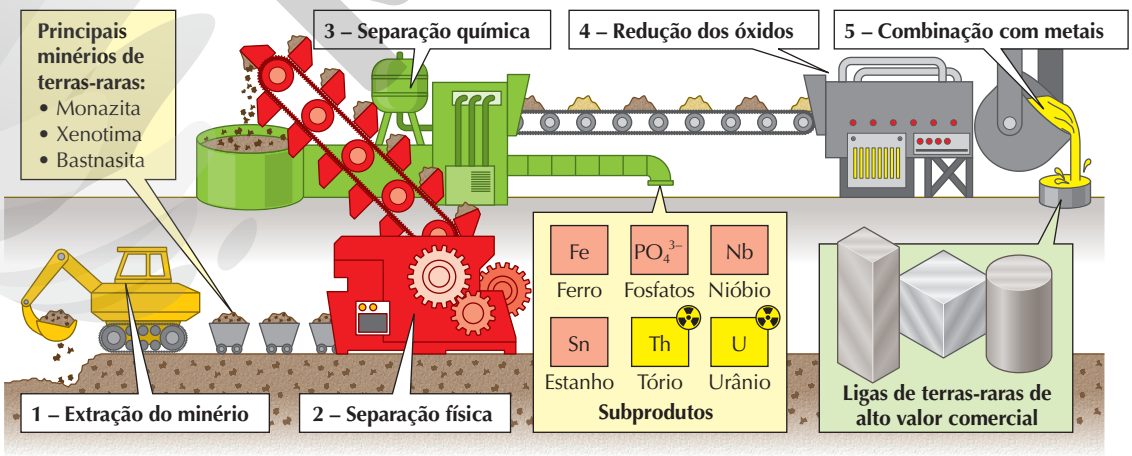
Flotação

Essa é uma das principais técnicas usadas na indústria mineral, especialmente no beneficiamento de minério de ferro, para concentrar uma espécie de interesse. Para que a separação ocorra, prepara-se uma suspensão dos fragmentos de minério em água na presença de surfactantes ou tensoativos. Essas substâncias reagem com o material de interesse presente na amostra de minério formando partículas de caráter hidrofóbico, ou seja, que não interagem favoravelmente com a água. A flotação ocorre quando se borbulha ar no sistema. As partículas hidrofóbicas aderem às bolhas formando uma espuma que arrasta o material de interesse para a superfície do líquido, facilitando sua remoção.

Comente que, no caso do tratamento da água, a espuma contém as impurezas, e não o material de interesse.

Processos metalúrgicos e terras-raras

A fim de obter o metal a partir de seu mineral e utilizá-lo para os mais diversos fins, são empregados processos metalúrgicos que serão estudados no **Tema 4**. Esses processos envolvem, geralmente, várias etapas. A **Figura 3.13** apresenta algumas dessas etapas metalúrgicas para a obtenção de terras-raras.



Fonte consultada: O minério da vez. *Em discussão!*, n. 17, 2013. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/jornal/emdiscussao/Upload/201304%20-%20setembro/pdf/em%20discuss%C3%A3o!_setembro_2013_internet.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2020.

Figura 3.13 Representação esquemática das principais etapas do processo metalúrgico para a obtenção de terras-raras e suas ligas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

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

COMPETÊNCIA

Após a extração, que consiste na retirada do minério da litosfera, ocorre a **separação física**, que inclui fragmentação (britagem e moagem), peneiração e flotação. Essa etapa se baseia, portanto, nas diferenças entre as propriedades físicas do minério e do material sem valor comercial que o acompanha, denominado ganga. Com isso, a concentração do minério no material extraído aumenta.

Depois da concentração do minério, aplica-se uma variedade de processos químicos para a obtenção dos óxidos dos metais. No caso das terras-raras, essa etapa é muito complexa, pois esses elementos químicos apresentam propriedades físico-químicas muito semelhantes, o que dificulta e encarece os processos para sua separação. Além disso, durante as reações são gerados subprodutos radioativos, como o tório (Th) e o urânio (U), que precisam de tratamento e armazenamento adequados para evitar contaminação ambiental.

Uma vez separados os óxidos metálicos, promove-se uma **transformação química** desses compostos, denominada redução, da qual obtemos os metais. A etapa final do processo consiste no refino (ou purificação) do metal obtido e na mistura desse metal com outras substâncias que alteram suas propriedades, quando necessário. Para as terras-raras, na etapa final são formadas **ligas metálicas** de alto valor comercial, como as ligas de neodímio e érbio de que são feitas as turbinas eólicas.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Uma das possíveis estratégias para se gerar efeito de humor em uma charge é o uso do duplo sentido. É o que ocorre na charge a seguir. Analise-a e explique o emprego desse recurso expressivo pelo cartunista.



FRANK & ERNEST, BOB THAVES © 2005 THAVES/ DIST. BY ANDREWS MCMEEL SYNDICATION

2. Leia o texto e responda aos itens **a**, **b** e **c**.

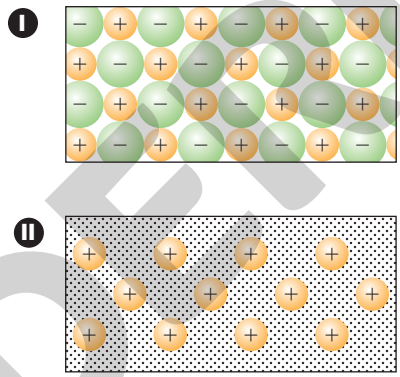
O minério cromita é valorizado pelo seu teor em óxido crômico (Cr_2O_3), sendo comercializado normalmente com teores de 35 a 55% de Cr_2O_3. O ferro-cromo usualmente contém 50 a 60% de cromo (Cr), enquanto o cromo metálico apresenta mais de 99% de pureza.

Em virtude do aço inoxidável ser o principal uso final para o cromo, a sua produção mundial desempenha um papel determinante na demanda desse bem, com influência marcante sobre os preços das ligas de ferro-cromo e do minério cromita.

Fonte: BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Balanço mineral brasileiro – 2001. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001/view>. Acesso em: 19 jun. 2020.

a) Considerando os elementos químicos citados, classifique o tipo de ligação química presente no óxido crômico.

b) Analise as representações esquemáticas de dois tipos de ligações químicas mostradas a seguir e associe o modelo adequado ao crômio e ao óxido crômico. Justifique sua resposta.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

c) Por causa do tipo de ligação química existente no cromo – ou crômio – e no óxido crômico – ou óxido de crômio(III) –, algumas propriedades, como a condutibilidade elétrica, são bem distintas entre essas substâncias. Explique o porquê dessa diferença de condutibilidade.

3. (Uerj) Para fabricar um dispositivo condutor de eletricidade, uma empresa dispõe dos materiais apresentados na tabela abaixo:

Material	Composição química
I	C
II	S
III	As
IV	Fe

Sabe-se que a condutividade elétrica de um sólido depende do tipo de ligação interatômica existente em sua estrutura. Nos átomos que realizam ligação metálica, os elétrons livres são os responsáveis por essa propriedade. Assim, o material mais eficiente para a fabricação do dispositivo é representado pelo seguinte número:

a) I. **b)** II. **c)** III. **d)** IV.

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

4. A eletrodiálise é uma técnica analítica que combina o uso de membranas de troca iônica com gradiente de potencial elétrico para a remoção de cátions e ânions de soluções aquosas. Com a aplicação de campo elétrico entre dois eletrodos, os íons são atraídos para o polo de carga oposta.

Considere a dissolução em água do $FeSO_4$, processo que leva à dissociação dos íons que compõem o retículo cristalino. Ao se aplicar um campo elétrico a essa solução, qual íon migrará no sentido do polo positivo e qual vai migrar para o polo negativo?

5. Um laboratório recebeu diferentes amostras e, após algumas análises, encontrou as informações apresentadas na tabela a seguir.

Resultado das análises químicas de algumas substâncias

Amostra	Condutividade elétrica a 25 °C e 1 atm	TF (°C) a 1 atm	TE (°C) a 1 atm
I	Não	−223	−183
II	Em solução	995	1.704
III	Baixa	0	100
IV	Alta	1.596	2.919
V	Em solução	801	1.705

Determine quais amostras podem ser de substância formada por ligações iônicas e de substância formada por ligações metálicas. Justifique.

6. Com base na Figura 3.8, proponha uma representação para o retículo cristalino do brometo de potássio.

7. O latão é uma liga metálica formada pelos metais cobre e zinco, com porcentagens que variam entre 5% e 45% de zinco. Ele é utilizado vastamente pela indústria na produção de tubos de condensadores, torneiras, cadeados, terminais elétricos, tachos etc. Utilize a tabela a seguir, com informações sobre a condutividade do latão, e responda aos itens **a** e **b**.

% Cu (massa)	Condutividade elétrica (10^9/Ωm)
95	3,37
90	2,59
85	2,17
80	1,90
70	1,63

Fonte consultada: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

a) Esboce um gráfico relacionando percentual de cobre e condutividade elétrica.

b) Analisando as informações do gráfico, deduza qual dos dois metais apresenta maior condutividade elétrica quando puro. Justifique sua resposta.

8. Leia o texto a seguir e responda aos itens de **a** a **d**.

Entre as propriedades do mercúrio, está a capacidade [...] desse elemento [de] se acumular ao longo da cadeia alimentar, causando a contaminação de peixes e o risco de envenenamento de quem deles se alimenta, inclusive seres humanos. [...]

Para o garimpeiro, o que importa são outras propriedades do mercúrio. Primeiro, a capacidade de se unir a outros metais e formar amálgamas, o que é fundamental em garimpos, onde os minúsculos grãos de ouro precisam ser separados dos sedimentos dragados de leitos de rios ou da terra escavada.

[...]

A capacidade de formar amálgama não é a única propriedade do mercúrio que interessa aos garimpeiros. Ele se liquifica e evapora em temperaturas menores do que o ouro. Portanto, basta um maçarico para separar os dois metais e obter o ouro puro. Quando realizado em ambiente aberto, esta parte do processo libera o mercúrio em forma de gás para a atmosfera. [...]

Fonte: MUSEU GEOLÓGICO DA BAHIA. *Porque o mercúrio é usado na mineração de ouro*. Disponível em: <http://www.mgb.ba.gov.br/novidades/porque-o-mercurio-e-usado-na-mineracao-de-ouro/>. Acesso em: 28 mar. 2020.

a) A substância simples formada pelo mercúrio apresenta uma característica única entre todas as outras formadas por metais. Que característica é essa e como ela auxilia a aplicação do mercúrio na separação do ouro?

b) Em relação à produtividade do processo de extração, quais são as vantagens de utilizar mercúrio nos garimpos de ouro?

c) As vantagens identificadas no item **b** justificam o uso do mercúrio diante dos problemas de saúde e ambientais que ele pode causar? Como o conhecimento químico poderia influenciar o trabalho e a qualidade de vida dos garimpeiros?

d) Sabe-se que o mercúrio tem efeito bioacumulativo. No entanto, não consumir plantas e animais contaminados seria suficiente para evitar a intoxicação das pessoas por mercúrio? Justifique sua resposta com base em propriedades físicas do mercúrio citadas no texto.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

MODERNA

TEMA 4

Processos metalúrgicos extrativos

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6

Habilidades: EM13CNT101; EM13CNT104; EM13CNT106; EM13CNT203; EM13CNT205; EM13CNT307

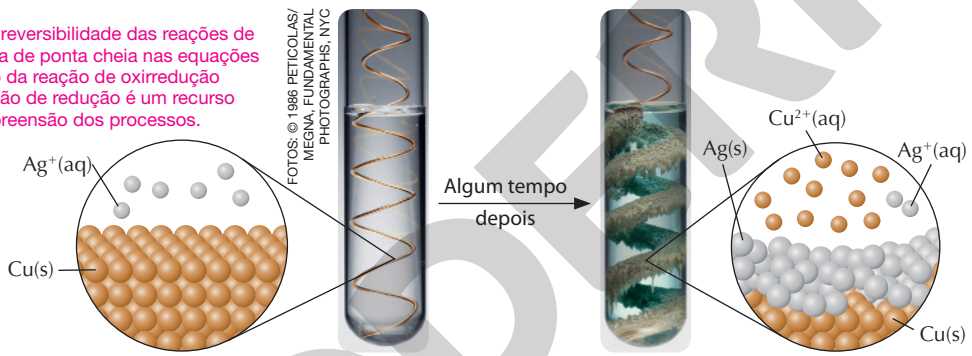
A metalurgia extrativa compreende a Ciência e a tecnologia de extração de metais a partir de suas fontes naturais e sua preparação para uso prático. Ela geralmente envolve várias etapas, e em pelo menos uma delas há uma **reação de oxirredução**, também chamada de óxido-redução ou redox, a qual se caracteriza pela transferência de elétrons entre espécies químicas. As reações do tipo redox podem ser espontâneas, como ocorre nas pilhas comerciais e na formação da ferrugem, ou não, como é o caso da eletrólise, em que é necessário fornecer energia ao sistema para que a reação se processe.

Fundamentos das reações de oxirredução

Vamos analisar a reação de oxirredução espontânea entre o cobre metálico e uma solução aquosa de nitrato de prata levando à formação de prata metálica e de solução aquosa de nitrato de cobre(II) (**Fig. 4.1**).

O funcionamento das pilhas comerciais e a corrosão são estudados nas Unidades **Desenvolvimento sustentável** e **Mundo tecnológico**, respectivamente.

Chame a atenção dos estudantes para a reversibilidade das reações de oxirredução, representada pela seta dupla de ponta cheia nas equações químicas. Frise também que a separação da reação de oxirredução em semirreação de oxidação e semirreação de redução é um recurso puramente conceitual que facilita a compreensão dos processos.



FOTOS: © 1986 PETICOLAS/MEGNA, FUNDAMENTAL PHOTOGRAPHS, NYC

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Fonte consultada: KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. *Química geral e reações químicas*. Tradução Flávio M. Vichi e Solange A. Visconte. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, v. 2, 2012.

Figura 4.1 Reação de oxirredução entre o cobre (fio metálico) e a prata (solução aquosa de nitrato de prata, $AgNO_3$), acompanhada de modelos submicroscópicos nos quais, por simplificação, as moléculas de água e os ânions nitrato não foram representados. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Semirreação de oxidação	$Cu(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Semirreação de redução	$2\,Ag^+(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons 2\,Ag(s)$
Reação global	$Cu(s) + 2\,Ag^+(aq) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2\,Ag(s)$

Observe que a espécie química que transfere o(s) elétron(s) se oxida, enquanto a que recebe o(s) elétron(s) se reduz. Assim, nessa reação, o cobre é oxidado pelos íons prata, ao mesmo tempo que os íons prata são reduzidos pelo cobre. Por isso, o íon prata nessa reação é denominado **agente oxidante**, e o cobre, **agente redutor**.

Como os fenômenos da oxidação e da redução sempre ocorrem juntos, a quantidade de elétrons transferida deve seguir a proporção estequiométrica estabelecida nas semirreações. Como cada mol de cobre metálico transfere 2 mol de elétrons, são necessários 2 mol de Ag^+ para receber os elétrons transferidos pelo cobre. Caso a solução de nitrato de prata fosse substituída por uma solução de nitrato de platina, $Pt(NO_3)_2$, a semirreação de redução seria:

$$Pt^{2+}(aq) + 2\,e^- \rightleftharpoons Pt(s)$$

Note que os íons nitrato (NO_3^-) não participam da reação de oxirredução e, por isso, não foram representados na equação química que descreve a reação global do cobre metálico com a solução de nitrato de prata, embora pudéssemos escrevê-la assim:

$$Cu(s) + 2\,AgNO_3(aq) \rightleftharpoons Cu(NO_3)_2(aq) + 2\,Ag(s)$$

Fique por dentro

Bactérias mineradoras

VASCONCELOS, Y. *Pesquisa Fapesp*, ed. 200, out., 2000.

A reportagem descreve uma parceria entre universidade e indústria cujo objetivo é avaliar a biolixiviação de cobre em rejeitos de mineração. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/bacterias-mineradoras/>. Acesso em: 22 jun. 2020.

O **mol**, cujo símbolo é mol, é a unidade do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza quantidade de matéria. Um mol contém exatamente $6{,}02214076 \cdot 10^{23}$ entidades químicas (átomos, moléculas, íons, partículas elementares etc.). Esse número é o valor fixado da constante de Avogadro.

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

A tendência dos metais à oxidação varia de acordo com as espécies químicas presentes no meio reacional e com as condições a que elas estão submetidas (**Fig. 4.2**).

© 2005 RICHARD MEGNA, FUNDAMENTAL PHOTOGRAPHS, NYC



Figura 4.2 Tubos de ensaio contendo uma tira de cobre (à esquerda) e uma tira de zinco (à direita), ambas imersas em ácido clorídrico, HCl(aq). O cobre metálico não reage com o ácido, ao contrário do zinco metálico, que reage produzindo gás hidrogênio (H_2) e íons Zn^{2+} em solução.

Para prever a ocorrência de reações de oxirredução, pode-se determinar experimentalmente a tendência de uma espécie química a ser oxidada ou reduzida na presença de outra espécie química. Os resultados podem ser organizados em uma tabela, como a que é apresentada no final deste Volume, conhecida como **série de reatividade**. Ao consultá-la, você perceberá que o cobre tem uma tendência menor que o zinco a se oxidar quando entra em contato com os íons H^+, provenientes do ácido. Os metais na base da série de reatividade, como o cobre, são mais estáveis e apresentam menor facilidade de formar compostos quando comparados aos metais localizados mais acima na série de reatividade. Por esse motivo, alguns deles podem ser encontrados isolados na natureza; eles foram importantes no início da história do uso dos metais pela humanidade.

A seguir, apresentamos alguns processos metalúrgicos mais comuns.

Pirometalurgia

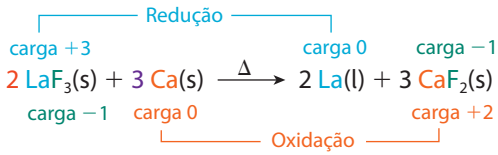
A pirometalurgia é um processo metalúrgico que utiliza altas temperaturas, simbolizadas nas equações químicas por Δ, para fundir os compostos e promover reações de oxirredução espontâneas, obtendo assim a substância metálica de interesse. Esse processo é empregado para a obtenção de algumas terras-raras, além de poder ser utilizado na obtenção de ferro e cobre, dois metais de grande importância econômica. Juntos, ferro e cobre responderam por 80,5% da produção mineral comercializada pelo Brasil em 2017.

Na pirometalurgia, diferentes etapas podem ser empregadas, dependendo do metal que se deseja obter e das características físico-químicas do minério do qual ele será extraído.

Para a obtenção de algumas terras-raras por meio de seus óxidos (compostos binários de oxigênio) pelo processo pirometalúrgico, primeiro é produzido o fluoreto do metal, como representado a seguir, para a reação entre o óxido de lantânio(III), La_2O_3, e o fluoreto de hidrogênio, HF.

$$La_2O_3(s) + 6\,HF(g) \xrightarrow{\Delta} 2\,LaF_3(s) + 3\,H_2O$$

Depois, o fluoreto da terra-rara é reduzido com cálcio metálico em fornos de platina. Essa etapa está representada para o caso do fluoreto de lantânio(III) pela equação química a seguir. Também estão indicadas as cargas das espécies químicas antes e depois da reação.



Nota-se a transferência de 6 mol de elétrons ($2 \cdot 3\,e^- = 3 \cdot 2\,e^-$).

Observe que os íons fluoreto não participam da reação de oxirredução, como evidenciado pela manutenção da carga dessa espécie química (−1) ao longo do processo, ou seja, esse íon não transfere nem recebe elétrons.

O processo é relativamente complexo e caro. Um dos motivos para o custo elevado se deve à utilização dos fornos de platina, um metal cerca de 25 vezes mais valioso que a prata. Com exceção do samário (Sm), do európio (Eu), do túlio (Tm) e do itérbio (Yb), as demais terras-raras podem ser obtidas por esse processo.

Na pirometalurgia dos minérios contendo sulfeto (S^{2-}), faz-se o aquecimento a seco em temperatura inferior à temperatura de fusão das fases sólidas envolvidas e em presença de corrente de ar. Nesse processo, denominado **ustulação**, ocorre a remoção do enxofre pela formação do gás dióxido de enxofre (SO_2). Esse resíduo pode ser utilizado na produção de ácido sulfúrico, $H_2SO_4(aq)$, uma importante *commodity*, assim como os minérios, o petróleo e a soja. *Commodities* são mercadorias em estado bruto ou com pequeno grau de industrialização negociadas em escala mundial no mercado financeiro.

Pirometalurgia do ferro

Os primeiros objetos de ferro conhecidos foram feitos aproximadamente entre 4000 a.C. e 3500 a.C., a partir do ferro metálico presente em meteoritos. A **siderurgia**, ramo da metalurgia voltado à obtenção do ferro metálico a partir de seus minérios, só surgiu entre 3000 a.C. e 2000 a.C., possivelmente de maneira acidental, quando minérios que apresentavam compostos de ferro em sua constituição foram aquecidos na presença de carvão vegetal.

A introdução das técnicas de mineração e metalurgia do ferro no Brasil deve-se aos conhecimentos dos africanos, que foram escravizados e trazidos para cá pelos portugueses, oriundos da Costa da Mina – região que abrange atualmente os territórios de Gana, Togo, Benin e Nigéria. Essa região da África Ocidental é considerada um dos primeiros lugares do mundo a entrar na Idade do Ferro.

O aço, liga metálica cujo principal constituinte é o ferro, é um dos materiais mais utilizados no mundo atualmente. O Brasil é um dos grandes produtores mundiais de minério de ferro, exportado principalmente para a China, que se destaca na produção de aço. Há duas principais fontes naturais de ferro na forma de óxidos: a hematita, Fe_2O_3, e a magnetita, FeO e Fe_2O_3.

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

EDIÇÃO PROVISÓRIA

Na indústria, os óxidos de ferro são reduzidos em um alto-forno, que consiste em um enorme reator químico capaz de operar de forma contínua a elevada temperatura (**Fig. 4.3**).

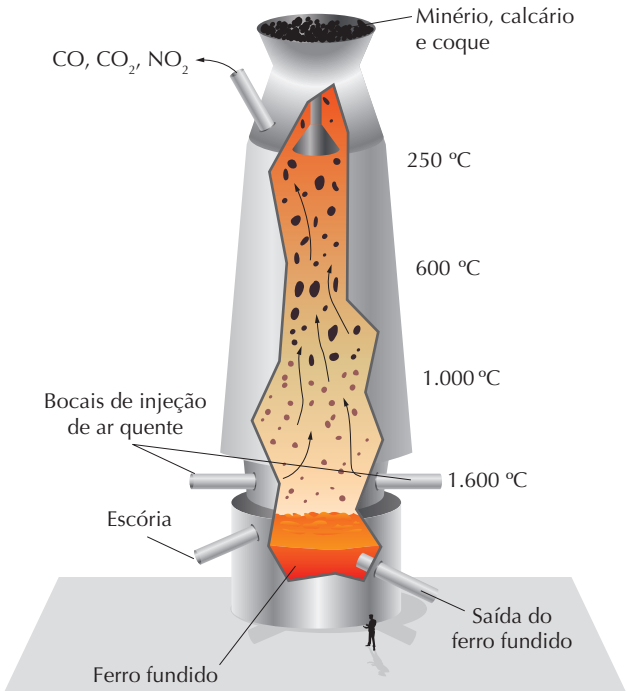


ILUSTRAÇÃO: LUIZ RUBIO

Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al. Química*: a Ciência central. Tradução: Robson Matos. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Figura 4.3 Esquema em corte do funcionamento de um alto-forno usado para a obtenção de ferro. Um alto-forno pode produzir até 10 mil toneladas de metal por dia. Os maiores fornos chegam a ter mais de 60 m de altura. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

No processo, o alto-forno é carregado com uma mistura de minério de ferro, uma fonte de carbono – que geralmente é o coque – e calcário. O ar quente que entra na base do alto-forno contém o gás oxigênio necessário para a combustão da fonte de carbono. Um importante avanço na metalurgia do ferro ocorreu com o advento das máquinas a vapor, na primeira Revolução Industrial, que possibilitou a automatização da injeção de ar no alto-forno.

O calcário ($CaCO_3$) atua como fonte do óxido de cálcio (CaO) que reage com a sílica (SiO_2) e outros componentes indesejados do minério de ferro para formar a escória. A escória é constituída, principalmente, de minerais de silicato fundidos e outros compostos iônicos e pode ser utilizada como matéria-prima da indústria de **cimento**. O coque é produzido por meio do aquecimento de carvão mineral na ausência de ar para eliminar os componentes voláteis, o que faz com que ele tenha aproximadamente de 85% a 90% em massa de carbono em sua composição. O coque é utilizado como combustível na reação de combustão, que, além de fornecer energia para o sistema, forma os gases monóxido de carbono (CO) e hidrogênio (H_2), os quais apresentam caráter redutor.

A reação entre o gás oxigênio (O_2) do ar com o carbono do coque para formar monóxido de carbono pode ser representada pela seguinte equação química.

$$2\,C(s) + O_2(g) \longrightarrow 2\,CO(g)$$

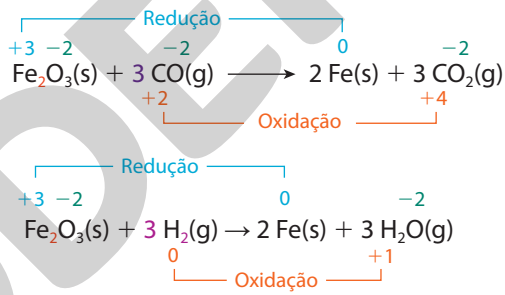
O carvão vegetal, obtido da queima incompleta de certos tipos de madeira, também pode ser utilizado na siderurgia como fonte de carbono, como faz o Brasil, quando a qualidade do carvão mineral nacional não é adequada para a obtenção de coque.

O vapor-d'água presente no ar também reage com o carbono do coque, formando monóxido de carbono e gás hidrogênio, absorvendo calor.

$$C(s) + H_2O(g) \longrightarrow CO(g) + H_2(g)$$

Enquanto a reação do carbono com o gás oxigênio eleva a temperatura do alto-forno, a reação com o vapor-d'água diminui sua temperatura. As transformações químicas, realizadas à pressão constante, em que calor é transferido do sistema reacional para a vizinhança, são classificadas como **reações exotérmicas**, e as transformações químicas que ocorrem com transferência de calor da vizinhança para o sistema são classificadas como **reações endotérmicas**. Assim, o controle das quantidades de gás oxigênio e vapor-d'água permite regular a temperatura do alto-forno. O controle termoquímico do processo é fundamental para que ele ocorra com a maior economia de energia possível.

Na parte superior do alto-forno, os óxidos de ferro reagem com a mistura de monóxido de carbono e gás hidrogênio. Veja o caso da hematita.



As cargas formais, nos casos dos íons, ou hipotéticas, no caso dos átomos, estão indicadas pelos números coloridos nas partes superior e inferior das equações químicas.

Uma vez que aparecem substâncias moleculares tanto entre os reagentes (H_2 e CO) quanto entre os produtos (H_2O e CO_2), precisamos recorrer ao conceito de **número de oxidação** (Nox), para compreender a transferência de elétrons nessas reações de oxirredução. No caso de moléculas e íons poliatômicos, ele pode ser entendido como a carga elétrica hipotética do átomo com base em sua **eletronegatividade**. Dessa forma, nas moléculas diatômicas – como o gás hidrogênio –, o Nox é zero e, no caso do carbono, ele varia em função da natureza e da quantidade do átomo ou átomos aos quais está ligado.

Podemos descobrir a quantidade de elétrons transferida nessa transformação analisando as variações nos números de oxidação (ΔNox) e a quantidade de matéria de átomos ou íons de cada elemento químico:

	Reação entre Fe_2O_3 e CO	**Reação entre Fe_2O_3 e H_2**
Oxidação	$\Delta Nox(C) = +4 - (+2) = 2$	$\Delta Nox(H) = +1 - (0) = 1$
Redução	$\Delta Nox(Fe) = 0 - (+3) = -3$	$\Delta Nox(Fe) = 0 - (+3) = -3$

Aproveite para solicitar aos estudantes que determinem o Nox de todas as substâncias das reações citadas neste Tema, assim como a quantidade de elétrons transferida.

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

REPRODUÇÃO PROIBIDA

Nota-se que ocorreu a transferência de 6 mol de elétrons nos dois casos:

$$2 \cdot 3\,e^- = 6 \cdot 1\,e^- = 3 \cdot 2\,e^-$$

Observe também que o oxigênio (O) não tem seu Nox alterado, pois ele não participa da transferência de elétrons.

No fim do processo pirometalúrgico, o ferro fundido é coletado na base do forno e revestido com uma camada de escória fundida formada pela reação de óxido de cálcio com a sílica. Essa camada ajuda a evitar que o ferro fundido reaja com o ar que entra no alto-forno. Esse produto, chamado **ferro-gusa**, pode, então, ser encaminhado para outros processos, como refino e laminação, de acordo com a finalidade desejada.

:: Hidrometalurgia

Os processos pirometalúrgicos necessitam de grandes quantidades de energia para fundir os materiais e, geralmente, produzem grande quantidade de resíduos sólidos, que nem sempre podem ser reaproveitados em outros processos, além de produzir alguns gases poluentes. Como exemplo desses gases, temos o SO_2, no caso dos minérios contendo sulfeto – que está associado ao fenômeno da chuva ácida –, e o CO_2, no caso dos minerais do tipo óxido e carbonato – que está relacionado ao efeito estufa.

Em alguns casos, é possível empregar técnicas nas quais o metal é extraído de seus minérios por reações em meio aquoso, envolvendo menor gasto energético em processos relativamente mais simples e ambientalmente mais limpos. Essas técnicas compõem a hidrometalurgia e, por meio dela, metais de grande importância econômica, como o alumínio e o cobre, podem ser obtidos.

O processo hidrometalúrgico mais importante é a **lixiviação**, na qual o composto que apresenta metais em sua constituição é dissolvido de maneira seletiva. Os agentes lixiviadores mais comuns são soluções eletrolíticas que podem ter caráter ácido, básico ou neutro.

Hidrometalurgia do cobre

O cobre foi um dos primeiros metais que se tornaram conhecidos e passaram a ser utilizados pela humanidade. Ainda que seja difícil estabelecer a data de início de sua utilização, acredita-se que tenha sido entre 8000 a.C. e 7000 a.C. Sua metalurgia teve início provavelmente no Egito, por volta de 3500 a.C., a partir da malaquita, um mineral esverdeado contendo carbonato básico de cobre(II), atualmente utilizado na confecção de ornamentos. Porém, os minérios contendo sulfetos de cobre, que são mais abundantes, só começaram a ser explorados por volta de 2500 a.C., pois sua metalurgia é mais complexa.

A hidrometalurgia é o processo indicado para minérios do tipo óxido e carbonato, como a cuprita (Cu_2O) e a malaquita ($Cu_2CO_3(OH)_2$), respectivamente, embora possa ser utilizada para minérios do tipo sulfeto. No caso da malaquita, o agente lixiviante costuma ser ácido sulfúrico diluído, $H_2SO_4(aq)$. A seguir, descreveremos um dos métodos hidrometalúrgicos utilizados para a obtenção do cobre a partir da calcopirita ($CuFeS_2$).

Apesar de a calcopirita ser o minério de cobre mais abundante na Terra, o teor desse elemento químico no minério é relativamente baixo, sendo necessária uma etapa de enriquecimento por **flotação**. Essa técnica de separação de misturas consiste em pulverizar o minério e adicionar óleo, água e tensoativo em um tanque. A mistura é agitada, enquanto se faz passar ar comprimido através dela, fazendo com que as partículas da substância contendo cobre cobertas de óleo, de menor densidade, sejam conduzidas à superfície pelas bolhas de ar, em forma de espuma. A ganga corresponde à porção mais densa que decanta no tanque, enquanto a espuma, rica em cobre, é separada.

O minério enriquecido é então tratado com uma solução de cloreto de cobre(II), levando à formação do cloreto de cobre(I). Esse sal é insolúvel em água e facilmente separado do ferro, que permanece em solução.

$$\overset{+2\,+2\,-2}{CuFeS_2(s)} + 3\,Cu^{2+}(aq) + 4\,Cl^-(aq) \longrightarrow$$

$$\longrightarrow 4\,\overset{+1\,-1}{CuCl(s)} + Fe^{2+}(aq) + 2\,\overset{0}{S(s)}$$

Depois da separação dos sólidos, a adição de solução de cloreto de sódio (NaCl) causa a dissolução do cloreto de cobre(I), em virtude da formação do íon complexo:

$$CuCl(s) + Cl^-(aq) \longrightarrow [CuCl_2]^-(aq)$$

Os compostos de cobre(I) são instáveis se comparados aos compostos de cobre(II) e ao cobre metálico. Assim, o íon complexo $[CuCl_2]^-$ passa por uma reação denominada **desproporcionamento**, em que um íon em certo estado de oxidação forma íons do mesmo elemento químico com estados de oxidação maior e menor. Acompanhe:

$$2\,\overset{+1}{[CuCl_2]^-}(aq) \longrightarrow \overset{0}{Cu(s)} + \overset{+2}{CuCl_2}(aq) + 2\,Cl^-(aq)$$

O cobre obtido desse processo apresenta pureza de aproximadamente 99%, índice insatisfatório para empregá-lo em fios condutores, sua principal aplicação. Como a presença de impurezas reduz muito a condutividade do metal, o cobre, obtido pela pirometalurgia ou pela hidrometalurgia, pode ser purificado por meio do processo estudado a seguir. Além do uso como fio elétrico, o cobre pode ser transformado, por exemplo, em tubos empregados em situações que necessitam de grande resistência, tanto química quanto à proliferação de microrganismos.

:: Eletrometalurgia

O uso da eletricidade em processos metalúrgicos remonta ao início do século XIX. Utilizando corrente elétrica como um meio de estudar a matéria, o químico inglês Humphry Davy (1778-1829) obteve, em 1807, os metais sódio (Na) e potássio (K) a partir do hidróxido de sódio (NaOH) e do hidróxido de potássio (KOH) fundidos. No ano seguinte, Davy também conseguiu obter o magnésio (Mg), o cálcio (Ca), o estrôncio (Sr) e o bário (Ba).

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

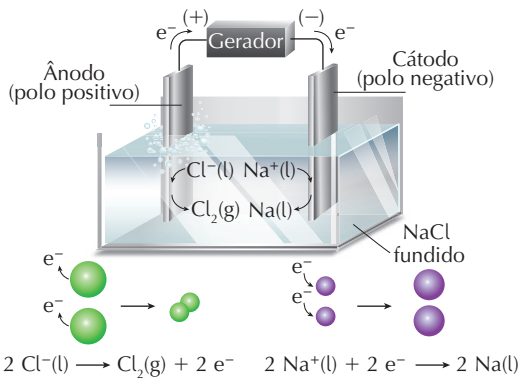
MODERNA

Retome neste momento com os estudantes a série de reatividade que se apresenta ao final deste Volume. Comente que pilhas e baterias são geradores elétricos do tipo químico. Os geradores elétricos são estudados na Unidade **Mundo tecnológico**.

Esse tipo de decomposição de substâncias compostas em substâncias simples por meio da eletricidade foi chamado de **eletrólise**. Atualmente, eletrólise pode ser definida como reações de oxirredução não espontâneas que ocorrem em consequência do fornecimento de energia elétrica para o sistema reacional, a partir de uma fonte externa. Esse processo tem aplicações que vão além da metalurgia, por exemplo, recarga de pilhas e baterias.

Eletrólise ígnea: isolando substâncias simples

O método empregado por Davy foi chamado de eletrólise ígnea, por utilizar substâncias fundidas, e permitiu obter metais alcalinos, alcalinoterrosos e o alumínio, os quais, por serem muito reativos, não tinham sido isolados antes, o que causou grande impacto na indústria. O sódio metálico, por exemplo, pode ser produzido pela aplicação de uma corrente elétrica ao cloreto de sódio em fase líquida (fundido), conforme a **Figura 4.4**.



Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. Tradução: Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

Figura 4.4 Representação esquemática de uma célula eletrolítica utilizada na eletrólise ígnea do cloreto de sódio e modelos submicroscópicos dos processos que ocorrem na interface dos eletrodos inertes. Uma vez que o cloreto de sódio funde a aproximadamente 800 °C sob 1 atm, a célula eletrolítica deve operar acima dessa temperatura. Como o sódio metálico é menos denso que o cloreto de sódio, ele se acumula na superfície, facilitando sua retirada. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Nesse sistema, conhecido como **célula eletrolítica**, duas lâminas ou bastões de material condutor e que não reagem nas condições do sistema reacional, por isso denominados **eletrodos inertes**, são colocados em contato com o sal fundido e conectados pelo circuito elétrico externo. Um exemplo de eletrodo inerte é a platina.

Por definição, o eletrodo no qual acontece a oxidação é chamado de **ânodo**. É para esse eletrodo que os ânions se deslocam e cedem seus elétrons. O eletrodo no qual acontece a redução é chamado de **cátodo**. É para esse eletrodo que os cátions migram, recebendo os elétrons provenientes do gerador.

Note que, nesse sistema reacional, a fonte de corrente elétrica contínua externa (uma pilha ou bateria, por exemplo) deve fornecer força eletromotriz (voltagem ou tensão) suficiente para que a reação redox não espontânea ocorra.

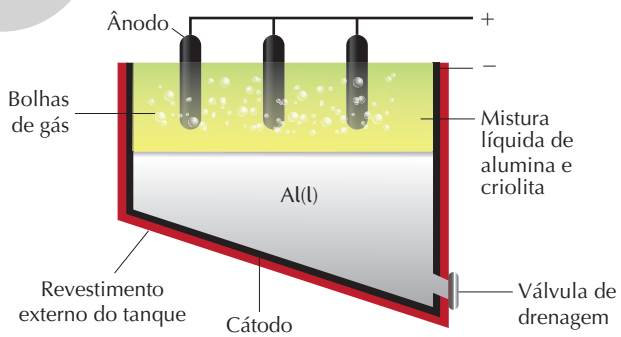
Comente a diferença entre corrente alternada e corrente contínua e peça aos estudantes que expliquem por que a eletrólise não é realizada com fontes de corrente alternada.

Extração eletrolítica do alumínio

O principal minério do qual se extrai o metal alumínio é a bauxita, uma mistura contendo óxido de alumínio (Al_2O_3) e algumas impurezas, como óxidos de silício e de ferro(III), SiO_2 e Fe_2O_3. Esse óxido de alumínio, também chamado de alumina, apresenta temperatura de fusão superior a 2.000 °C, o que torna a obtenção do alumínio metálico por eletrólise ígnea um processo com altos custos de produção.

Porém, em 1886, o químico alemão Charles Martin Hall (1863-1914) e o químico francês Paul Héroult (1863-1914) desenvolveram, de maneira independente, um método de obtenção do alumínio por eletrólise ígnea da alumina a 1.000 °C, que ficou conhecido como processo Hall-Héroult. Isso foi possível pela mistura do óxido com o minério criolita (Na_3AlF_6), que provoca a diminuição de sua temperatura de fusão, tornando a eletrólise ígnea da alumina economicamente viável. Como a criolita é encontrada naturalmente apenas na Groenlândia, em quantidades que compensam a exploração comercial, atualmente as indústrias utilizam criolita sintética no processo. Para termos uma ideia do impacto econômico do processo Hall-Héroult, o preço médio de 450 g de alumínio, em 1885, era de 100 dólares, e, em 1890, de apenas 2 dólares.

Nesse processo eletrolítico, o ânodo (polo positivo) atrai os ânions $O^{2-}(l)$, que são oxidados a gás oxigênio (O_2), enquanto no cátodo (polo negativo) os cátions $Al^{3+}(l)$ são reduzidos a alumínio metálico Al(l). Ou seja, os ânions óxido são os agentes redutores, enquanto os cátions alumínio são os agentes oxidantes. No entanto, reações secundárias são comuns e afetam a eficiência do processo. Por exemplo, os eletrodos de carbono grafite reagem tanto com o gás oxigênio, sendo oxidados, quanto com o alumínio metálico, sendo reduzidos, respectivamente, a gás carbônico (CO_2) e a ânions carbeto (C^{2-}). Note que nesse caso os eletrodos não são inertes, diferentemente do que foi visto na obtenção do sódio, e devem ser trocados periodicamente (**Fig. 4.5**).



Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a Ciência central. Tradução: Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

Figura 4.5 Esquema simplificado de uma célula eletrolítica utilizada no processo de Hall-Héroult. Alternativamente, o alumínio metálico fundido pode ser retirado do tanque com um sifão. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Reciclagem do alumínio

A reciclagem de latas de liga de alumínio é um dos melhores exemplos do conceito de **economia circular**, e o Brasil é um dos líderes mundiais nesse setor. Em 2018,

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

ESTE CONTEÚDO É PROIBIDO

reciclamos 96,9% das latas, segundo levantamento da Associação Brasileira do Alumínio (Abal) e da Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio (Abralatas). Ou seja, quase a totalidade do que foi colocado no mercado retornou ao ciclo produtivo.

Essa é a base do modelo econômico circular: redução do consumo, reutilização e reciclagem de matéria-prima e energia. A reciclagem das latas consome apenas 5% da energia elétrica necessária para produzir alumínio metálico a partir do minério. Representa, ainda, geração de renda para catadores e reduz o impacto ambiental em decorrência da menor quantidade de lixo que vai para os aterros sanitários e de resíduos da etapa de purificação dos minérios que são dispostos em barragens como as de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais.

Fique por dentro

Fundação Ellen MacArthur – Economia circular
Nessa página da internet, você pode saber mais sobre a economia circular. A fundação Ellen MacArthur, que se dedica a promover a transição da economia linear para esse novo modelo econômico, foi concebida pela velejadora que dá nome à entidade durante uma circum-navegação pelo planeta, que durou 72 dias e envolveu grande restrição de recursos.

Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>. Acesso em: 22 jun. 2020.

Refino eletrolítico

O refino eletrolítico é utilizado com o objetivo de purificar metais, sendo possível alcançar índices superiores a 99,99% de pureza. Para realizar o refino eletrolítico, emprega-se como ânodo a amostra de metal que se pretende purificar, e como cátodo uma fina lâmina ou fio do metal previamente purificado. Além disso, a cuba é preenchida com solução contendo íons do metal de interesse.

Ao aplicar voltagem suficiente, ocorre diminuição da massa do ânodo, pela passagem de íons para solução, e aumento da massa do cátodo, pela deposição do metal purificado. O processo gera como subproduto um resíduo que não se dissolve na solução e acaba depositado no fundo das células eletrolíticas. Esse subproduto é conhecido como **lama anódica** e, no caso do refino do cobre, constitui-se em fonte de metais preciosos como ouro, prata, platina e irídio.

Eletrólise em solução aquosa

Por causa da alta temperatura de fusão dos compostos iônicos, a obtenção de metais por eletrólise ígnea é geralmente um processo de custo elevado. No entanto, para os compostos iônicos solúveis em água, é possível a realização da eletrólise em solução aquosa à temperatura ambiente.

Nesse tipo de eletrólise, deve-se considerar, além dos íons provenientes do composto iônico, que a água se autoioniza e que pode ser decomposta em gás oxigênio e gás hidrogênio pela passagem de corrente elétrica, processos que podem ser representados pelas equações químicas a seguir.

Enfatize que no fim o processo se resume ao transporte do metal de interesse do ânodo para o cátodo.

Nesse momento, vale a pena citar aplicações do NaOH e do Cl_2. Inicie a discussão perguntando aos estudantes se conhecem os produtos soda cáustica e hipoclorito.

Autoionização:

$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$

Redução (cátodo, polo −):

$2\,H_2O(l) + 2\,e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2\,OH^-(aq)$

Oxidação (ânodo, polo +):

$2\,H_2O(l) \rightleftharpoons 4\,H^+(aq) + O_2(g) + 4\,e^-$

Por essa razão, nem sempre os produtos da eletrólise ígnea e da eletrólise em solução aquosa coincidem. A eletrólise industrial da salmoura – uma solução concentrada de cloreto de sódio –, por exemplo, produz duas das substâncias mais utilizadas na indústria química: o hidróxido de sódio (NaOH) e o gás cloro (Cl_2). Observe que um dos produtos formados é diferente dos obtidos na eletrólise ígnea do cloreto de sódio, estudada anteriormente. No lugar do sódio metálico, há formação de íons hidróxido (OH^-) em razão da redução de água, o que permite obter NaOH pela evaporação da água residual.

Com base na observação experimental da eletrólise de soluções aquosas de diversos eletrólitos, elaborou-se uma série que apresenta a prioridade de descarga nos eletrodos de oxidação (ânodo) e redução (cátodo). Nesse caso, a palavra descarga é usada como sinônimo de perda de carga elétrica, ou seja, transformação em uma espécie química eletricamente neutra.

Observe, na **Figura 4.6**, uma versão simplificada dessa série, que auxilia a prever as espécies que serão preferencialmente oxidadas ou reduzidas em boa parte das eletrólises em solução aquosa de interesse industrial.

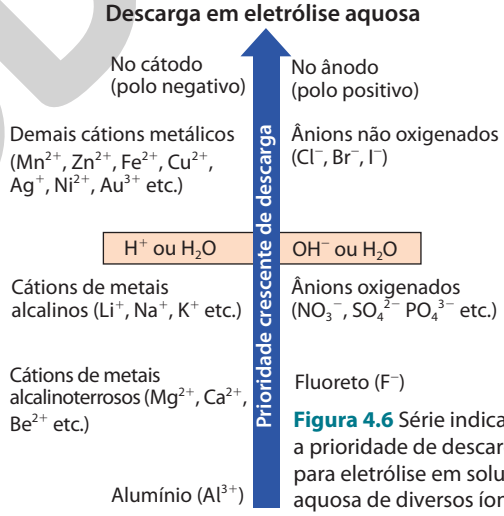


Figura 4.6 Série indicando a prioridade de descarga para eletrólise em solução aquosa de diversos íons.

Note que a água e os íons H^+ têm maior prioridade de descarga, no caso de serem reduzidos, do que os cátions Na^+. Já os íons Cl^- têm maior prioridade de descarga, no caso de serem oxidados, que os íons OH^- e a água.

Para prever qual substância será formada em cada eletrodo, é necessário identificar as espécies químicas presentes e suas respectivas concentrações, além de avaliar seus **potenciais-padrão do eletrodo**. Os potenciais-padrão de redução são uma medida da tendência de uma espécie química em ser reduzida em uma condição padronizada, realizada a certa temperatura, em que todos os reagentes e produtos em

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

MODERNA

solução têm concentração de 1,0 mol L^{-1}, todos os gases estão a 1 bar de pressão e todos os sólidos e líquidos estão puros.

Como tanto os íons $OH^-(aq)$ quanto os íons $H^+(aq)$, provenientes da autoionização da água, estão presentes em concentrações muito baixas no início da reação ($1{,}0 \cdot 10^{-7}$ mol L^{-1}, a 25 °C), eles não têm grande relevância no processo de oxirredução. De acordo com os dados da **Tabela 4.1**, os íons $OH^-(aq)$ apresentam o menor potencial-padrão de redução entre as espécies químicas que podem ser oxidadas na eletrólise da salmoura. Em contrapartida, os íons $H^+(aq)$ apresentam o maior potencial-padrão de redução entre as espécies químicas passíveis de serem reduzidas nesse processo eletroquímico.

Tabela 4.1 Potenciais-padrão de redução a 25 °C

$Cl_2(g) + 2\ e^- \rightleftharpoons 2\ Cl^-(aq)$	+1,36 V
$O_2(g) + 4\ H^+(aq) + 4\ e^- \rightleftharpoons 2\ H_2O(l)$	+1,23 V
$O_2(g) + 2\ H_2O(l) + 4\ e^- \rightleftharpoons 4\ OH^-(aq)$	+0,40 V
$2\ H^+(aq) + 2\ e^- \rightleftharpoons H_2(g)$	0,00 V*
$2\ H_2O(l) + 2\ e^- \rightleftharpoons H_2(g) + 2\ OH^-(aq)$	−0,83 V
$Na^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Na(s)$	−2,71 V

* Como não é possível medir isoladamente os potenciais de eletrodo, adotou-se o eletrodo-padrão de hidrogênio como referencial, ao qual se convencionou o valor de 0 V (zero volt).

Fonte: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

Além dos fatores citados anteriormente, questões cinéticas também devem ser consideradas. Por isso, para fins práticos, o uso de séries como a de reatividade e a de prioridade de descarga é útil, desde que utilizadas apropriadamente.

Aspectos quantitativos da eletrólise

Atualmente, é possível relacionar a quantidade de carga elétrica (Q) fornecida durante um período (t) em um processo eletrolítico com a massa (m) e a quantidade de matéria (n) das espécies químicas participantes.

Duas importantes contribuições no estabelecimento dessas relações foram os trabalhos do físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867), entre 1831 e 1834, e do físico estadunidense Robert Andrews Millikan (1868-1953), de 1909. Faraday demonstrou que a quantidade de produto formada ou de reagente utilizada é diretamente proporcional à quantidade de corrente elétrica que flui pela célula eletrolítica, ou seja, é estequiometricamente equivalente à quantidade de elétrons fornecida. Millikan determinou experimentalmente a carga do elétron (carga elementar).

Se multiplicarmos a carga de um elétron ($1{,}602176634 \cdot 10^{-19}$ C) pela constante de Avogadro ($N_A = 6{,}02214076 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}), obteremos a constante de Faraday (F), que representa a carga em 1 mol de elétrons e equivale a aproximadamente 96.500 C mol^{-1}.

Uma grandeza bastante empregada para caracterizar um circuito elétrico é a intensidade de corrente elétrica (i), que representa a quantidade de carga que atravessa uma secção do circuito por unidade de tempo. Essa grandeza apresenta como unidade no SI o ampère (A). Cada ampère corresponde à carga de 1 coulomb (1 C), que passa por determinada seção do circuito em 1 segundo: $1\ A = 1\ C\ s^{-1}$.

Multiplicando a intensidade de corrente de um circuito elétrico por seu tempo de funcionamento, em segundo, obtém-se a quantidade de carga elétrica que atravessou o circuito: $Q = it$.

A conversão de massa atômica para massa molar é dada na Unidade **Água**.

Combinando a quantidade de carga elétrica com a constante de Faraday, podemos determinar a quantidade total de elétrons envolvida na eletrólise e, com base nas proporções estequiométricas estabelecidas nas semirreações, calcular a quantidade dos reagentes e produtos.

Vamos retomar alguns exemplos dados ao longo do Tema, consultando a tabela periódica para obter os valores de massa molar.

$Cu(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2\ e^-$

Para transferir cerca de 193.000 C, deve ocorrer a oxidação de 63,6 g (1 mol) de cobre.

$2\ Cl^-(aq) \rightleftharpoons Cl_2(g) + 2\ e^-$

Para transferir cerca de 193.000 C, deve ocorrer a oxidação de 71 g (2 mol) de íons cloreto.

$Al^{3+}(aq) + 3\ e^- \rightleftharpoons Al(s)$

Para depositar 27 g (1 mol) de alumínio, são necessários cerca de 289.500 C.

$Na^+(aq) + e^- \rightleftharpoons Na(s)$

Para depositar 23 g (1 mol) de sódio, são necessários cerca de 96.500 C.

Note que para transferir a mesma quantidade de carga é necessária uma quantidade de matéria (e de massa) maior de íons cloreto do que de cobre metálico. Observe também que, para obter alumínio metálico, gasta-se muito mais energia do que para obter massa similar de sódio metálico.

Admitindo que determinada lata de bebida com 13,8 g é feita de uma liga metálica que contém 98% de alumínio, vamos calcular quantas horas deveria durar a eletrólise da alumina, sob uma corrente de 10 A, para obter a massa de alumínio contida em uma única lata.

Primeiro, obtém-se a quantidade de alumínio necessária:

$m(Al) = 13{,}8\ g \cdot 98\% \approx 13{,}5\ g$

Em seguida, determina-se a quantidade de carga a ser fornecida:

$Al^{3+}(aq)$	+	$3\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$Al(s)$
		289.500		27 g
		Q		13,5 g

$$Q = \frac{289.500\ C \cdot 13{,}5\ g}{27\ g} \therefore Q = 144.750\ C$$

Por fim, calcula-se o tempo:

$$Q = it \Rightarrow t = \frac{Q}{i} \Rightarrow t = \frac{144.750\ C}{10\ A}$$

$\therefore t = 14.475\ s \approx 4\ h$

Perceba que tempo e intensidade de corrente elétrica são grandezas inversamente proporcionais. Assim, se dobrarmos a intensidade de corrente elétrica, observaremos uma redução do tempo pela metade.

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

Atividades

Registre em seu caderno

1. Identifique, entre as transformações representadas a seguir, as reações de oxirredução e determine a quantidade de matéria de elétrons transferida em cada caso.

a) $2\ ZnS(s) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2\ Zn(s) + 2\ SO_3(g)$

b) $ZnSO_4(aq) + CaCl_2(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + CaSO_4(s)$

c) $N_2(g) + 3\ H_2(g) \longrightarrow 2\ NH_3(g)$

2. Muitos metais podem ser obtidos a partir de seus compostos por meio da reação destes com hidrogênio gasoso. Considere a equação química para a obtenção do estanho metálico, apresentada abaixo, e faça o que se pede.

$SnO_2(s) + 2\ H_2(g) \longrightarrow Sn(s) + 2\ H_2O(g)$

a) Identifique os elementos químicos cujo Nox varia na reação e o valor dessa variação (ΔNox).

b) Classifique a atmosfera em que ela ocorre em oxidante ou redutora, justificando sua resposta.

3. Um dos primeiros métodos para a obtenção das terras-raras lantânio, cério, promécio e neodímio, na forma metálica e em pequenas quantidades, foi desenvolvido em 1952 por químicos canadenses. Por esse método, os óxidos reagem para produzir cloretos, e estes são reduzidos com cálcio metálico à temperatura de 1.450 °C, formando o respectivo metal e cloreto de cálcio.

a) De acordo com o processo descrito, escreva, em seu caderno, a equação química para a obtenção de neodímio metálico a partir do cloreto de neodímio(III).

b) Qual substância é o agente redutor e qual é o agente oxidante nessa reação?

4. Quando a ustulação do sulfeto de zinco é feita em atmosfera de oxigênio mantendo-se a temperatura entre 600 °C e 800 °C, é obtido o sulfato de zinco. Nesse processo, o controle da temperatura deve ser rigoroso, uma vez que o sulfato de zinco tende a se decompor em temperaturas acima de 800 °C, formando óxido de zinco e trióxido de enxofre.

a) Identifique o processo metalúrgico. Justifique.

b) Escreva, em seu caderno, a equação química do processo de ustulação.

c) Qual é o agente oxidante e qual é o agente redutor do processo de ustulação?

d) Escreva a equação química da reação de decomposição do sulfato de zinco e explique se o processo pode ou não ser considerado uma reação de oxirredução.

5. (Enem)

Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio no outro. A eletricidade de uma pilha de 1 volt parecia tão fraca, e, no entanto, podia ser suficiente para desfazer um composto químico, a água.

SACKS, O. *Tio Tungstênio*: memórias de uma infância química. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.

O fragmento do romance de Oliver Sacks relata a separação dos elementos que compõem a água.

O princípio do método apresentado é utilizado industrialmente na:

a) obtenção de ouro a partir de pepitas.

b) obtenção de calcário a partir de rochas.

c) obtenção de alumínio a partir de bauxita.

d) obtenção de ferro a partir de seus óxidos.

e) obtenção de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

6. Com o intuito de avaliar a viabilidade da recuperação dos metais cobre e estanho de placas de circuito impresso encontradas em sucatas eletrônicas, dissolveram-se as placas em ácido sulfúrico e, em seguida, monitorou-se a variação da concentração em gramas de íons por litro de solução ao longo do tempo de passagem de corrente elétrica pelo sistema.

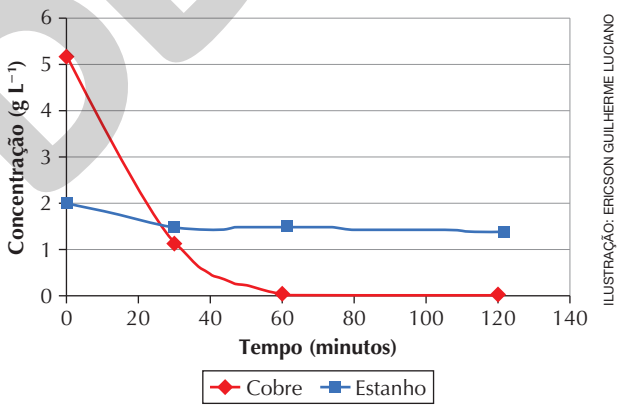


ILUSTRAÇÃO: ERICSON GUILHERME LUCIANO

Fonte consultada: VEIT, H. M. *et al*. Utilização de processos mecânicos e eletroquímicos para reciclagem de cobre de sucatas eletrônicas. *Revista Escola de Minas* (Ouro Preto), v. 61, n. 2, p. 159-164, 2008.

a) Os íons depositaram-se no cátodo ou no ânodo? Justifique.

b) Para qual dos dois metais o processo metalúrgico extrativo empregado foi mais eficiente? Justifique seu raciocínio.

7. Sabendo que o refino eletrolítico do cobre é feito com solução ácida de sulfato de cobre(II), $CuSO_4$, descreva a semirreação que acontece no ânodo por meio de um modelo submicroscópico como os da Figura 4.4. Tenha em mente que o raio do cátion é menor do que o raio do átomo correspondente.

8. (Unicamp-SP) Em um determinado processo eletrolítico, uma pilha mostrou-se capaz de fornecer $5{,}0 \cdot 10^{-3}$ mol de elétrons, esgotando-se depois.

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

MODERNA

a) Quantas pilhas seriam necessárias para se depositar 0,05 mol de cobre metálico, a partir de uma solução de Cu^{2+}, mantendo-se as mesmas condições do processo eletrolítico?

b) Quantos gramas de cobre seriam depositados nesse caso?

9. Considere a eletrólise em solução aquosa das substâncias a seguir. Monte uma tabela identificando, para cada caso, que espécie se reduz e que espécie se oxida, tendo como base a série de prioridade de descarga apresentada no Tema. Identifique apropriadamente as colunas da sua tabela.

a) $MgSO_4$

b) KI

c) $Ni(NO_3)_2$

d) $CuBr_2$

10. Copie e complete, em seu caderno, a tabela a seguir considerando os aspectos quantitativos da eletrólise ígnea do cloreto de sódio.

Condição	*m*(Na)	*i*	*t*
I	115 g		1 h
II		100 A	129 min
III	46 g	20 A	

11. A eletrólise, sob as mesmas condições de uma solução aquosa contendo íons V^{3+} e de uma solução aquosa contendo íons V^{2+}, não produz a mesma massa de vanádio metálico. Por quê?

12. Uma estudante realizou um experimento que consistiu na passagem de corrente elétrica contínua em uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI). Para auxiliar a identificação dos produtos, foram adicionadas, próximo aos eletrodos, solução alcoólica de fenolftaleína e suspensão de amido em água. A solução alcoólica de fenolftaleína muda de incolor para rosa na presença de concentrações de íons $OH^-(aq)$ a 25 °C superiores a de cerca de 10^{-8} mol L^{-1}, e a suspensão de amido adquire intensa coloração azul na presença de I_2. Sobre os resultados observados, é correto afirmar:

a) houve formação de gás no cátodo.

b) a solução tornou-se rosa próximo ao ânodo.

c) a solução tornou-se azul próximo ao cátodo.

d) não foram identificadas evidências de transformação química.

13. (Unicamp-SP) A produção mundial de gás cloro é de 60 milhões de toneladas por ano. Um processo eletroquímico moderno e menos agressivo ao meio ambiente, em que se utiliza uma membrana semipermeável, evita que toneladas de mercúrio, utilizado no processo eletroquímico convencional, sejam dispensadas anualmente na natureza. Esse processo moderno está parcialmente esquematizado na figura abaixo.

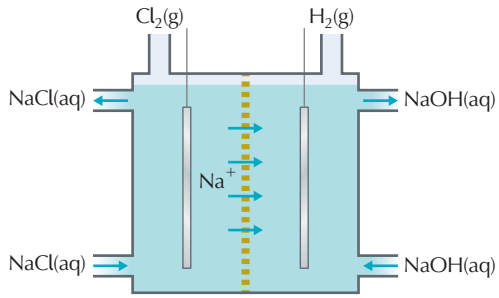
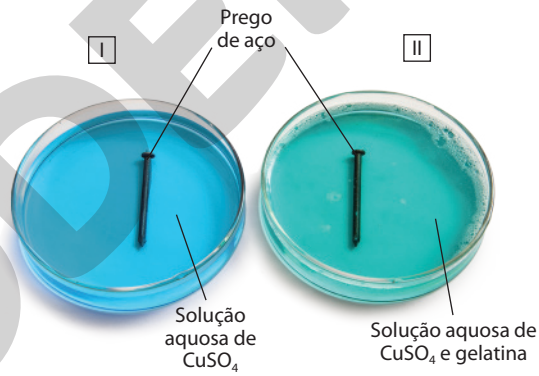


ILUSTRAÇÃO: ADILSON SECCO

a) Se a produção anual de gás cloro fosse obtida apenas pelo processo esquematizado na figura, qual seria a produção de gás hidrogênio em milhões de toneladas?

b) Na figura, falta representar uma fonte de corrente elétrica e a formação de íons OH^-. Complete o desenho, em seu caderno, com essas informações, não se esquecendo de anotar os sinais da fonte e de indicar se ela é uma fonte de corrente alternada ou de corrente contínua.

14. A uma estudante foi apresentada a seguinte questão: é possível diminuir a rapidez de uma reação de oxirredução? Ela pesquisou e propôs o teste representado pela figura a seguir.



DOTTA2

a) Qual hipótese essa estudante provavelmente quer testar com essa atividade?

b) Escreva, em seu caderno, a equação química da reação principal que ocorre no sistema I sem incluir o íon que não participa do processo, justificando sua resposta por meio da série de reatividade dos metais. Essa reação também deve ocorrer no sistema II?

c) Haverá diferença na rapidez da reação nos dois sistemas? Caso haja, em qual deles a reação será mais rápida? Justifique.

d) Em grupo, escrevam um roteiro detalhando as etapas para a execução do teste proposto pela estudante.

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

MODERNA

TEMA 5

Leis de Newton, máquinas simples e dinâmica do movimento circular

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6

Habilidades: EM13CNT204; EM13CNT301; EM13CNT306; EM13MAT308

O movimento necessita de uma causa?

Os meios de transporte mostrados nas **Figuras 5.1 A** e **5.1 B**, utilizados desde tempos remotos, ajudaram a moldar o pensamento a respeito das causas do movimento. A ideia de que só existe movimento enquanto houver um agente motor tem raízes na Antiguidade; por exemplo, para se movimentar, a jangada necessita de remos ou da ação do vento e o carro de boi precisa da ação dos animais. Essa ideia se baseava na observação do movimento de um corpo a partir da ação de uma **força** exercida por outro corpo. Mas será que essa ideia é absolutamente correta? A pergunta é muito complexa e levou aproximadamente 2 mil anos para ser respondida, período entre as publicações do filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) e as do matemático e físico italiano Galileu Galilei (1564-1642) a esse respeito.



VITORIANO JUNIOR/SHUTTERSTOCK

ROGÉRIO REIS/PULSAR IMAGENS

Figura 5.1 (A) Jangada em Porto de Galinhas (PE, 2013). **(B)** Carro de boi em Mossâmedes (GO, 2018). Esses são exemplos de tecnologias muito antigas utilizadas para transporte.

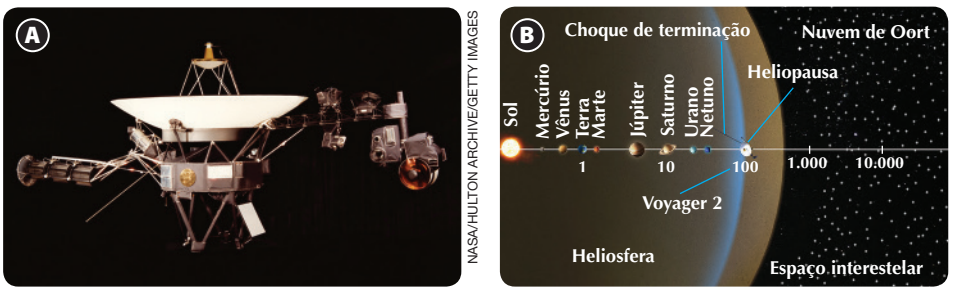
Chamaremos de **força** uma interação ou ação entre dois corpos capaz de deformá-los ou modificar seu movimento.

Para Aristóteles, o movimento horizontal dos corpos ocorria apenas quando eram puxados ou empurrados, ou seja, enquanto uma força atuasse sobre eles. Essa visão de Aristóteles a respeito do movimento, aliada a diversas outras – como o movimento dos corpos celestes não seguir as mesmas regras do movimento dos corpos da Terra, ou a queda dos corpos ser um movimento natural causado pela tendência dos "graves" (corpos em queda) de buscarem seu lugar natural que é a Terra –, formava a chamada Mecânica Aristotélica.

Com os trabalhos de Galileu Galilei e, posteriormente, os do matemático e físico inglês Isaac Newton (1643-1727), essa visão se modificou.

Movimento inercial

A sonda Voyager 2 (**Fig. 5.2 A**) foi lançada em 1977 e percorreu todo o Sistema Solar, passando próximo dos planetas e registrando fotos que foram enviadas à Terra. Atualmente, ela está se afastando do Sol, a uma velocidade de aproximadamente 55.000 km h^{-1}, e já fora do Sistema Solar. A Voyager 2 não é empurrada nem puxada por nenhum corpo ou astro. Então, como ela mantém sua velocidade?



NASA/HULTON ARCHIVE/GETTY IMAGES

CRIS ALENCAR

Figura 5.2 (A) Sonda Voyager 2. **(B)** Representação que mostra a distância entre a sonda Voyager 2 e o Sol. A distância entre o Sol e a Terra, chamada de unidade astronômica, é indicada pelo valor 1. Os outros valores no eixo se baseiam nessa unidade. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

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

MODERNA

Galileu propôs que todo corpo tende a manter seu movimento, e que essa tendência permanece até que ele interaja com outro corpo, alterando assim seu estado de movimento. Esse é o conceito de **inércia**. Ao dizer que um corpo tem inércia, estamos nos referindo à tendência desse corpo de manter seu movimento no vácuo. Na época de Galileu, acreditava-se que o vácuo não existia; logo, essa situação era hipotética. Galileu propôs esse modelo para explicar que o fato de os corpos caírem em linha reta não era justificativa para afirmar que a Terra está parada, o que se acreditava até então. Galileu afirmava que, se a Terra está em movimento, ao soltar um objeto, ele também está em movimento lateral. Durante a queda, o objeto adquire movimento vertical, mas mantém o movimento lateral inicial. Um raciocínio brilhante, que ajudou a mudar a visão do mundo e do Universo.

:: Primeira lei de Newton

Newton escreveu, 96 anos após a publicação do estudo de Galileu, uma das obras mais importantes da Ciência: *Princípios matemáticos da Filosofia Natural* (os *Principia*). Nessa obra, são apresentadas de forma sistemática, organizada e matemática todas as bases da Mecânica. Newton atribui ao **princípio da inércia** o nome de primeira lei, posteriormente chamada de **primeira lei de Newton**. Segundo esse princípio, todo corpo tende a se manter em repouso ou em movimento em linha reta com velocidade constante sempre que a resultante de todas as forças aplicadas sobre ele for nula.

Como **resultante das forças**, entende-se a soma vetorial de todas as forças aplicadas no corpo.

Quando estamos em um carro em movimento e ele freia bruscamente, nosso corpo tende a manter seu movimento, em linha reta, na velocidade com que vinha se deslocando até então. É comum as pessoas falarem que foram "arremessadas para a frente". Mas, na verdade, como nenhuma força atuou na horizontal, o movimento se manteve, sendo o carro que ficou mais devagar. Esse é mais um exemplo de movimento inercial, e é daí que vem a importância do cinto de segurança e do *airbag* (**Fig. 5.3**). Eles servem para que, quando o carro diminui a velocidade ou colida, o motorista e os passageiros também tenham sua velocidade reduzida.



FSTOP IMAGES - CASPAR BENSON/ BRAND X/GETTY IMAGES

Figura 5.3 Simulação com boneco para verificar a eficiência do cinto de segurança e do *airbag*, que impede que as pessoas dentro de um veículo mantenham o movimento inercial em caso de freadas bruscas ou colisões.

:: Forças

Para alterarmos o movimento de um corpo, alguma força deve ser aplicada sobre ele; seja para um carro acelerar, um avião decolar ou frear, um corredor de 100 metros rasos largar, seja para chutar uma bola ou para o goleiro fazer uma defesa. A alteração do movimento para deixá-lo mais rápido, desacelerá-lo ou mudar a sua direção está sempre associada a uma ou mais forças sendo aplicadas. Veremos a seguir algumas forças capazes de produzir essas alterações e as suas características.

Força gravitacional ou peso

Uma das primeiras forças que experimentamos é o **peso**, pois desde bebês brincamos com o seu efeito, observando como os objetos caem. Quando aprendemos a andar, o fazemos mediante um equilíbrio que é alterado continuamente. Nosso corpo é constantemente atraído para baixo pela Terra. Essa força com a qual a Terra ou qualquer outro astro atrai os objetos para o seu centro é chamada de **força gravitacional** ou **peso**.

Quanto maior a massa (m) do corpo, maior a força com que a Terra o atrai. Com isso, estabelece-se uma proporção, sendo a razão entre a força peso e a massa uma constante que depende do local onde o peso está sendo medido, chamada de **aceleração da gravidade** $\left(\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}\right)$.

O valor da aceleração da gravidade (g) em um local é igual ao valor da aceleração de um corpo em queda livre. Se conhecermos a aceleração da gravidade no local, podemos calcular o peso de um corpo de massa m por meio da equação:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de força é o newton (N), em homenagem a Isaac Newton, sendo $1\ \text{N} = 1\ \text{kg m s}^{-2}$.

Na visão aristotélica da Mecânica, quanto mais pesado for o corpo, mais rápido ele tende a cair. No entanto, Galileu, ao formular suas teorias a respeito dos movimentos dos corpos mediante a gravidade, afirmou que a aceleração com a qual um corpo cai independe da sua massa.

Em 1971, o astronauta estadunidense David Scott (1932-), tripulante da missão Apollo 15, soltou próximo da superfície da Lua um martelo e uma pena, confirmando a hipótese de Galileu. Claramente essa confirmação já havia sido feita em diversos outros momentos, porém seu feito teve valor histórico.

Sabemos que a massa do martelo era 1,3 kg, que $9{,}8\ \text{m s}^{-2}$ é o valor da aceleração da gravidade próximo à superfície da Terra e que $1{,}6\ \text{m s}^{-2}$ é o valor da aceleração da gravidade próximo à superfície da Lua. Qual é a intensidade do peso do martelo próximo à superfície da Terra e da Lua?

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

MODERNA

Em relação à Terra, temos:

$P = mg \Rightarrow P_{Terra} = 1{,}3\ kg \cdot 9{,}8\ m\ s^{-2} \therefore P_{Terra} = 12{,}74\ N$

A intensidade do peso do martelo na superfície da Lua vale:

$P = mg \Rightarrow P_{Lua} = 1{,}3\ kg \cdot 1{,}6\ m\ s^{-2} \therefore P_{Lua} = 2{,}08\ N$

Isso quer dizer que um objeto próximo à superfície da Terra é aproximadamente seis vezes mais pesado do que se estivesse próximo à da Lua, embora a massa (quantidade de matéria) seja a mesma em qualquer local.

Força normal

Observe a **Figura 5.4 A**. Com os pés, o atleta aplica uma força sobre a plataforma do aparelho de ginástica. De fato, para que o atleta estique as pernas, ele deve **empurrar** a superfície da plataforma. Na **Figura 5.4 B**, vê-se de forma esquemática o par de forças trocado entre os pés e a plataforma. Forças como essas, que são trocadas por superfícies em contato que se empurram mutuamente, são chamadas de **forças normais** $\left(\vec{F}_N\right)$. Observe que a direção dessa força é sempre perpendicular à superfície de contato dos corpos.



SYDA PRODUCTIONS/SHUTTERSTOCK

NELSON MATSUDA

Figura 5.4 (A) No exercício físico mostrado na imagem, uma força é aplicada entre os pés e a plataforma do aparelho de ginástica. **(B)** Representação esquemática das forças aplicadas. (Cores-fantasia.)

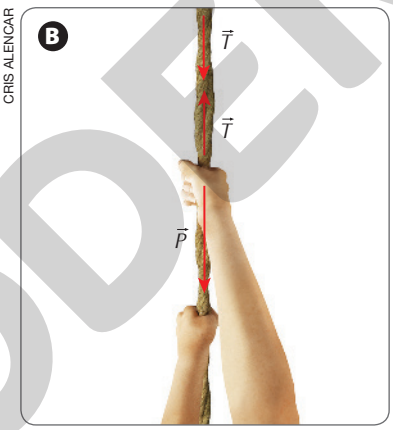
Força de tração

Na **Figura 5.5 A**, podemos observar um atleta que se pendura em uma corda. O peso (força gravitacional) puxa o atleta para baixo. Como está em equilíbrio, de acordo com a primeira lei de Newton, sabemos que a resultante das forças aplicadas no atleta deve ser nula; para isso, alguma força deve atuar no atleta no sentido contrário, para cima.

Há, nesse caso, mais um par de forças entre as mãos do atleta e a corda; o atleta puxa a corda para baixo e é, simultaneamente, puxado pela corda para cima (**Fig. 5.5 B**). Forças como essa, que são aplicadas por cordas e cabos, são chamadas de forças de tração $\left(\vec{T}\right)$.



BARANQ/ALAMY/FOTOARENA



CRIS ALENCAR

Figura 5.5 (A) Ao se pendurar em uma corda, há um par de forças entre as mãos do atleta e a corda. **(B)** Representação esquemática das forças. (Cores-fantasia.)

A força de tração, assim como a força normal, necessita do contato entre as superfícies dos corpos para ocorrer. Forças que necessitam do contato entre as superfícies são chamadas de **forças de contato**, e as que não necessitam de contato são chamadas de **forças de campo**, como é o caso da força peso.

Força de atrito



VITALINA RYBAKOVA/ALAMY/FOTOARENA

Figura 5.6 Trabalhador operando um esmerilador para afiar um formão.

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

MODERNA

Na **Figura 5.6**, o trabalhador usa um esmerilador, máquina usada para desbastar e polir peças e para afiar ferramentas, por meio de um rebolo com material abrasivo (o esmeril). O rebolo aplica uma força que desgasta a peça que está sendo afiada, chegando a arrancar fragmentos incandescentes dessa peça. Isso ocorre porque a temperatura das superfícies de contato tende a subir a níveis muito altos, fazendo com que os fragmentos emitam radiação na faixa do espectro visível. Observe que os fragmentos são lançados em uma **direção paralela** (ou tangencial) à superfície de contato, que é uma característica da **força de atrito** ($\vec{F}_{at}$). A sua direção é sempre paralela (ou tangencial) à superfície de contato, e o sentido é contrário ao sentido do **escorregamento** ou tentativa de escorregamento.

Nesse exemplo, há escorregamento de fato entre o rebolo e o formão, e por esse motivo dizemos que a força de atrito é **dinâmica**. A força de atrito dinâmica pode ser observada em diversas situações de escorregamento: quando o corpo de um jogador desliza sobre o piso da quadra; quando as rodas de um carro derrapam no chão deixando marcas sobre o asfalto por causa de uma freada brusca; quando riscamos a lousa com um giz etc. Em todas essas situações, as rugosidades das superfícies dos corpos em contato se interpenetram, como pode ser visto na **Figura 5.7**, e o escorregamento, para ocorrer, deve ser forçado. Além disso, como há movimento relativo entre as duas superfícies e interpenetração das rugosidades, ocorre o desgaste dos materiais.

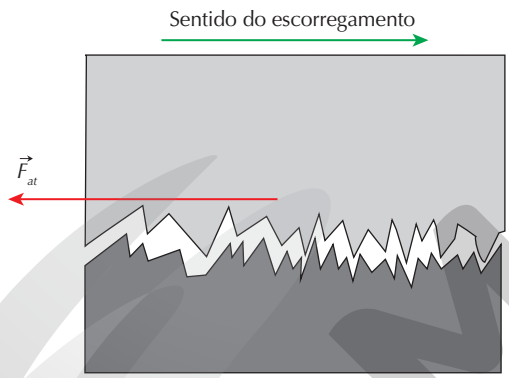


Figura 5.7 Representação de duas superfícies rugosas se interpenetrando. Ao movimentar a superfície superior para a direita, surge uma força para a esquerda, no sentido contrário ao escorregamento, em virtude do contato entre as rugosidades.

Quanto maior for a força normal devida à compressão entre as superfícies, maior será a força de atrito dinâmica. A relação aproximada entre essas duas forças pode ser calculada na maioria dos casos de atrito seco, ou seja, quando não há um material lubrificante entre as superfícies, como:

$$\frac{F_{at}}{F_N} = \text{constante}$$

O valor dessa constante depende dos materiais utilizados nas superfícies e é chamado de **coeficiente de atrito dinâmico** (μ_d). Podemos escrever a equação da força de atrito dinâmico como:

$$F_{at} = \mu_d \cdot F_N$$

Nas situações em que há **tentativa de escorregamento**, mas ele não ocorre, a força de atrito é denominada **força de atrito estático**. Assim como a força de atrito dinâmico, a força de atrito estático ocorre devido à interpenetração das rugosidades das superfícies de contato. Porém, no caso estático, o escorregamento não acontece, de forma que as rugosidades permanecem inalteradas e não há desgaste do material. Veja alguns exemplos na **Figura 5.8**.



OLE MATHISEN/ALAMY/FOTOARENA

LISJATINA/SHUTTERSTOCK

Figura 5.8 **(A)** Ao fazer uma escalada, para evitar o escorregamento, muitas vezes se utiliza um pó feito com magnésio, que aumenta o atrito estático máximo entre as mãos do atleta e a superfície. **(B)** Na situação ilustrada pela imagem, não há escorregamento entre as patas do cão e a rampa, sendo esse um tipo de atrito estático.

Diferentemente da força de atrito dinâmico, a força de atrito estático não tem um valor determinado, que possa ser calculado a partir de uma expressão. A intensidade da força de atrito estático depende do esforço que está sendo executado para tentar retirar o corpo da situação de equilíbrio.

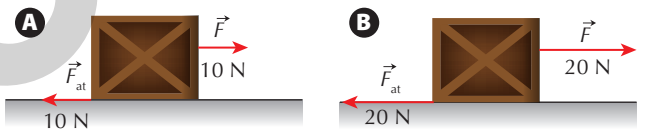


Figura 5.9 A intensidade da força de atrito estático depende da força que está atuando no corpo. **(A)** Atuação de uma força $(\vec{F})$ de 10 N. **(B)** Atuação de uma força $(\vec{F})$ de 20 N.

Na **Figura 5.9**, um corpo está em repouso sobre uma superfície horizontal. Se aplicarmos uma força de 10 N, a força de atrito estático necessária para manter o corpo em equilíbrio será 10 N. Se aplicarmos uma força de 20 N, a intensidade necessária para a força de atrito estático manter o corpo em equilíbrio será 20 N, e assim por diante. Porém, essa situação tem um limite. Existe uma força máxima que pode ser aplicada antes de o corpo sair da situação de equilíbrio. Esse valor corresponde à **intensidade máxima da força de atrito estático** ($F_{at\,máx}$). A intensidade máxima da força de atrito estático é proporcional à intensidade da força normal, assim como a intensidade da força de atrito dinâmico. Porém, a constante de proporcionalidade para o caso do valor máximo da força de atrito estático (μ_e)

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

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

é diferente da constante de proporcionalidade para o caso dinâmico (μ_d). No caso estático, temos:

$$F_{at\,máx} = \mu_e \cdot F_N$$

O valor de μ_e também depende dos materiais que compõem as superfícies. Na **Tabela 5.1**, são apresentados valores dos coeficientes de atrito estático e dinâmico para alguns materiais que compõem superfícies em atrito.

Tabela 5.1 Valores dos coeficientes de atrito estático e dinâmico para alguns materiais em atrito

Materiais	Coeficiente de atrito estático (μ_e)	Coeficiente de atrito dinâmico (μ_d)
Borracha sobre concreto	1,0	0,8
Alumínio sobre aço	0,61	0,47
Madeira sobre neve molhada	0,14	0,10
Gelo sobre gelo	0,10	0,03

Fonte: SERWAY, R. A.; JEWETT JR., J. W. *Princípios de Física*: Mecânica Clássica e relatividade. Tradução da 5ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2014. v. 1.

Observe que o coeficiente de atrito estático é sempre maior do que o coeficiente de atrito dinâmico. Logo, é necessário aplicar uma força maior para retirar o corpo do repouso, devido ao valor máximo da força de atrito estático, do que para manter o corpo em movimento uniforme com atrito dinâmico.

Na **Figura 5.10**, vemos um homem empurrando uma caixa com duas crianças dentro. Suponhamos que a massa total seja de 50 kg. O homem aplica na caixa uma força na direção horizontal de intensidade F. O coeficiente de atrito estático vale $\mu_e = 0{,}4$, e o coeficiente de atrito dinâmico vale $\mu_d = 0{,}2$. Quais são os módulos das forças de atrito estático e dinâmico nessa situação?

RIDO/SHUTTERSTOCK



Figura 5.10 Crianças dentro de uma caixa que está sendo empurrada, o que gera força de atrito entre o solo e a caixa.

Primeiro, vamos calcular a força normal. Nessas condições, a intensidade da força normal tem o mesmo valor que o peso, pois a resultante das forças não tem componente vertical; logo:

$$F_N = P \Rightarrow F_N = m \cdot g \Rightarrow F_N = 50\,kg \cdot 10\,m\,s^{-2} \therefore F_N = 500\,N$$

A intensidade máxima da força de atrito estático será:

$$F_{at\,máx} = \mu_e \cdot F_N \Rightarrow F_{at\,máx} = 0{,}4 \cdot 500\,N \therefore F_{at\,máx} = 200\,N$$

Isso quer dizer que, se o homem aplicar uma força com intensidade de até 200 N, a caixa não sairá do lugar.

Se ele iniciar o deslizamento da caixa aplicando uma força inicialmente maior que 200 N, a força de atrito se tornará dinâmica, calculada como:

$$F_{at} = \mu_d \cdot F_N \Rightarrow F_{at} = 0{,}2 \cdot 500\,N \therefore F_{at} = 100\,N$$

Portanto, ao iniciar o deslizamento, se o homem reduzir a força para 100 N, a caixa continuará em movimento retilíneo uniforme, com a resultante das forças nula.

Força elástica

Imagine-se sendo transportado por um carro cujas rodas estivessem rigidamente presas ao chassi. Qualquer oscilação da roda seria transmitida diretamente ao veículo todo, tornando sua viagem inviável. Em um veículo, o sistema de suspensão, além de promover a sua estabilidade, mantém o peso distribuído em molas (**Fig. 5.11**), tornando independente o movimento de trepidação dos eixos. Por isso, quando passamos sobre pequenos buracos ou pedras, não sentimos as trepidações tão bruscamente no interior do veículo.

NIXX PHOTOGRAPHY/SHUTTERSTOCK



Figura 5.11 A mola azul mostrada na imagem faz parte do sistema de suspensão de um automóvel.

A mola do carro, assim como as molas de diversos equipamentos, tem a propriedade de ser **elástica**, isto é, de passar por **deformações** causadas por uma força aplicada sobre ela. Mas, ao retirarmos a força aplicada, ela retorna ao comprimento original. A deformação x pode ser definida como a mudança no comprimento da mola em relação ao seu comprimento original.

NELSON MATSUDA

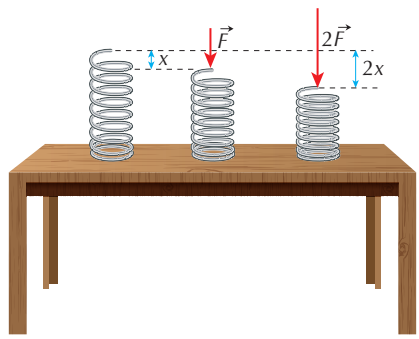


Figura 5.12 Representação da relação entre a deformação de uma mola e a força aplicada. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

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

MODERNA

No exemplo da **Figura 5.12**, há, sobre uma mesa, três molas iguais. A mola da esquerda está com seu comprimento natural. Na mola central, é aplicada uma força de intensidade F, que faz com que seu comprimento seja deformado até um valor x. Perceba que para a deformação ser de $2x$, na mola da direita, é necessário aplicar uma força com intensidade $2F$.

A relação entre a intensidade da **força elástica** ($F_{elást}$), que é o nome dado à intensidade da força aplicada pela mola, e a deformação x nos materiais elásticos é uma constante chamada **constante elástica da mola** (k). Essa relação pode ser expressa por:

$$\frac{F_{elást}}{x} = k \text{ ou } F_{elást} = kx$$

A unidade da constante elástica é N m^{-1} no Sistema Internacional de Unidades (SI). Esse valor representa quantos newtons devem ser aplicados na mola para deformá-la em uma unidade de medida no comprimento. Na prática, ela estabelece a proporção entre a intensidade da força aplicada e a deformação.

O **dinamômetro** é um instrumento usado para medir a intensidade de forças mecânicas. Um tipo de dinamômetro usualmente empregado é o dinamômetro de mola. Como ilustra a **Figura 5.13**, ele tem seu comprimento alterado de acordo com a intensidade da força aplicada. Imagine que nesse dinamômetro, quando se pendura um objeto de 300 g de massa, o comprimento da mola varie 2 cm. Qual é a constante elástica da mola?

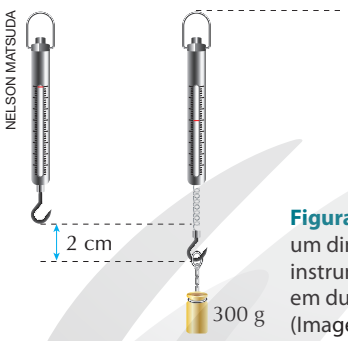


Figura 5.13 Representação de um dinamômetro de mola, instrumento para medir forças, em duas situações distintas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A intensidade da força aplicada pela mola, para cima, deve ter a mesma intensidade que o peso do objeto para haver equilíbrio. Logo, a intensidade da força elástica pode ser calculada como:

$$F_{elást} = P \Rightarrow F_{elást} = mg \Rightarrow F_{elást} = 0{,}3 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m s}^{-2}$$

$$\therefore F_{elást} = 3 \text{ N}$$

Nesse caso, a constante elástica da mola é:

$$k = \frac{F_{elást}}{x} \Rightarrow k = \frac{3 \text{ N}}{2 \text{ cm}} \Rightarrow k = \frac{300 \text{ N}}{2 \text{ m}}$$

$$\therefore k = 150 \text{ N m}^{-1}$$

Se outro objeto de massa desconhecida for pendurado no dinamômetro e ele tiver o seu comprimento alterado para $x = 3{,}5$ cm, qual será o peso do corpo?

Primeiro, vamos calcular a intensidade da força elástica:

$$F_{elást} = kx \Rightarrow F_{elást} = 150 \text{ N m}^{-1} \cdot 0{,}035 \text{ m} \therefore F_{elást} = 5{,}25 \text{ N}$$

Como o corpo está em equilíbrio, sob a ação apenas da força elástica e do próprio peso, a intensidade do peso valerá, também:

$$P = 5{,}25 \text{ N}$$

Segunda lei de Newton

Imagine que queremos acelerar três veículos: um carro de boi com massa de 3.000 kg, uma locomotiva a vapor de 200.000 kg e um foguete de 1.000.000 kg, com a mesma aceleração. Como a massa de cada um é distinta, precisamos de forças resultantes diferentes para modificar o movimento de cada um. Por exemplo, para acelerar a locomotiva em 1 m s^{-2}, precisaremos de uma força maior do que para acelerar o carro de boi também em 1 m s^{-2}, assim como para acelerar o foguete em 1 m s^{-2} é necessária uma força maior do que para acelerar a locomotiva em 1 m s^{-2}. Newton, ao deduzir o que chamamos hoje de **segunda lei de Newton**, estabeleceu a relação entre a resultante das forças $(\vec{F}_R)$ e a aceleração $(\vec{a})$ em um objeto de massa m:

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

Observe que a unidade da intensidade da resultante das forças será a mesma da unidade de força, 1 kg m s^{-2} = 1 N.

A segunda lei de Newton é uma relação vetorial entre a resultante das forças e a aceleração, isto é, a direção e o sentido da resultante das forças e da aceleração são sempre os mesmos, uma vez que o valor de m é sempre positivo.



ANEK.SOOWANNAPHOOM/SHUTTERSTOCK

OLIMPIK/SHUTTERSTOCK

Figura 5.14 **(A)** Bola de futebol sendo chutada em uma cobrança de escanteio. **(B)** Bolinha de golfe prestes a ser tacada. No chute e na tacada há forças aplicadas na bola, resultando na mudança da velocidade.

Vejamos o exemplo da **Figura 5.14 A**. Durante uma cobrança de escanteio em um jogo de futebol, ao chutar a bola, o jogador aplica com o pé uma determinada força (força de contato) sobre ela. Sendo 450 g a massa da bola e sabendo que ela atingiu uma velocidade de 30 m s^{-1} após o chute que durou 8 ms (1 ms = 10^{-3} s), determine a intensidade da resultante das forças médias sobre a bola.

MODERNA

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

Durante o chute, no período de aceleração da bola, o movimento pode ser considerado retilíneo. Em um movimento retilíneo, como a velocidade inicial da bola era nula, a aceleração é dada por:

$$a_{fut} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{fut} = \frac{30\ m\ s^{-1} - 0\ m\ s^{-1}}{0{,}008\ s}$$

$$\therefore a_{fut} = 3.750\ m\ s^{-2}$$

Para calcular a intensidade da resultante das forças, basta multiplicar o valor da aceleração pela massa da bola, em quilogramas. A intensidade da resultante das forças, portanto, é igual a:

$$F_{R_{fut}} = ma \Rightarrow F_{R_{fut}} = 0{,}45\ kg \cdot 3.750\ m\ s^{-2}$$

$$\therefore F_{R_{fut}} = 1.687{,}5\ N$$

Considere outra situação: uma tacada em um jogo de golfe (**Figura 5.14 B**). Sabendo que a bola de golfe tem 46 g de massa e atinge uma velocidade de 60 m s^{-1} depois da tacada, e que a interação com o taco é de 0,4 ms (1 ms = 10^{-6} s), qual é a intensidade da resultante das forças?

De maneira similar ao caso do chute na bola de futebol, vamos primeiramente calcular a aceleração da bola de golfe.

$$a_{golfe} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{golfe} = \frac{60\ m\ s^{-1} - 0\ m\ s^{-1}}{0{,}0004\ s}$$

$$\therefore a_{golfe} = 150.000\ m\ s^{-2}$$

$$F_{R_{golfe}} = ma \Rightarrow F_{R_{golfe}} = 0{,}046\ kg \cdot 150.000\ m s^{-2}$$

$$\therefore F_{R_{golfe}} = 6.900\ N$$

É muito importante não confundir o sentido da aceleração com o sentido do movimento, pois muitas vezes o movimento está no sentido contrário ao da resultante das forças.

Em relação aos **movimentos retilíneos**, sabemos que:

- Se a **resultante das forças** tem o **mesmo sentido do movimento**, o movimento é **acelerado**.
- Se a **resultante das forças** tem **sentido contrário ao do movimento**, o movimento é **retardado**.



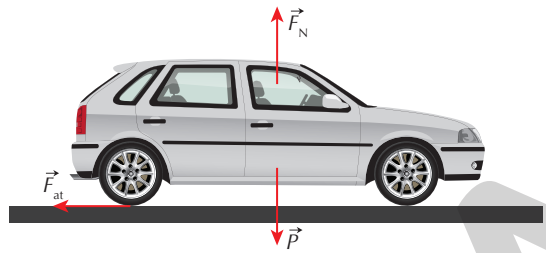
CLINTSPENCER/E+/GETTY IMAGES

Figura 5.15 Marcas de pneu no asfalto, indicando uma freada brusca.

A **Figura 5.15** mostra marcas de pneu no asfalto causadas por uma freada brusca. Conhecendo o coeficiente de atrito dinâmico entre o pneu e o asfalto, é possível determinar a velocidade do automóvel no início da freada e verificar se ele estava ou não acima dos limites de velocidade.

Considere o coeficiente de atrito dinâmico $\mu_d = 0{,}6$ do asfalto com o pneu. Qual era a velocidade do veículo ao iniciar o freamento?

Primeiro podemos representar esquematicamente as forças aplicadas no veículo, conforme mostra a **Figura 5.16**.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Figura 5.16 Representação esquemática das forças aplicadas sobre o veículo.

Como o movimento se dá na direção horizontal, a componente da resultante das forças na direção vertical é nula. Logo, a força normal e o peso se cancelam.

Dessa forma, a resultante das forças é apenas a força de atrito. Repare, no entanto, que a força de atrito $(\vec{F}_{at})$ representada na **Figura 5.16** é a força de atrito resultante das quatro forças de atrito $(\vec{F}_{at}')$ aplicadas nos quatro pneus do carro, como mostra a **Figura 5.17**.

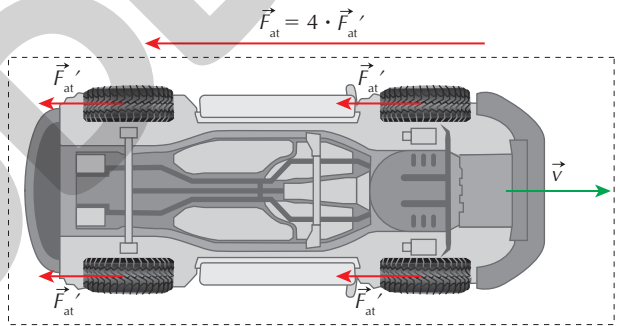


Figura 5.17 Carro visto por baixo, com a representação esquemática das quatro forças de atrito agindo sobre os quatro pneus do carro.

Portanto, substituindo a intensidade da força de atrito resultante na segunda lei de Newton, temos:

$$F_R = ma \Rightarrow F_{at} = ma$$

Substituindo a expressão que permite calcular a intensidade da força de atrito dinâmica, temos:

$$\mu_d \cdot N = ma \Rightarrow \mu_d \cdot \cancel{mg} = \cancel{ma} \Rightarrow a = \mu_d \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = 0{,}6 \cdot 10\ m\ s^{-2} \therefore a = 6\ m\ s^{-2}$$

Para calcular a velocidade inicial (v_0) em função da distância percorrida (Δs), podemos utilizar a equação de Torricelli ($v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s$) e considerar $a = -6\ m\ s^{-2}$, uma vez que o movimento é retardado e a velocidade é tomada como positiva. Portanto, temos:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \Rightarrow 0 = v_0^2 - 2 \cdot 6\ m\ s^{-2} \cdot 75\ m$$

$$\therefore v_0 = 30\ m\ s^{-1}$$

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

MODERNA

Terceira lei de Newton

Em uma corrida, no momento da largada, a atleta empurra para trás um bloco que serve de apoio (**Fig. 5.18 A**); entretanto, se observarmos com cuidado, veremos que não só a atleta empurra o bloco exercendo uma força, mas o bloco também empurra a atleta para a frente, exercendo uma força (**Fig. 5.18 B**). São forças aplicadas mutuamente.



SIRTRAVELALOT/SHUTTERSTOCK

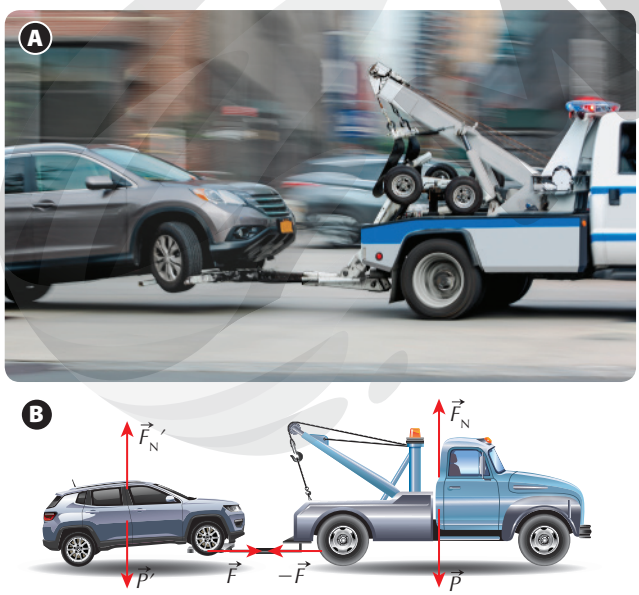
CRIS ALENCAR

Figura 5.18 (A) Atletas no momento da partida de uma corrida de atletismo. **(B)** Representação de par de forças indicando a lei da ação e reação.

Portanto, sempre que um corpo *A* aplica força em um corpo *B*, a recíproca acontece, ou seja, o corpo *B* também aplica força no corpo *A*. Newton enunciou essa afirmação como a terceira lei, que mais tarde passou a ser chamada de **terceira lei de Newton** ou **lei da ação e reação**. Ela afirma:

Sempre que um corpo *A* aplicar uma força $\vec{F}$ em um corpo *B* (ação), o corpo *B* aplicará uma força $-\vec{F}$ no corpo *A* (reação), ou seja, uma força com a mesma intensidade, porém no sentido contrário.

Observe que a lei da ação e reação envolve dois corpos, *a* e *b*, mas, se houver um terceiro corpo na situação, outros pares de força se formarão. Note também que pares de ação e reação são sempre aplicados em corpos diferentes.



BLURAZ/SHUTTERSTOCK

NELSON MATSUDA

Figura 5.19 (A) Carro sendo rebocado. **(B)** Nessa representação, o rebocador puxa o carro, e o carro puxa o rebocador. Os dois veículos trocam um par de forças.

Observe o caminhão de reboque na **Figura 5.19**. Considere que ele tenha 2.000 kg e aplique uma força de intensidade *F* em um automóvel de 1.000 kg. Sendo a intensidade da força motora no caminhão de 3.000 N, com direção horizontal e sentido para a direita, e desconsiderando todas as forças contrárias ao movimento do carro, qual é a aceleração do conjunto, carro mais reboque, e a força entre os dois?

Para o caminhão, a resultante das forças é dada por:

$$F_{R_{caminhão}} = 3.000 - F$$

Isso porque a força peso e a normal se cancelam. Para o carro, no qual o peso e a normal também se cancelam, a resultante das forças tem intensidade:

$$F_{R_{carro}} = F$$

Aplicando para o carro e para o caminhão a segunda lei de Newton, temos:

$$\begin{cases} F_{R_{caminhão}} = m_{caminhão}a \\ F_{R_{carro}} = m_{carro}a \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3.000 - F = 2.000a \\ F = 1.000a \end{cases}$$

As equações obtidas formam um sistema de duas equações e duas incógnitas, o qual apresenta a solução:

$a = 1\ m\ s^{-2}$

$F = 1.000\ N$

Máquinas simples

Nossa vida é rodeada de máquinas, das mais simples às mais sofisticadas. Podemos definir **máquina**, em Mecânica, como um dispositivo que altera a direção e/ou a intensidade de uma força, com o objetivo de realizar uma tarefa específica. Em geral, dispositivos mecânicos mais sofisticados são constituídos por diversas máquinas mais básicas, que são chamadas de **máquinas simples**. Uma de suas principais características é o **ganho mecânico**, que relaciona a razão entre o módulo da força aplicada à máquina e o módulo da força exercida pela máquina. Estudaremos, a seguir, as características principais de algumas máquinas simples.

Polia fixa



GUILLERMO_CELANO/SHUTTERSTOCK

Figura 5.20 Em um poço como o que aparece na imagem, o balde é preso a uma corda que passa por uma polia fixa.

Para içar o balde no poço mostrado na **Figura 5.20**, uma pessoa pode aplicar uma força para baixo na corda, já que a corda passa por uma polia. A **polia** é um tipo de máquina

MODERNA

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

simples composta por uma roda sulcada, geralmente de madeira ou metal, por onde passa um cabo ou uma corda. O esquema mostrado na **Figura 5.21** representa a polia, o balde e um contrapeso. A que vemos na imagem é uma **polia fixa**, pois ela está presa a um ponto de apoio, nesse caso, no suporte de madeira. Considerando que a corda tem massa desprezível, quando comparada à massa do sistema, podemos provar que, independentemente da altura relativa entre o balde e o contrapeso, o sistema se equilibra quando o contrapeso e o balde têm o mesmo peso.

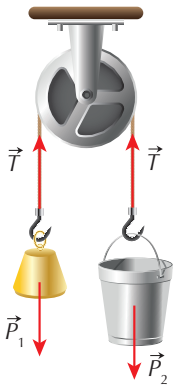


Figura 5.21 Representação esquemática das forças que agem no sistema composto de contrapeso, corda e balde. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Vamos analisar as forças necessárias para que o balde fique em equilíbrio. A força de tração deve ter a mesma intensidade que o peso do balde. Olhando a outra ponta da corda, na qual está o contrapeso, se há equilíbrio, a intensidade do peso do contrapeso é igual à intensidade da força de tração. Concluímos, então, que a força de tração tem a intensidade igual ao peso do corpo e igual ao peso do balde.

Dizemos, nesse caso, que o **ganho mecânico** da polia fixa é 1, isto é, a razão entre a força aplicada por um lado e a força utilizada para realizar a tarefa do outro, no caso elevar o balde, é igual a 1.

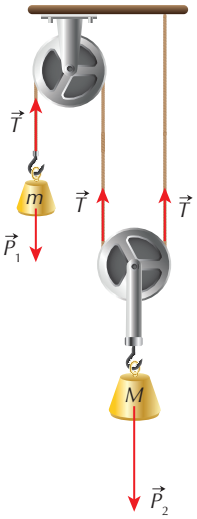
Polia móvel



MARIAKRAY/SHUTTERSTOCK

Figura 5.22 Polia móvel de um guindaste.

A polia da **Figura 5.22** faz parte de um sistema de elevação no qual o objeto que será elevado é preso ao gancho, que por sua vez está preso à polia. Portanto, quando o objeto sobe, a polia sobe também. Esse tipo de polia é chamado de **polia móvel**. A **Figura 5.23** representa uma situação na qual um objeto de massa *m* equilibra um objeto de massa *M* por meio de uma polia fixa no teto e uma polia móvel presa ao objeto de massa *M*.



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Figura 5.23 Representação esquemática de polias móvel e fixa e das forças que atuam em cada uma. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Observando as forças aplicadas no objeto de massa *m*, temos a força de tração para cima e o peso para baixo. Como esse objeto se encontra em equilíbrio, a força de tração tem a mesma intensidade do peso. Assim:

$$T = P_1$$

No conjunto formado pelo objeto de massa *M* e pela polia móvel, cuja massa é desprezível, há duas forças de tração atuando para cima e o peso do objeto atuando para baixo. Logo, no equilíbrio, temos:

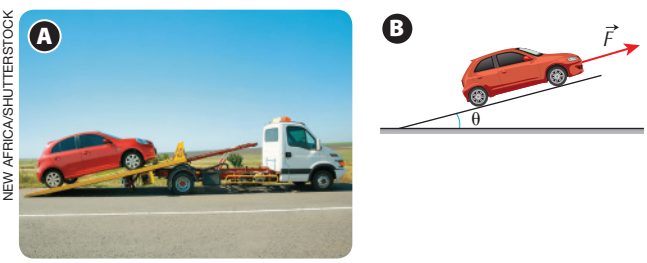
$$P_2 = 2T$$

Comparando as duas equações, concluímos que:

$$P_2 = 2P_1$$

Isso nos permite dizer que, com o auxílio de uma polia móvel, é possível equilibrar um corpo em relação a outro com o dobro do peso. Portanto, nesse caso, temos uma polia móvel com um ganho mecânico igual a 2.

Plano inclinado



NEW AFRICA/SHUTTERSTOCK

Figura 5.24 **(A)** Caminhão de reboque equipado com uma rampa. **(B)** Representação esquemática de um carro em cima de uma rampa com inclinação de ângulo θ e sob ação de uma força $\vec{F}$. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O plano inclinado é outro tipo de máquina simples. Para colocar um veículo sobre um caminhão de reboque, usualmente são utilizadas rampas com determinada inclinação em relação à horizontal, por exemplo. Imagine

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

MODERNA

um carro de massa *M* que esteja apoiado em um plano inclinado e sendo puxado para cima para subir na rampa do caminhão (**Figura 5.24 A**). A força que puxa o carro é transmitida do motor do caminhão para o carro por meio de um cabo de aço com um gancho na ponta. A rampa possui uma inclinação de ângulo θ com a horizontal, conforme mostra a **Figura 5.24 B**. Se quisermos que o carro fique parado, desconsiderando as forças de atrito, uma força de intensidade *F* deve ser aplicada paralelamente ao plano inclinado. Mas qual é o valor da intensidade dessa força?

Primeiro, vamos representar todas as forças aplicadas ao carro parado sobre o plano inclinado, que são: o peso, que é vertical para baixo; a normal, que é perpendicular ao plano; e a força *F* aplicada pelo motor do caminhão. A representação das forças pode ser observada na **Figura 5.25**.

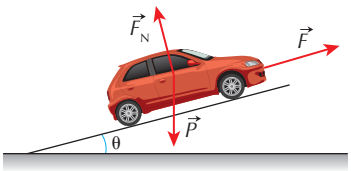


Figura 5.25 Representação esquemática das forças atuantes sobre o carro no plano inclinado. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A força peso pode ser decomposta em duas componentes: uma paralela ao plano $\vec{P}_x$ e uma perpendicular ao plano $\vec{P}_y$, conforme mostra a **Figura 5.26 A**.

Portanto, desconsiderando as forças de atrito, se queremos obter a intensidade da força com que o carro deve ser puxado pelo guincho para se manter em equilíbrio, devemos calcular $\vec{P}_x$.

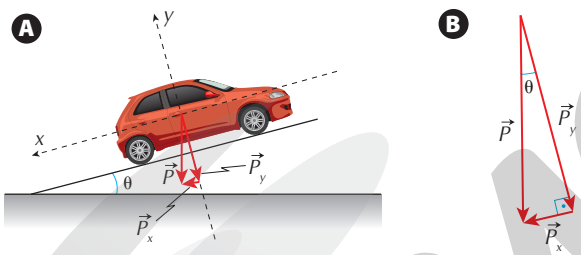


Figura 5.26 (A) Representação esquemática da decomposição da força peso. **(B)** Componentes do peso formando um triângulo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Para calcular o módulo dos vetores $\vec{P}_x$ e $\vec{P}_y$ em função de $\vec{P}$, vamos considerar a **Figura 5.26 B**. No triângulo retângulo formado pelas componentes do peso, vemos um cateto formado por $\vec{P}_y$ e a hipotenusa por $\vec{P}$. Como $\vec{P}_y$ é perpendicular ao plano inclinado e $\vec{P}$ é perpendicular à horizontal, então, o ângulo entre esse cateto e a hipotenusa é igual ao ângulo entre o plano e a horizontal, isto é, θ.

Usando as definições de seno e cosseno de um ângulo, temos as equações que nos permitem calcular a intensidade das componentes P_x e P_y:

$P_x = P \cdot \text{sen}\ \theta$

$P_y = P \cdot \cos \theta$

Portanto, em um plano inclinado, para equilibrar um corpo de peso *P*, precisamos aplicar ao longo do plano uma força com intensidade equivalente a $P_y = P \cdot \text{sen}\ \theta$.

O ganho mecânico em um plano inclinado é $(\text{sen}\ \theta)^{-1}$, em que θ é o ângulo de inclinação do plano com a horizontal.



GERSON GERLOFF/PULSAR IMAGENS

Figura 5.27 Estrada na serra do Rio do Rastro, em Santa Catarina, 2018. As curvas facilitam a subida. Por quê?

Em uma estrada que acompanha a subida de uma montanha, o traçado em alças, como mostra a **Figura 5.27**, faz com que a inclinação da pista em relação à horizontal fique menor. Logo, a componente do peso no eixo *x* será menor, exigindo menos esforço do motor do carro para subir. No entanto, a distância a ser percorrida será maior. Essa é uma regra que pode ser aplicada a todas as máquinas simples: se, por um lado, há um ganho mecânico, por outro, a força deve ser aplicada ao longo de um deslocamento maior. Ganha-se em força, mas "perde-se" quanto à distância a ser percorrida.

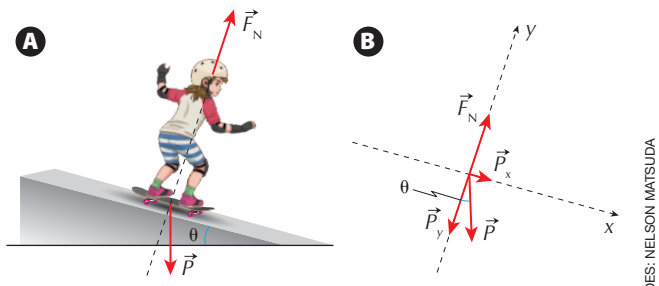


CAVAN IMAGES//GETTY IMAGES

Figura 5.28 Garota descendo de *skate* por uma rampa.

Em outro exemplo, uma garota desce uma rampa com inclinação θ, conforme mostra a **Figura 5.28**. Que aceleração ela adquire ao descer a rampa, desconsiderando o atrito da rampa com as rodas do *skate*?

Primeiro, vamos representar esquematicamente as forças aplicadas (**Fig. 5.29 A**).



ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Figura 5.29 (A) Representação esquemática das forças aplicadas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.) **(B)** Decomposição das componentes do peso.

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

MODERNA

Na **Figura 5.29 A**, podemos ver que as duas únicas forças aplicadas são o peso e a normal. A força peso pode ser decomposta nas componentes $\vec{P}_x$ e $\vec{P}_y$, conforme mostra a **Figura 5.29 B**. Como o movimento será acelerado na direção paralela ao plano, as forças perpendiculares ao plano se cancelam; logo, a intensidade de $\vec{P}_y$ é igual à intensidade da força normal. Assim:

$$P_y = F_N$$

Portanto, a intensidade da resultante das forças é igual somente a P_x.

$$F_R = P_x \Rightarrow F_R = P \operatorname{sen} \theta$$

Aplicando a segunda lei de Newton, encontramos a aceleração com a qual a garota no *skate* desce o plano.

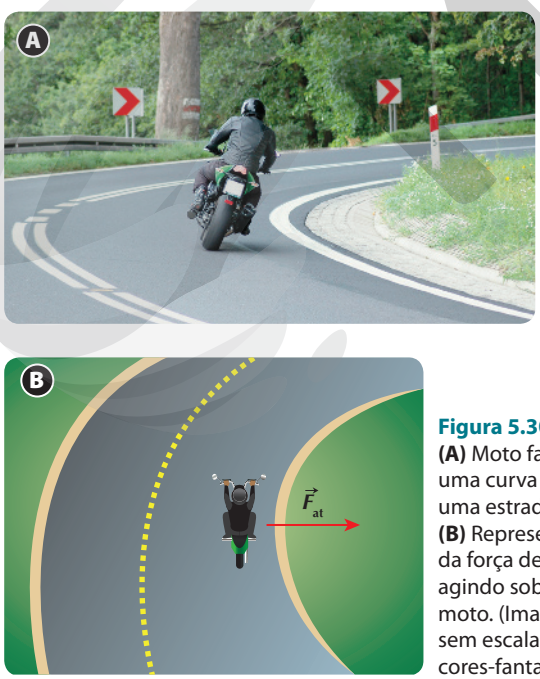
$$F_R = ma \Rightarrow a = \frac{F_R}{m} \Rightarrow a = \frac{P \operatorname{sen} \theta}{m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{\cancel{m}g \operatorname{sen} \theta}{\cancel{m}} \therefore a = g \operatorname{sen} \theta$$

Com essa equação, podemos calcular diretamente a aceleração que um corpo adquire ao descer um plano inclinado com atrito desprezível.

Movimento circular

Na **Figura 5.30 A**, observamos uma motocicleta que apresenta movimento circular, isto é, cuja trajetória corresponde a um arco de circunferência. De acordo com a primeira lei de Newton, se o movimento não é retilíneo nem uniforme, a resultante das forças aplicada não é nula. Na **Figura 5.30 A**, as forças aplicadas na moto são o peso, a normal e a força de atrito. Como o movimento é horizontal, a força peso se anula com a força normal. Logo, a resultante das forças é a força de atrito, que aponta para o centro da trajetória curva, como mostra a **Figura 5.30 B**.



PCPARTSTUDIO/SHUTTERSTOCK

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

Figura 5.30 **(A)** Moto fazendo uma curva em uma estrada. **(B)** Representação da força de atrito agindo sobre a moto. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Em todo movimento circular uniforme (MCU), a resultante das forças aplicadas tem direção que passa pelo centro da trajetória curva (**Fig. 5.31**). Essa direção é chamada de **radial**. Um vetor que está na direção radial e tem o sentido apontado para o centro é chamado de **centrípeto**. Portanto, dizemos que a resultante das forças é centrípeta no MCU.

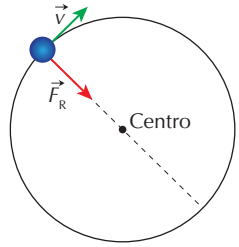


Figura 5.31 Resultante das forças em um movimento circular uniforme.

Observe que, mesmo a resultante das forças sendo nula, o movimento pode ser uniforme. No caso de um **movimento circular uniforme**, a resultante das forças na direção transversal (tangencial) ao movimento é responsável apenas pela **mudança na direção do movimento**, não acelerando nem desacelerando o corpo.

Aplicando a segunda lei de Newton, a resultante das forças na direção centrípeta $\left(\vec{F}_{cp}\right)$ é dada por:

$$\vec{F}_{cp} = m \cdot \vec{a}_{cp}$$

Em que $\vec{a}_{cp}$ é a aceleração na direção centrípeta, chamada de **aceleração centrípeta**.

Assim, o módulo da aceleração centrípeta (a_{cp}) de um objeto com velocidade v em uma trajetória circular de raio R pode ser calculado assim:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R}$$

Essa expressão pode ser comprovada pelo exemplo da moto. Quanto mais rápida ela estiver na curva, maior será a intensidade de uma força tangencial para que a curva seja feita. Logo, maior será a intensidade da resultante das forças na direção centrípeta. Com isso, a aceleração centrípeta em uma curva feita com velocidade maior é sempre maior.

Vejamos outra situação, em que uma acrobata, presa a uma corda, balança-se descrevendo um movimento circular. A **Figura 5.32** mostra o momento em que ela passa pelo ponto mais baixo do seu movimento. Considerando que a acrobata tem 50 kg, que sua velocidade é de 3 m s^{-1} e que a corda tem 5 m, qual é a intensidade da força de tração na corda nesse ponto?

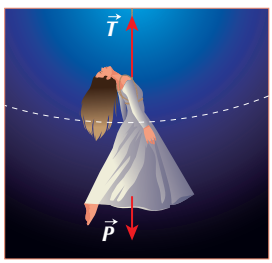


Figura 5.32 Acrobata passando pelo ponto inferior do movimento circular.

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

MODERNA

No ponto mais baixo do movimento, a acrobata não está acelerando (o que ocorre na descida) nem desacelerando (o que ocorre na subida). Portanto, nesse ponto, a resultante das forças que atuam sobre ela apresenta direção e sentido que passam pelo centro e apontam para esse mesmo centro, que está acima dela. Logo, a tração tem intensidade maior do que o peso. Na expressão da resultante das forças na direção centrípeta, temos:

$$F_{cp} = m \cdot a_{cp} \Rightarrow m \cdot a_{cp} = T - P \Rightarrow m \cdot \frac{v^2}{R} = T - mg \Rightarrow T = m \cdot \frac{v^2}{R} + mg$$

Substituindo os valores da massa, da velocidade e do comprimento da corda, que é igual ao raio, podemos calcular a intensidade da força de tração:

$$T = m \cdot \frac{v^2}{R} + mg \Rightarrow 50\ \text{kg} \cdot \frac{9\ \text{m}^2\ \text{s}^{-2}}{5\ \text{m}} + 50\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m s}^{-2} \therefore T = 590\ \text{N}$$

Fique por dentro

Forças e movimento: noções básicas
Veja nesse simulador como varia o movimento dos objetos ao serem puxados ou empurrados por forças de diferentes intensidades.
Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_pt_BR.html>. Acesso em: 3 abr. 2020.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Mencione e explique qual lei de Newton se refere a cada afirmação a seguir.
a) Corpos de massas maiores aceleram menos do que corpos de massas menores se a mesma resultante das forças for aplicada para movimentá-los.
b) Quando um martelo bate em um prego, o prego também aplica força no martelo.
c) Quando estão em um ônibus, os passageiros em pé se seguram nas barras, pois a tendência de manter o movimento faria com que eles se movimentassem em relação ao ônibus no momento de uma freada, caso não se segurassem.

2. Reproduza, no caderno, esta figura e represente todas as forças mostrando os pares ação e reação.



GREISS DESIGN/SHUTTERSTOCK

3. Considere dois meninos brincando de cabo de guerra. Por que, mesmo que eles puxem um ao outro com uma força de mesma intensidade, a resultante das forças sobre um deles não é sempre nula? Ou seja, por que o sistema não permanece em equilíbrio, e um deles vence?

4. (Uece) Suponha que uma esfera de aço desce deslizando, sem atrito, um plano inclinado. Pode-se afirmar corretamente que, em relação ao movimento da esfera, sua aceleração
a) aumenta e sua velocidade diminui.
b) e velocidade aumentam.
c) é constante e sua velocidade aumenta.
d) e velocidade permanecem constantes.

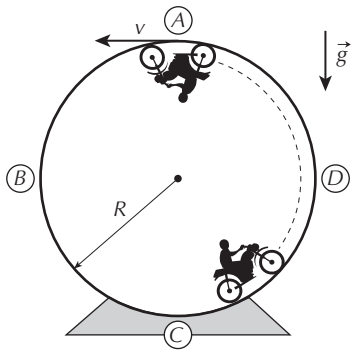
5. (Enem) Uma pessoa necessita da força de atrito em seus pés para se deslocar sobre uma superfície. Logo, uma pessoa que sobe uma rampa em linha reta será auxiliada pela força de atrito exercida pelo chão em seus pés.

Em relação ao movimento dessa pessoa, quais são a direção e o sentido da força de atrito mencionada no texto?
a) Perpendicular ao plano e no mesmo sentido do movimento.
b) Paralelo ao plano e no sentido contrário ao movimento.
c) Paralelo ao plano e no mesmo sentido do movimento.
d) Horizontal e no mesmo sentido do movimento.
e) Vertical e sentido para cima.

6. (IFCE) Considere a figura a seguir, na qual é mostrado um piloto acrobata fazendo sua moto girar por dentro de um "globo da morte".
Ao realizar o movimento de *loop* dentro do globo da morte (ou seja, percorrendo a trajetória ABCD mostrada a seguir), o piloto precisa manter uma velocidade mínima de sua moto para que a mesma não caia ao passar pelo ponto mais alto do globo (ponto A).

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

MODERNA



Nessas condições, a velocidade mínima v da moto, de forma que a mesma não caia ao passar pelo ponto A, dado que o globo da morte tem raio R de 3,60 m, é

(Considere a aceleração da gravidade com o valor $g = 10\ m\ s^{-2}$.)

a) 6 km h^{-1} **c)** 21,6 km h^{-1} **e)** 18 km h^{-1}
b) 12 km h^{-1} **d)** 15 km h^{-1}

7. (Ifsul) Quantos trabalhadores serão necessários para conseguir colocar a caixa em movimento?

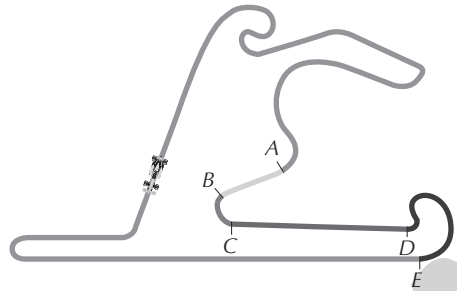


U.S. AIR FORCE PHOTO/MASTER SGT. ANDY DUNAWAY/AGEFOTOSTOCK/AGB PHOTO LIBRARY

Em uma construção, será necessário arrastar uma caixa sobre uma superfície horizontal, conforme ilustra a figura acima. Para tanto, verifica-se que a caixa tem massa de 200 kg e que os coeficientes de atrito estático e dinâmico entre as superfícies de contato da caixa e do plano são, respectivamente, 0,5 e 0,3. Sabe-se ainda que cada trabalhador dessa construção exerce uma força horizontal de 200 N e que um só trabalhador não é capaz de fazer o serviço sozinho. Considere que todos os trabalhadores exercem forças horizontais no mesmo sentido e que a aceleração da gravidade no local tem módulo igual a 10 m s^{-2}. Após colocar a caixa em movimento, os trabalhadores a deslocam com velocidade constante por uma distância de 12 m.

a) 3 **b)** 4 **c)** 5 **d)** 6

8. (Uerj) Um carro de automobilismo se desloca com velocidade de módulo constante por uma pista de corrida plana. A figura abaixo representa a pista vista de cima, destacando quatro trechos: AB, BC, CD e DE.



A força resultante que atua sobre o carro é maior que zero nos seguintes trechos:

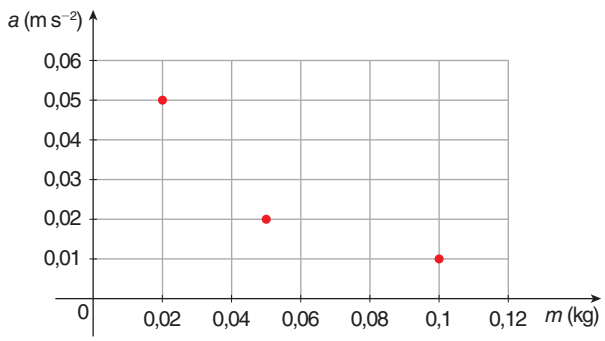
a) AB e BC **c)** DE e CD
b) BC e DE **d)** CD e AB

9. Imagine que um técnico de uma equipe de automobilismo analise a *performance* de diversos carros. Ao examinar as características dos carros, ele apresenta à equipe uma tabela com os valores abaixo:

	F (N)	m (kg)	a (m s^{-2})
Carro A	7738	730	10,6
Carro B	7770	740	10,5
Carro C	7488	720	10,4

Analisando os dados da tabela, determine qual dos carros tem a maior aceleração.

10. Motores iônicos, utilizados em sondas espaciais, fornecem uma pequena intensidade de força propulsora, mas podem ficar acionados por muito tempo, 20.000 h ou mais. Em um estudo, foi observada a aceleração a que um objeto de massa m obteria com a força aplicada por um motor iônico. Os dados observados estão no gráfico a seguir.



De acordo com os dados observados, qual é o valor da intensidade da força propulsora dessa sonda?

Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

ILUSTRAÇÕES: NELSON MATSUDA

TEMA 6

Equilíbrio

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 5; 6

Habilidades: EM13CNT204; EM13CNT301; EM13CNT306; EM13MAT308



STEPHEN DUNN/GETTY IMAGES

RICARDO RIBAS/ALAMY/FOTOARENA

Figura 6.1 **(A)** Ponte Hercílio Luz, localizada em Florianópolis, SC (2015). **(B)** Na ginástica artística o movimento chamado cruz é executado nas argolas (Anaheim, Califórnia, 2004).

O que há em comum entre a ponte (**Fig. 6.1 A**) e o ginasta fazendo o movimento cruz nas argolas (**Fig. 6.1 B**)?

Enquanto o ginasta está fazendo o movimento cruz, ele se mantém em **equilíbrio**, assim como a ponte. Tanto no ginasta como na ponte há a aplicação de diversas forças, em destaque a força peso. A intensidade dessas forças e a distribuição delas em relação aos **pontos de apoio** para manter o equilíbrio seguem regras que serão estudadas com detalhes neste Tema.

:: Equilíbrio

Estima-se que o Stonehenge (**Fig. 6.2**) tenha sido construído em três fases, iniciando em 3100 a.C. e terminando por volta de 2070 a.C., em um local que hoje pertence à Inglaterra. É uma impressionante obra feita com pedras de até 25 toneladas. É motivo de estudo, até os dias de hoje, o modo como essa construção foi erguida, com apenas o conhecimento que se tinha na época. De que forma algumas dessas enormes pedras foram colocadas em cima de outras e lá estão, **em repouso**, há 5 mil anos?

Figura 6.2 Monumento de Stonehenge. (Stonehenge, Inglaterra, 2018).

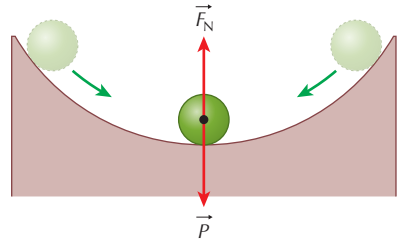


PAUL WILLIAMS/ ALAMY/FOTOARENA

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

As pedras que estão em repouso em cima das outras (**Fig. 6.2**) estão em uma condição de **equilíbrio**. Há três tipos de equilíbrio: **estável**, **instável** e **indiferente**, como veremos a seguir.

Considere uma esfera que está apoiada sobre uma superfície côncava, como mostra a **Figura 6.3**. Quando a esfera está em repouso $(\vec{v} = \vec{0})$, a soma das forças que agem sobre ela é nula. Note que, se a esfera for deslocada da sua posição de equilíbrio, ela tende a retornar a essa posição. Nesse caso, dizemos que a esfera em repouso está em **equilíbrio estável**.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 6.3 Esquema de esfera em equilíbrio estável.

Considere agora uma esfera no topo de uma superfície convexa, como mostra a **Figura 6.4**. Quando a esfera está em repouso $(\vec{v} = \vec{0})$, a soma das forças que agem sobre ela é nula. Note que, se a esfera for deslocada da sua posição de equilíbrio, ela não vai retornar à posição de repouso. Nesse caso, dizemos que, no topo da superfície convexa, a esfera está em **equilíbrio instável**.

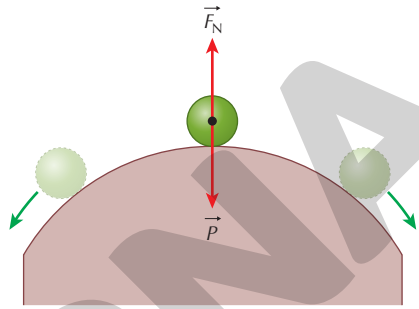


Figura 6.4 Esquema de esfera em equilíbrio instável.

Temos agora a mesma esfera em uma superfície plana (**Fig. 6.5**). Na posição indicada na imagem, a soma das forças que agem sobre a esfera é nula, e ela está em repouso $(\vec{v} = \vec{0})$. Note que, se a esfera for deslocada para qualquer posição dessa superfície, as forças voltam a se equilibrar e a esfera fica em uma nova posição de equilíbrio. Nesse caso, dizemos que, nessa superfície, a esfera está em **equilíbrio indiferente**.

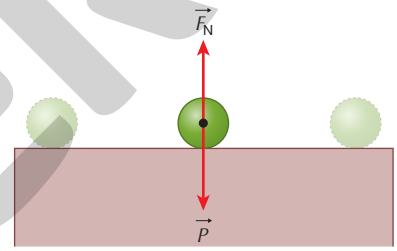


Figura 6.5 Esquema de esfera em equilíbrio indiferente.

Quando olhamos para um prédio alto, como o da **Figura 6.6**, imaginamos que ele se mantém em uma posição constantemente fixa. Porém, se nos posicionarmos fora do edifício e olharmos atentamente para uma de suas extremidades, perceberemos que ele não está em repouso. Ele oscila, minimamente, em razão de perturbações como vibrações externas provenientes do solo e da força dos ventos. Podemos considerar o centro dessa oscilação como um estado de equilíbrio. Como ocorrem perturbações, o prédio é deslocado desse estado. Mas esse estado de equilíbrio citado é estável, instável ou indiferente?

Como, ao ser deslocado de seu estado de equilíbrio, o edifício tende a **voltar** para esse estado, esse equilíbrio é estável. Se fosse instável, ele tenderia a ir para um dos sentidos da perturbação e posteriormente tombaria. Se fosse indiferente, se deslocaria e ficaria na posição levada pela perturbação.

Corpo extenso e ponto material

Qualquer objeto pode ser considerado um corpo. Mas chamamos de **corpo extenso** aquele que tem dimensões (extensões) **relevantes** para um estudo – no nosso caso, o estudo do seu equilíbrio. Caso as dimensões não sejam relevantes, chamamos o objeto de **ponto material**. No estudo das condições de equilíbrio, a principal diferença entre um corpo extenso e um ponto material consiste no fato de que, no caso do ponto material, nos preocupamos apenas com o equilíbrio em relação à translação, que é o movimento que o corpo faz de um ponto a outro. Afinal, se as dimensões do corpo não são relevantes, não há como caracterizar o movimento de rotação, ou seja, o movimento do corpo ao girar ao redor de um eixo. No caso de um corpo extenso, nos preocupamos com as condições de equilíbrio relativas à translação e à rotação. O corpo em equilíbrio estático não é deslocado para nenhuma direção, tampouco gira ao redor de um eixo de rotação.


RUBENS CHAVES/PULSAR IMAGENS

Figura 6.6 Aparentemente a posição dos prédios é fixa, mas as vibrações do solo e as geradas pelos ventos fazem um edifício oscilar (São Paulo, SP, 2011).

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

MODERNA

Alguns exemplos são apresentados na **Figura 6.7**. O mosquetão amarrado por uma corda (**Fig. 6.7 A**) está sujeito à ação de diversas forças, mas suas dimensões não são relevantes para o estudo do equilíbrio. Nesse caso, portanto, ele é considerado um ponto material. A escultura (**Fig. 6.7 B**), por sua vez, está em equilíbrio e não tomba. Nos cálculos, é necessário considerá-la um corpo extenso, para que permaneça no estado de equilíbrio.



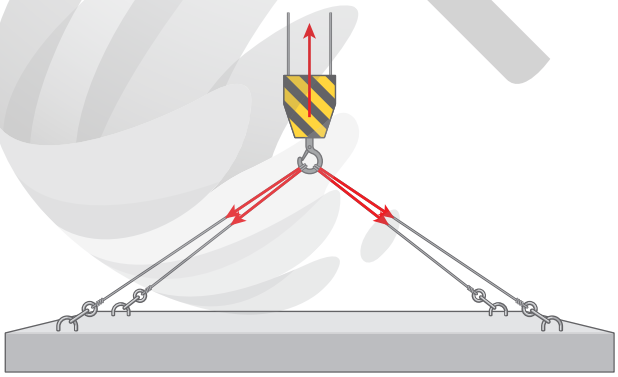
JANE BIRIUKOVA/SHUTTERSTOCK



CAVAN-IMAGES/SHUTTERSTOCK

Figura 6.7 **(A)** Um mosquetão amarrado por uma corda. **(B)** Escultura de grandes proporções em uma praça na Argentina, 2020 (CATALANO, Eduardo. *Floralis generica*. 2002. Escultura, 44 m × 23 m).

Equilíbrio de um ponto material



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 6.8 Na situação representada, o gancho é um ponto material. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Várias forças atuam no gancho que aparece na **Figura 6.8**. A respeito desse gancho, diferentemente da placa que ele eleva, queremos saber apenas se será acelerado para cima, para baixo, para a esquerda ou para a direita. Em outras palavras, queremos saber se haverá translação do gancho ou não. Portanto, ele pode ser considerado um ponto material. Nesse caso, e no de qualquer ponto material em equilíbrio, para que ele não seja acelerado em nenhuma direção, a soma vetorial das forças aplicadas deve ser nula.

$$\Sigma \vec{F} = \vec{0}$$

Vejamos um exemplo envolvendo dois blocos, como mostra a **Figura 6.9**. Qual deve ser a massa do bloco *B* para que o sistema se mantenha em equilíbrio, considerando que o bloco *A* tem massa de 10 kg? Adote: sen 30° = cos 60° = 0,50; sen 60° = cos 30° = 0,87; e $g = 10\ m\ s^{-2}$.

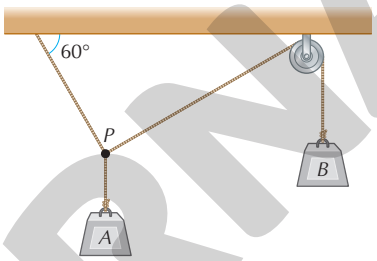


Figura 6.9 Esquema mostrando dois blocos suspensos por uma corda e uma polia. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Vamos considerar as forças que atuam no ponto *P*. Colocando os vetores das forças em um plano cartesiano, de acordo com o gráfico da **Figura 6.10**, temos:

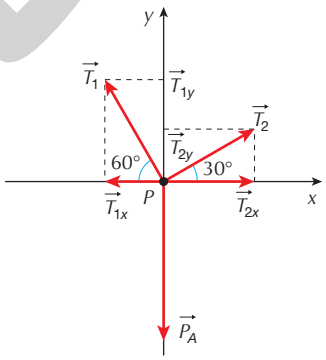


Figura 6.10 Forças que atuam no ponto *P*.

Das componentes no eixo *x*, temos:

$T_{2x} - T_{1x} = F_{R(x)}$

Como o sistema está em equilíbrio, $F_{R(x)} = 0$, logo:

$T_2 \cdot \cos 30° - T_1 \cdot \cos 60° = 0$

Das componentes no eixo *y*, temos:

$T_{1y} = T_{2y} - P_A = F_{R(y)}$

Novamente, como o sistema está em equilíbrio, $F_{R(y)} = 0$, logo:

$T_1 \cdot \text{sen } 60° + T_2 \cdot \text{sen } 30° - 100 = 0$

$\therefore T_1 \cdot \text{sen } 60° + T_2 \cdot \text{sen } 30° = 100$

Portanto, obtemos o seguinte sistema de equações:

$$\begin{cases} T_2 \cdot \cos 30° - T_1 \cdot \cos 60° = 0 \\ T_1 \cdot \text{sen } 60° + T_2 \cdot \text{sen } 30° = 100\ \text{N} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_2 \cdot 0{,}87 - T_1 \cdot 0{,}50 = 0 \quad (1) \\ T_1 \cdot 0{,}87 + T_2 \cdot 0{,}50 = 100\ \text{N} \quad (2) \end{cases}$$

MODERNA

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

Da equação ①, temos:

$T_2 \cdot 0{,}87 = T_1 \cdot 0{,}50 \therefore T_2 = T_1 \cdot 0{,}57$

Substituindo T_2 na equação ②, temos:

$T_1 \cdot 0{,}87 + (T_1 \cdot 0{,}57) \cdot 0{,}50 = 100\ \text{N} \Rightarrow$

$\Rightarrow T_1 \cdot 0{,}87 + T_1 \cdot 0{,}28 = 100\ \text{N} \Rightarrow$

$\Rightarrow T_1 \cdot 1{,}15 = 100\ \text{N} \therefore T_1 \simeq 87\ \text{N}$

Substituindo o valor de T_1, na equação ①:

$T_2 \cdot 0{,}87 - 87\ \text{N} \cdot 0{,}50 = 0 \Rightarrow T_2 \cdot 0{,}87 = 43{,}5\ \text{N}$

$\therefore T_2 = 50\ \text{N}$

A partir da figura do enunciado, sabemos que $T_2 = P_B$, portanto, a massa do bloco *B* deve ser:

$P_B = m_B \cdot g \Rightarrow 50\ \text{N} = m_B \cdot 10\ \text{m s}^{-2} \therefore m_B = 5\ \text{kg}$

Momento de uma força

Ao girar a maçaneta para abrir uma porta ou ao trocar o pneu de um carro com o auxílio de uma ferramenta, sempre tendemos a aplicar uma força o mais distante possível do eixo de rotação desses corpos. Para trocar o pneu de um carro, podemos usar uma chave de roda (**Fig. 6.11**). Essa ferramenta é composta de um **braço de alavanca** que permite aplicar a força o mais distante possível do eixo de rotação do parafuso, facilitando sua rotação. A ação que envolve a força e a tendência, ou a capacidade de uma força para girar um corpo ou alterar o estado de rotação de um corpo, é chamada de **momento de uma força** ou **torque**.



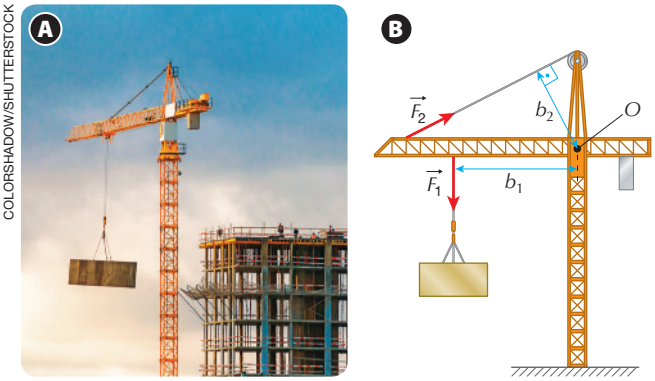
NIKOLABOROVIC/SHUTTERSTOCK

Figura 6.11 O eixo de rotação do pneu está no eixo da roda.

Observe agora o guindaste na **Figura 6.12 A**. Ele está suspendendo uma determinada carga. Há na barra horizontal diversas forças sendo aplicadas.

Vamos primeiro considerar a força $(\vec{F}_1)$ aplicada no cabo que sustenta a carga (**Fig. 6.12 B**). Essa força age para girar a barra horizontal no sentido anti-horário, ao redor do ponto *O*. Dizemos, então, que há um **momento** dessa força, e chamamos de **braço** a distância entre a linha de ação da força e o ponto *O*.

Em nosso exemplo do guindaste, quanto maior o braço (b_1), maior é o efeito da força na rotação da barra horizontal e, consequentemente, maior é o momento da força ao redor do ponto *O*.



COLORSHADOW/SHUTTERSTOCK

Figura 6.12 **(A)** Guindaste suspendendo uma carga. **(B)** Esquema de forças agindo nos cabos do guindaste. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Ainda considerando a **Figura 6.12 B**, o momento da força $\vec{F}_2$ no cabo inclinado age para girar a barra horizontal no sentido horário, ao redor do mesmo ponto *O*. Mesmo que a força $\vec{F}_1$ tenha a mesma intensidade da força $\vec{F}_2$, o momento da força $\vec{F}_2$ é menor, uma vez que o braço b_2 é menor que b_1.

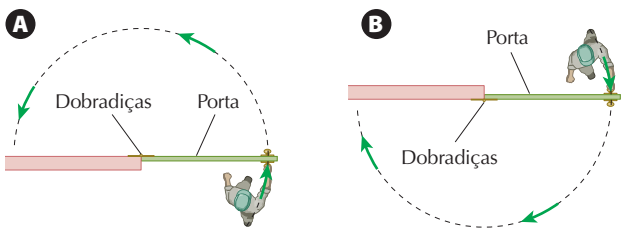
Vimos como é prático calcular o momento de uma força $\vec{F}$ em relação a um ponto *O*. Portanto, podemos definir o **momento de uma força**, em função da intensidade da força (*F*) e do braço (*b*), como:

$$M = \pm F \cdot b$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), o momento de uma força é dado em N m.

Os sinais positivo e negativo se devem à definição do momento:

- **Positivo** ($M > 0$), se a força que atua sobre o corpo gerar uma tendência de giro ou uma rotação no sentido **anti-horário** (**Fig. 6.13 A**).
- **Negativo** ($M < 0$), se a força que atua sobre o corpo gerar uma tendência de giro ou uma rotação no sentido **horário** (**Fig. 6.13 B**).



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 6.13 **(A)** Momento positivo ($M > 0$): giro ou rotação no sentido anti-horário. **(B)** Momento negativo ($M < 0$): giro ou rotação no sentido horário. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Vejamos um exemplo usando o conceito de momento de uma força, em uma sala que tem uma porta com 2,10 m de altura e 72 cm de largura.

Qual é a intensidade do momento para abrir a porta mostrada na **Figura 6.14**, supondo que a maçaneta esteja a 70 cm da dobradiça (eixo de rotação da porta), e que uma

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

CÓPIA

força $(\vec{F})$ de 100 N é aplicada? E qual seria a intensidade da força para abrir a porta com o mesmo valor de momento calculado anteriormente, mas supondo que a maçaneta esteja à distância de 35 cm do eixo de rotação?

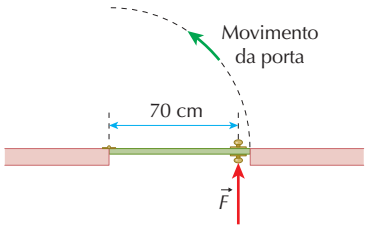


Figura 6.14 Representação do movimento da porta da sala. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Para a primeira questão, pelo enunciado e pela figura, temos $b = 70$ cm $= 0{,}70$ m e $M > 0$, uma vez que o sentido de giro é anti-horário. Dessa forma, podemos calcular a intensidade do momento como:

$$M = +F \cdot b \Rightarrow M = 100 \cdot 0{,}70 \therefore M = 70 \text{ N m}$$

Na segunda questão, $b = 35$ cm $= 0{,}35$ m. Usando a intensidade do momento calculado anteriormente, 7 N m, temos:

$$M = +F \cdot b \Rightarrow F = \frac{M}{b} \Rightarrow F = \frac{70}{0{,}35} \therefore F = 200 \text{ N}$$

Vantagem mecânica

Uma vantagem mecânica envolvendo o momento de uma força está na distância entre o ponto em que a força é aplicada e o eixo de rotação do objeto. Note que, quanto maior for o braço da alavanca da força, maior será o momento. Assim, se estiver muito difícil girar um parafuso com uma chave de boca, experimente usar outra, mais comprida, ou um objeto que sirva de prolongador da chave, como mostra a **Figura 6.15**.

DESIGN PICS INC/ALAMY/FOTOARENA



Figura 6.15 Chave de roda com um extensor.

Outro exemplo de vantagem mecânica pode ser observado na seguinte situação: uma pessoa está fazendo uma instalação hidráulica e precisa prender uma porca em uma torneira. A pessoa coloca a chave de boca para apertar a porca e aplica uma força $\vec{F}$ com 20 N de intensidade na direção vertical e no sentido de cima para baixo na extremidade da chave, como mostra a **Figura 6.16**.

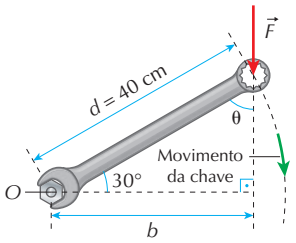


Figura 6.16 Representação da chave de boca usada para apertar a porca. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Nessa situação, qual é a intensidade do momento aplicado pela pessoa? Em qual direção da força o momento seria máximo para a mesma intensidade de força aplicada?

Considerando a **Figura 6.16**, temos $d = 40$ cm $= 0{,}40$ m, $\theta = 60°$ e $M < 0$, com sentido de giro horário em relação ao ponto O.

Em primeiro lugar, calculamos o braço da força:

$b = d \cdot \text{sen } 60° \therefore b \simeq 0{,}35$ m

Agora, podemos calcular a intensidade do momento:

$M = -F \cdot b \Rightarrow M = -20 \cdot 0{,}35 \therefore M = -7$ N m

Com relação à direção da força, para que o momento seja máximo, a força aplicada deve formar um ângulo de 90° com a chave, pois nessa posição o braço é o maior possível.

Equilíbrio de um corpo extenso

ADRIE OOSTERWIJK/SHUTTERSTOCK



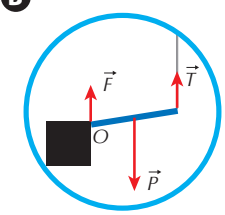


Figura 6.17 (A) Ponte levadiça (Schiedam, Países Baixos, 2018). **(B)** Representação de forças aplicadas na parte da ponte que aparece em destaque na foto.

A ponte levadiça da **Figura 6.17 A** é içada por meio de uma força de tração aplicada em uma das suas extremidades. Na **Figura 6.17 B**, observamos um lado da ponte e as três forças aplicadas: o peso, a tração e a força na articulação. Em relação à articulação (ponto O), a força $\vec{F}$ tem momento nulo, uma vez que o braço dessa força é zero. A tração tem momento positivo, já que tende a girar a ponte em relação ao ponto O no sentido anti-horário. E o peso tem momento negativo, pois a tendência do giro causado

MODERNA

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

pelo peso é ir no sentido horário. Para que a ponte fique em equilíbrio, assim como qualquer outro corpo extenso, devemos garantir que:

- a resultante das forças que agem sobre o corpo seja nula $\left(\sum \vec{F} = \vec{0}\right)$. Nesse caso, o corpo está em **equilíbrio de translação**;
- a soma das intensidades de todos os momentos das forças que atuam sobre o corpo, em relação ao eixo de rotação, seja nula $\left(\sum M = 0\right)$. Nesse caso, o corpo está em **equilíbrio de rotação**.

Vejamos uma aplicação dos conceitos de equilíbrio em corpos extensos, como mostra a **Figura 6.18**. Uma ponte de 40 m, com um pilar em cada extremidade, deve suportar o próprio peso de 10^6 N e o de um caminhão de $2 \cdot 10^5$ N parado a 10 m de um dos pilares. Qual é a força exercida em cada um dos pilares, considerando que o sistema está em equilíbrio?

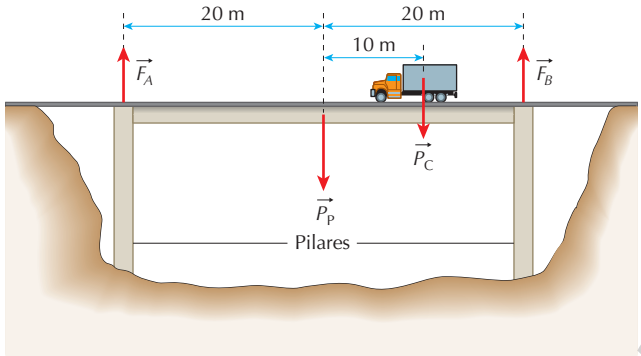
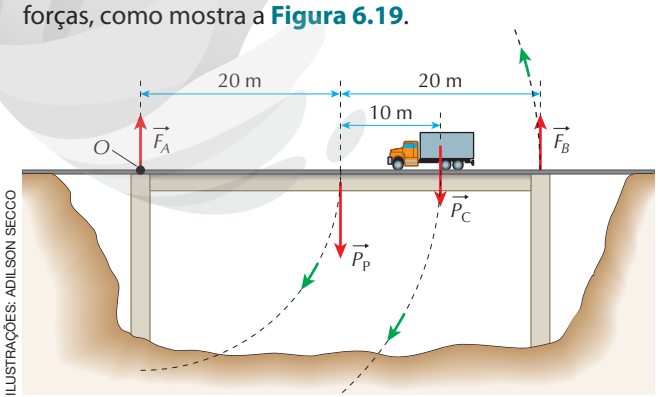


Figura 6.18 A ponte deve suportar o próprio peso e o do caminhão. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Como o sistema está em equilíbrio de translação, ou seja, todos os corpos estão parados, pois não há aceleração, a soma das forças é igual a zero $\left(\sum \vec{F} = \vec{0}\right)$. Adotando como positivo o sentido para cima, temos:

$$F_A + F_B - P_C - P_P = 0 \Rightarrow F_A + F_B = P_C + P_P \Rightarrow$$
$$\Rightarrow F_A + F_B = 2 \cdot 10^5 + 1 \cdot 10^6$$
$$\therefore F_A + F_B = 12 \cdot 10^5 \text{ N}$$

Adotando como eixo de rotação o ponto em que age a força $\vec{F}_A$, temos uma tendência de giro para cada uma das forças, como mostra a **Figura 6.19**.



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 6.19 As linhas tracejadas indicam a tendência de giro das forças. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Como o sistema está parado, também temos equilíbrio de rotação $\left(\sum M = 0\right)$.

A força $\vec{F}_A$ não tem influência de giro sobre o ponto *O*; assim, adotando o sentido anti-horário como positivo e o horário como negativo, temos:

$$(F_A \cdot 0) + (F_B \cdot 40 \text{ m}) - (P_P \cdot 20 \text{ m}) - (P_C \cdot 30 \text{ m}) = 0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow F_B \cdot 40 \text{ m} = P_P \cdot 20 \text{ m} + P_C \cdot 30 \text{ m}$$
$$\therefore F_B = 6{,}5 \cdot 10^5 \text{ N}$$

Assim:

$$F_A + F_B = 12 \cdot 10^5 \Rightarrow F_A + 6{,}5 \cdot 10^5 = 12 \cdot 10^5$$
$$\therefore F_A = 5{,}5 \cdot 10^5 \text{ N}$$

Alavancas

Em sua obra *Vidas paralelas*, o escritor grego Plutarco (46 d.C.-120 d.C.) atribuiu ao filósofo, inventor e matemático grego Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.) a seguinte frase: "Dê-me uma alavanca longa o bastante e um ponto de apoio e eu moverei o mundo". Arquimedes dedicava-se ao estudo de conceitos e fenômenos que hoje relacionamos à Geometria e à Física, pois, naquela época, não se fazia a separação dos conhecimentos por áreas como fazemos hoje. Entre os estudos de Arquimedes, estão as **alavancas**, que também são **máquinas simples** como as que vimos no Tema 5. Por meio delas podemos multiplicar a intensidade de forças ou mudar sua direção, com o objetivo de facilitar determinada tarefa. Alguns tipos de alavanca que encontramos no dia a dia podem ser vistas na **Figura 6.20**.



JUNIOR ROZZO/ROZZO IMAGENS

JIRI HERA/SHUTTERSTOCK



MIKAEL DAMKIER/SHUTTERSTOCK

Figura 6.20 **(A)** Abridor de latas. **(B)** Abridor de garrafas. **(C)** Anel de lata de alumínio. Todos são aparatos criados com base no princípio da alavanca.

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

MODERNA

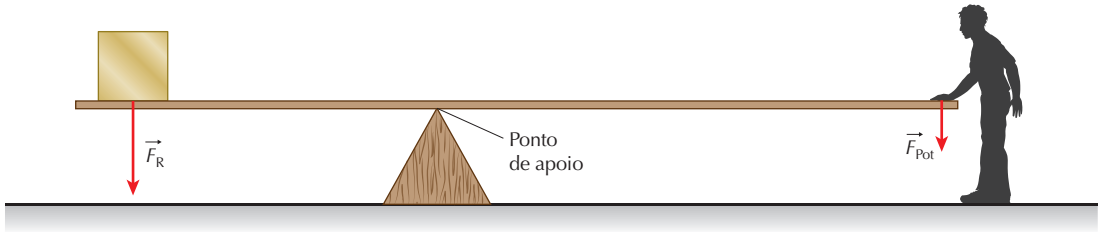


Figura 6.21 Representação das forças que agem sobre uma alavanca. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Quando uma alavanca é usada para levantar cargas, duas forças (**Fig. 6.21**) têm momento não nulo:

- A força potente $\left(\vec{F}_{Pot}\right)$ que é aplicada para erguer a carga.
- A força resistente $\left(\vec{F}_R\right)$ que é a força peso da carga.

Como o braço da $\vec{F}_{Pot}$ é maior que o braço da $\vec{F}_R$, no equilíbrio $\vec{F}_{Pot}$ tem intensidade menor que $\vec{F}_R$.

Há vários tipos de alavanca, como as que são indicadas a seguir.

- **Interfixa:** esse tipo de alavanca apresenta um ponto de apoio fixo entre a força resistente e a força potente. Alguns exemplos são gangorra, tesoura, martelo, guindaste, freio de uma motocicleta (**Fig. 6.22**).



KRIANG KAN/SHUTTERSTOCK

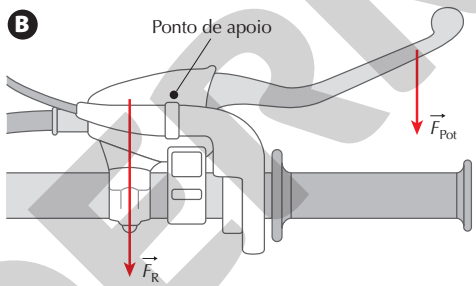
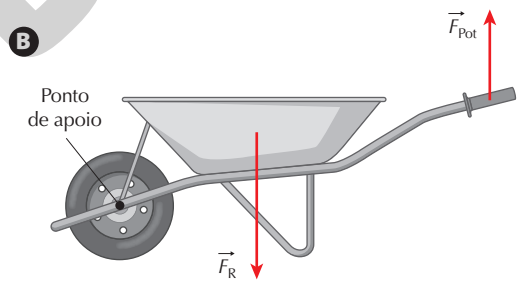


Figura 6.22 (A) Alavanca de freio de uma moto. **(B)** A força potente é aplicada pelos dedos e a força resistente é a tração do cabo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

- **Inter-resistente:** esse tipo apresenta força resistente entre o ponto de apoio e a força potente. Um exemplo é o carrinho de mão da **Figura 6.23**.



SAKKMESTERKE/ALAMY/FOTOARENA



ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Figura 6.23 (A) Carrinho de mão como alavanca inter-resistente. **(B)** A força resistente é o peso da carga, enquanto a força potente é aplicada pela pessoa que leva o carrinho. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

- **Interpotente:** esse tipo de alavanca apresenta força potente entre o ponto de apoio e a força resistente. Alguns exemplos são pinça, vara de pesca, braço (**Fig. 6.24**).



CIRKOGLU/SHUTTERSTOCK

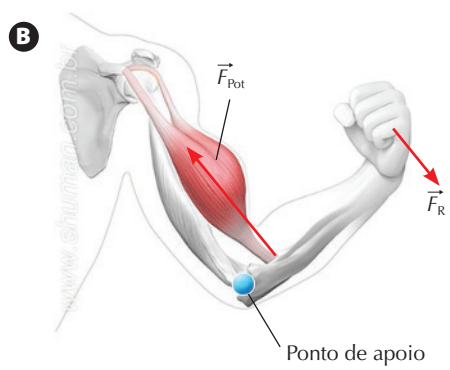


ILUSTRAÇÃO: ANGELO SHUMAN

Figura 6.24 (A) Homem levantando peso. **(B)** O antebraço funciona como uma alavanca interpotente, tendo o cotovelo como ponto de apoio. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

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

Na situação a seguir, uma pessoa precisa levantar uma caixa com peso de 300 N e usa uma alavanca, como mostra a **Figura 6.25**. Sabendo que a alavanca tem 50 N de peso e está em equilíbrio horizontal, calcule a intensidade mínima da força potente e a intensidade da força que o ponto de apoio exerce na alavanca.

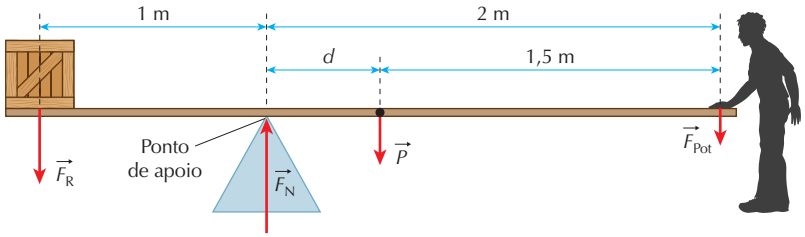


Figura 6.25 Esquema de alavanca usada para levantar a caixa. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Já que o sistema está em equilíbrio de rotação, vamos adotar o ponto de apoio como eixo de rotação. O momento de $\vec{F}_R$ ao redor desse eixo é positivo (tendência de giro horário), enquanto o momento de $\vec{F}_R$ e o momento de $\vec{P}$ são negativos (tendência de giro anti-horário). Como nessa situação a soma dos momentos é nula, temos:

$F_R \cdot d_R - F_{Pot} \cdot d_{Pot} - P \cdot d = 0$

Da figura, temos:

$d_{Pot} = 2\text{ m}$ e $d_R = 1\text{ m}$

A distância d pode ser calculada como:

$d = 2 - 1{,}5 \therefore d = 0{,}5\text{ m}$

Logo:

$300\text{ N} \cdot 1\text{ m} - F_{Pot} \cdot 2\text{ m} - 50\text{ N} \cdot 0{,}5\text{ m} \Rightarrow F_{Pot} \cdot 2\text{ m} = 300\text{ N m} - 25\text{ N m}$

$\therefore F_{Pot} = 137{,}5\text{ N}$

Como o sistema está em equilíbrio de rotação, temos:

$F_N = F_R + F_P + P \Rightarrow F_N = 300\text{ N} + 137{,}5\text{ N} + 50\text{ N} \therefore F_N = 487{,}5\text{ N}$

Assim como as alavancas podem nos auxiliar em atividades cotidianas, também podem oferecer riscos. O uso inadequado de ferramentas por alavanca pode induzir o desequilíbrio, se manipulado de forma incorreta e, consequentemente, provocar acidentes. Por isso, é muito importante manusear as ferramentas seguindo os padrões de segurança.

Fique por dentro

Balançando

Nesse *site* você encontra uma simulação que pode ser aproveitada como laboratório virtual para diversos experimentos de equilíbrio envolvendo corpos rígidos.

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_pt_BR.html>.

Acesso em: 30 jun. 2020.

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Atividades

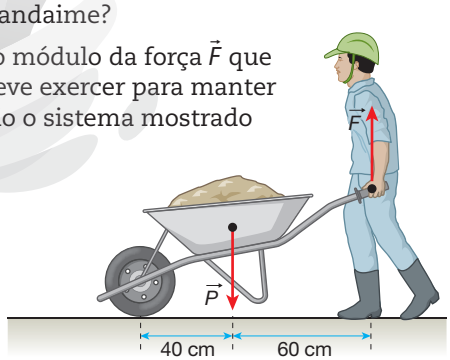
Registre em seu caderno

1. Um objeto pode estar em equilíbrio estático quando apenas uma força age sobre ele? Por quê?

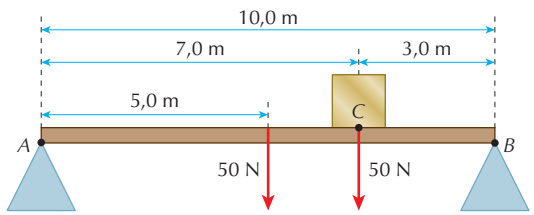
2. Por que as maçanetas das portas geralmente são fixadas em um ponto oposto ao eixo de giro da porta? Justifique com base no conceito de alavanca.

3. Uma pessoa de 50 kg está parada no meio de um andaime, que está preso por duas cordas, uma em cada ponta, com tensão de 400 N em cada uma. Qual é o peso do andaime?

4. Determine o módulo da força $\vec{F}$ que o homem deve exercer para manter em equilíbrio o sistema mostrado na figura.

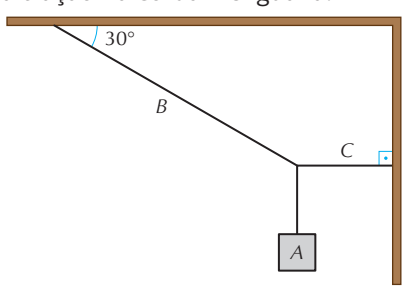


5. Uma barra uniforme tem peso de 50 N e 10 m de comprimento. A barra está apoiada em suportes no chão pelas suas extremidades *A* e *B*. Em um ponto *C* localizado a 1 m do ponto *B*, há um bloco com peso de 50 N. Qual é a intensidade das forças de reação (*N*) nos pontos *A* e *B*?



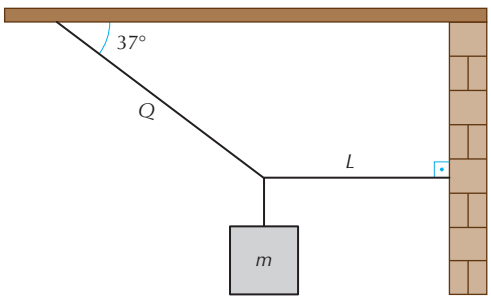
6. (PUC-RJ) Uma caixa *A*, de peso igual a 300 N, é suspensa por duas cordas, *B* e *C*, conforme a figura a seguir. O valor da tração na corda *B* é igual a:

a) 150,0 N
b) 259,8 N
c) 346,4 N
d) 600,0 N



7. (EsPCEx-SP) Um bloco de massa m = 24 kg é mantido suspenso em equilíbrio pelas cordas L e Q, inextensíveis e de massas desprezíveis, conforme figura abaixo. A corda L forma um ângulo de 90° com a parede, e a corda Q forma um ângulo de 37° com o teto. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m s^{-2}, o valor da força de tração que a corda L exerce na parede é de:

(Dados: cos 37° = 0,8 e sen 37° = 0,6)



a) 144 N **c)** 192 N **e)** 320 N
b) 180 N **d)** 240 N

8. (Unesp) Um lustre está pendurado no teto de uma sala por meio de dois fios inextensíveis, de mesmo comprimento e de massas desprezíveis, como mostra a figura 1, onde o ângulo que cada fio faz com a vertical é 30°. As forças de tensão nos fios têm a mesma intensidade.

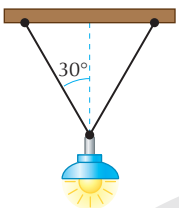


Figura 1

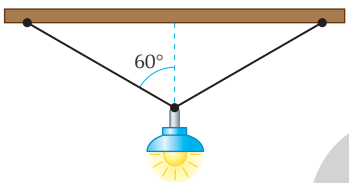
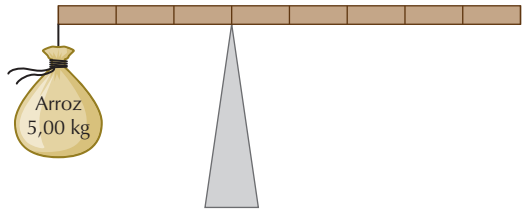


Figura 2

Considerando cos 30° ≃ 0,87, se a posição do lustre for modificada e os fios forem presos ao teto mais distantes um do outro, de forma que o ângulo que cada um faz com a vertical passe a ser o dobro do original, como mostra a figura 2, a tensão em cada fio será igual a:

a) 0,50 do valor original. **d)** 2,00 do valor original.
b) 1,74 do valor original. **e)** 3,46 do valor original.
c) 0,86 do valor original.

9. (Enem) Em um experimento, um professor levou para a sala de aula um saco de arroz, um pedaço de madeira triangular e uma barra de ferro cilíndrica e homogênea. Ele propôs que fizessem a medição da massa da barra utilizando esses objetos. Para isso, os alunos fizeram marcações na barra, dividindo-a em oito partes iguais, e em seguida apoiaram-na sobre a base triangular, com o saco de arroz pendurado em uma de suas extremidades, até atingir a situação de equilíbrio.

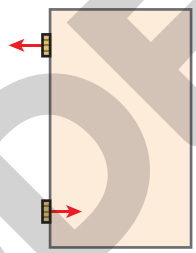


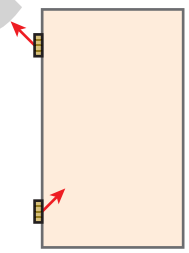
Nessa situação, qual foi a massa da barra obtida pelos alunos?

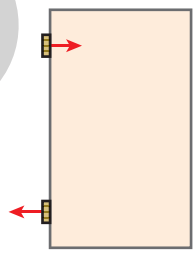
a) 3,00 kg **c)** 5,00 kg **e)** 15,00 kg
b) 3,75 kg **d)** 6,00 kg

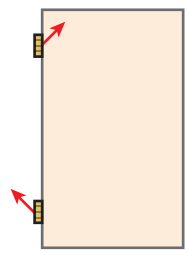
10. (Enem) O mecanismo que permite articular uma porta (de um móvel ou de acesso) é a dobradiça. Normalmente, são necessárias duas ou mais dobradiças para que a porta seja fixada no móvel ou no portal, permanecendo em equilíbrio e podendo ser articulada com facilidade.

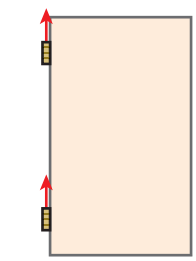
No plano, o diagrama vetorial das forças que as dobradiças exercem na porta está representado em:

a)


d)


b)


e)


c)


Reflita sobre seu aprendizado!

Registre em seu caderno

Como eu avalio minha compreensão das principais ideias discutidas no Tema e sua relação com os objetivos gerais da Unidade: excelente, razoável ou ainda preciso melhorar?

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

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 1; 2; 4; 5; 7; 8; 9

Habilidades: EM13CNT305; EM13CHS502; EM13LGG102

Conhecimentos científicos podem ser usados para justificar um preconceito?

Reflita sobre a questão acima e registre suas ideias. Em seguida, leia o texto e responda às questões.

Em 1876, o médico italiano Cesare Lombroso (1835-1909) publicou parte de seus estudos no livro *O homem delinquente*, que foi um dos primeiros registros de um conjunto de teorias aparentemente científicas que ficou conhecido como **antropologia criminal**. O livro trazia informações que, supostamente, permitiam identificar o caráter criminoso em homens adultos a partir das características físicas dos indivíduos. O trabalho de Lombroso teve início logo após ele se formar em Medicina, na Universidade de Pavia (Itália), aos 23 anos, quando assumiu a direção do manicômio de Pesaro. Posteriormente, foi designado médico na penitenciária de Turim, e foi a partir dessa convivência com os internos que Lombroso passou a defender a ideia de que o biotipo do indivíduo – por exemplo, o tamanho das mandíbulas, o formato do crânio, a forma do cérebro, a estrutura óssea – e o porte de tatuagens seriam indícios suficientes para constatar um histórico criminoso ou uma propensão ao crime. Na visão de Lombroso, a criminalidade – ou delinquência – e os desvios comportamentais tinham, de alguma forma, uma origem biológica, ou seja, eram fruto da genética. A teoria da criminalidade inata, como também ficaram conhecidas as afirmações de Lombroso, é um dos vários exemplos de teorias classificadas como **darwinismo social**, que, apesar do nome, não têm relação com os estudos do cientista inglês Charles Darwin (1809-1882).

A ideia de darwinismo social se fundamenta em tentativas de aplicar a teoria da evolução às sociedades, por exemplo, considerando que os seres humanos possam ser aperfeiçoados, física ou socialmente. Nessas tentativas, pessoas buscaram indevidamente nas Ciências da Natureza evidências que confirmassem suas hipóteses a respeito da ordem social ou, ainda, usaram práticas de investigação aparentemente científicas para comprovar suas teorias, muitas vezes manipulando dados e estabelecendo relações de causa e consequência enviesadas.

Algumas das ideias que contribuíram para o surgimento do darwinismo social são mais antigas do que a própria expressão, que passou a ser usada a partir da década de 1870. Por volta do século IX a.C. surgiu a cidade de Esparta, que, com o passar dos anos, tornou-se uma sociedade de exímios guerreiros, prezando por atributos físicos como força e beleza. Para garantir a boa linhagem espartana era comum que crianças nascidas com alguma deficiência física fossem assassinadas logo após o nascimento. Outro exemplo remonta ao período das Grandes Navegações, em que era comum a ideia de que os povos colonizados, fossem os nativos americanos, africanos ou asiáticos, não conseguiriam por si só alcançar o desenvolvimento sem a intervenção e ajuda dos colonizadores. Mas foi no século XIX que esse modo de pensar e agir ganhou o nome de **eugenia**, dado pelo antropólogo inglês Francis Galton (1822-1911), primo de Charles Darwin. Galton acreditava que as sociedades europeias ocidentais concentravam uma raça de seres humanos mais evoluída, pois segundo ele essas sociedades eram mais desenvolvidas, civilizadas e industrializadas. Dessa forma, seria necessário, para o bem da humanidade, garantir que as pessoas dessas raças vistas como superiores gerassem descendentes e os demais, aqueles classificados como raças inferiores, não.

A palavra *eugenia* tem origem no grego antigo e pode ser traduzida como "boa origem" ou "bom parentesco". As ideias eugenistas foram muito difundidas pelo mundo no final do século XIX e início do século XX, sendo usadas como pretexto para a institucionalização do racismo, da xenofobia e de outras discriminações. Nos Estados Unidos, por exemplo, diversos estados criaram leis que previam a esterilização compulsória de criminosos, alcóolatras e prostitutas como estratégia para que as características, que eram consideradas de base biológica, com potencial de serem passadas de pais para filhos, não fossem transmitidas às próximas gerações. Ao mesmo tempo, eram altamente desaconselhados casamentos inter-raciais. No Brasil não foi diferente. Em 1929 aconteceu o 1º Congresso Brasileiro de Eugenia, visando difundir as ideias de aperfeiçoamento genético da população e garantir uma pátria ideal por meio do melhoramento racial. Por aqui a eugenia foi recebida com grande aceitação pelas elites da época. Um dos motivos foi o apoio e a divulgação por médicos, sanitaristas, escritores, intelectuais, políticos e outros influenciadores daquele período, de forma que a Constituição de 1934 previa, no item b do artigo 138, o estímulo à "educação eugênica" como parte dos atributos da União, Estados e Municípios, permitindo, entre outras coisas, a segregação dos estudantes em função da classe social, origem familiar ou cor da pele.

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

MODERNA

Continua

O caso mais conhecido de eugenia da história é o holocausto, promovido na Alemanha durante a Segunda Guerra Mundial, quando as ideias de Galton foram levadas ao limite com o extermínio dos cidadãos de nacionalidades, etnias ou condutas diferentes daquelas tidas como ideais pelos governantes. E, enquanto milhares morriam nos campos de concentração, outras tantas pessoas, consideradas inferiores, serviram de objeto de estudos para que os cientistas subordinados ao governo nazista realizassem todo tipo de experimentação, sem preocupação ética, em prol, segundo eles, do desenvolvimento científico.

Felizmente, casos nos quais houve deturpação das teorias ou práticas de investigação científica representam uma fração ínfima do conhecimento produzido pela humanidade. Com o passar do tempo, a participação da sociedade na luta pelos direitos civis contribuiu para que houvesse maior preocupação com a ética na experimentação científica, com a validade dos resultados obtidos e com as conclusões tiradas na prática científica, possibilitando que outros episódios, semelhantes aos que foram citados neste texto, não se repetissem. Embora casos de discriminação por cor, classe social, credo e orientação sexual ainda aconteçam em nossa sociedade, eles não encontram respaldo em teorias científicas, senão por meio de uma interpretação equivocada ou possivelmente mal-intencionada das teorias de Darwin.

Atividades

Registre em seu caderno

1. Os trechos a seguir foram extraídos da Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948) e da Constituição Federal Brasileira, respectivamente.

> Artigo 1º Todos os seres humanos nascem livres e iguais em dignidade e em direitos. [...]
>
> Artigo 5º Todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza, garantindo-se aos brasileiros e aos estrangeiros residentes no País a inviolabilidade do direito à vida, à liberdade, à igualdade, à segurança e à propriedade [...]:
>
> I - homens e mulheres são iguais em direitos e obrigações, nos termos desta Constituição;
>
> [...]

- Que relações podem ser estabelecidas entre os trechos desses documentos e o conteúdo trabalhado nesta seção?

2. Adolf Tobeña, professor e pesquisador do Departamento de Psiquiatria e Medicina Legal da Universidade Autônoma de Barcelona, afirmou em seu livro *Cérebro e poder*, publicado em 2010, que "A testosterona é 'o núcleo do poder'", sugerindo, dessa forma, que os níveis desse hormônio no organismo são determinantes para exercer funções de liderança.

Fonte consultada: LIDERANÇA é questão de testosterona, diz psiquiatra. *Folha de S.Paulo*, 11 set. 2010. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/me1109201006.htm>. Acesso em: 23 jun. 2020.

a) Qual é a relação entre o hormônio testosterona e o gênero de um indivíduo?

b) Trace um paralelo entre o que o texto introdutório assevera e a afirmação atribuída a Adolf Tobeña. Apresente exemplos que se contraponham à afirmação do pesquisador.

3. Retome o registro feito no início desta seção refletindo e reavaliando sua resposta. Procure identificar quais fatores contribuem para a perpetuação do preconceito na nossa sociedade. Resuma sua ideia em um texto curto (cerca de dez linhas) e crie uma nuvem de palavras utilizando a ferramenta *on-line* disponível em: <https://www.wordclouds.com/> (acesso em: 23 jun. 2020). Para compreender o panorama das ideias preparadas pelos demais colegas, entregue ao professor o texto em formato digital para a produção da nuvem de palavras da sala. Após a apuração das ideias, compare sua nuvem de palavras com a dos colegas. Discuta com eles a fim de compreender o motivo do uso de algumas das palavras não empregadas em seu texto.

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

Pensamento crítico e argumentação

Registre em seu caderno

Melhor prevenir ou remediar? Os desastres ambientais causados por vazamentos de barragens de rejeitos

Na seção *Pensamento crítico e argumentação* da Unidade 1, estudamos que no ato de argumentar há uma necessidade inerente de convencimento, que requer uma justificativa para a ideia que está sendo apresentada. Vamos olhar agora para alguns tipos de argumento e como eles apresentam essas justificativas.

A **indução**, a **dedução** e a **analogia** são formas de argumentação que incorporam estratégias variadas para apresentar justificativas. Para entender as diferenças entre elas é importante compreender alguns conceitos: proposição, premissas e conclusão.

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 2; 4; 7; 9; 10

Habilidades: EM13CNT104; EM13CNT203; EM13CNT206; EM13CNT306; EM13CHS103; EM13LP05

Continua

A **proposição** é uma frase em que se afirma ou se nega algo. Por exemplo, "o ser humano é um animal racional". As **premissas** são as proposições que levam a uma conclusão. E o argumento é o raciocínio, isto é, o encadeamento de proposições que nos levam a uma conclusão, processo denominado **inferência**.

Assim, partindo de premissas consideradas verdadeiras, é possível extrair delas uma **conclusão válida**. O argumento, portanto, é válido quando sua conclusão é consequência lógica de suas premissas.

Dependendo das premissas, é possível **generalizar** ou não um argumento, e podemos usar as ideias contidas em um argumento para fazer **predições** ou expressar uma ideia da probabilidade de algo ocorrer.

Em diferentes medidas, os três tipos de argumento nos ajudam a lidar com problemas diários. Por exemplo, usamos a indução quando fazemos observações de casos particulares e tentamos prever o que vai ocorrer em casos gerais. A dedução se faz presente, por exemplo, quando conhecemos regras gerais e tentamos prever o que vai acontecer em um caso específico. Já a analogia é utilizada quando comparamos objetos ou fenômenos diferentes e inferimos a existência de pontos de semelhança.

1. As frases a seguir trazem características dos três tipos de argumentos apresentados: dedutivo, indutivo e por analogia. Em trios, analisem e discutam as frases, classificando-as em um dos três tipos de argumento. Considerem que (i) há informações nas frases para ajudar nessa classificação e (ii) cada um dos tipos de argumento está relacionado a cinco frases.

a. Passa da ideia para a observação.
b. Começa com as observações e se move em direção a generalizações e teorias.
c. Usa similaridades entre fatos e objetos específicos para prever comportamentos associados a eles.
d. Começa com uma afirmação (ou hipótese), que será testada por meio da observação.
e. Começa com uma comparação, que pode ser observada entre dois fatos ou objetos, para então concluir (inferência) sobre um deles.
f. Passa da observação para a ideia.
g. Apresentam conclusões inatacáveis, pois assume-se que todas as premissas são verdadeiras.
h. Se as premissas são verdadeiras, a conclusão é definitivamente válida.
i. Usa um caso especial para entender um princípio geral (passa do mais específico para o mais geral).
j. Passa da comparação para a construção de uma inferência.
k. Apresenta alguma probabilidade de ser verdadeiro, o que pode variar com base na força das evidências usadas para apoiá-lo.
l. Usa um princípio geral para compreender um caso em especial (passa do mais geral para o mais específico).
m. Os argumentos são fracos ou fortes dependendo da relevância das semelhanças observadas para o estabelecimento da conclusão.
n. Se as premissas são verdadeiras, a conclusão provavelmente é válida.
o. Se há semelhanças justificáveis por premissas consideradas verdadeiras entre o que está sendo analisado, a inferência sobre outra semelhança, ou seja, a conclusão, é provavelmente válida.

2. Agrupem-se com outros trios de modo que a turma seja dividida em três grupos. Cada grupo fará a revisão das frases que contêm as características de um dos tipos de argumento. Em seguida, organizem as frases do tipo de argumento analisado por seu grupo, relacionando cada frase a uma das seguintes categorias: ideia geral, ponto de partida, movimento cognitivo, força do argumento e conclusão do argumento. No final, compartilhem com toda a turma o resultado dessa organização.

3. Retomem a organização inicial por trios e discutam como poderiam avaliar a qualidade de cada tipo de argumento. Nesse processo, considerem as particularidades de cada tipo de argumento.

4. Em novembro de 2015, uma barragem de rejeitos de mineração se rompeu no município de Mariana, Minas Gerais. Em janeiro de 2019, o rompimento de outra barragem ocorreu em Brumadinho, Minas Gerais. O número de mortes e os danos ambientais e econômicos causados pelas duas tragédias suscitaram um amplo debate sobre responsabilidade ambiental e os desafios do setor da mineração. Nesse contexto, vamos exercitar as ideias sobre argumentos que temos discutido. Ainda em trios, leiam os trechos a seguir sobre as tragédias ocorridas em Minas Gerais e classifiquem-nos em dedutivo, indutivo ou por analogia. Justifiquem a resposta caso a caso.

a)

[...] O vazamento de 32 milhões de metros cúbicos de lama com rejeitos de minérios agravou a situação de rios que já sofriam degradação com a descarga contínua de esgotos e resíduos de mineração, além da perda das matas que protegiam suas margens. "A bacia do rio Doce é hoje a mais impactada do Brasil", comentou Pavan, com base nos trabalhos em campo e de laboratório do Giaia. [...]

Fonte: FIORAVANTI, C. Águas mortas. Revista *Pesquisa Fapesp*, edição 243, maio 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/aguas-mortas/>. Acesso em: 23 jun. 2020.

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

MODELINA

b)

[...] Um estudo feito por pesquisadores canadenses, com base na análise de 143 desastres em mineração reportados no mundo entre 1968 e 2009, apontou que há uma correlação entre os ciclos de alta e de baixa dos preços dos minérios no mercado internacional com rompimentos de barragens de rejeitos. [...]

Fonte: ALISSON, E. Risco de rompimento de barragens de rejeitos aumenta com queda no preço dos minérios. *Agência Fapesp*, 26 fev. 2019. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/risco-de-rompimento-de-barragens-de-rejeitos-aumenta-com-queda-no-preco-dos-minerios/29893/>. Acesso em: 23 jun. 2020.

c)

[...] O método conhecido como "alteamento a montante", no qual a barreira de contenção recebe camadas do próprio material do rejeito da mineração, era usado pela mina Córrego do Feijão em Brumadinho e também pela mina do Fundão, [...] em Mariana, onde uma barragem se rompeu há três anos.

"É a forma mais comum porque é mais barata para se construir e mais rápida de se licenciar porque ocupa menos espaço da bacia hidrográfica. Mas é também a mais perigosa e com maior risco. Por isso países com características similares às do Brasil não usam ou estão proibindo", explica o geólogo Eduardo Marques, professor da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Ele cita o Chile e o Peru como países que baniram o método e a África do Sul como um dos que podem proibir em breve. A Austrália, porém, ainda o usa. "Mas a região é mais seca que no Brasil e os vales são mais abertos que os de Minas Gerais", salienta Marques. [...]

Fonte: ODILLA, F. Brumadinho: quais são os tipos de barragem e por que a Vale construiu a menos segura na mina Córrego do Feijão? *BBC News Brasil*, 29 jan. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47048439>. Acesso em: 23 jun. 2020.

5. Com base nas discussões e em informações pesquisadas em fontes confiáveis e diversificadas, vocês devem escolher um dos tipos de argumento que estudamos até aqui para elaborar um texto e responder à pergunta: do ponto de vista ambiental, quais são os argumentos favoráveis à prevenção dos vazamentos em barragens de rejeitos?

Valores e atitudes

Registre em seu caderno

Por dentro da BNCC

Competências gerais: 2; 6; 8; 10
Habilidade: EM13CHS404

A criação de novas empresas é fundamental para o desenvolvimento econômico de um país ao gerar divisas e empregos. Cientistas, empresários e investidores do mundo inteiro têm vislumbrado a possibilidade de transferência de conhecimento científico-tecnológico para o mercado produtivo. Os exemplos vão desde a criação de *kits* aeroespaciais para escolas e desenvolvimento de sensores para estudos científicos até a exploração de minérios provenientes de meteoros e asteroides.

Nesse contexto de empreendedorismo de base tecnológica, surgem diversas *startups*: pequenas empresas que buscam oferecer produtos e/ou serviços inovadores e diferenciados.

Mas quem são esses empreendedores? Apresentamos, a seguir, duas histórias diferentes que se configuram em casos bem-sucedidos.

O objetivo de William Whittaker, da Carnegie Mellon University, era ganhar o Google Lunar X Prize, competição lançada em 2007 que prometia US$ 30 milhões para a equipe que fizesse um pouso com sucesso na Lua. Não havia plano de negócios, sequer [*slides*] mostrando de onde a equipe iria tirar os recursos necessários para financiar a jornada. Pouco depois de começar as pesquisas, a equipe percebeu que era preciso buscar outras fontes de receita. "Percebemos rapidamente que precisaríamos de mais dinheiro, e que precisávamos criar algo maior do que o prêmio", diz John Thornton, cofundador [...] da [...] empresa que resultou da brincadeira. [...] A solução foi criar um serviço completamente novo: o transporte de cargas à superfície lunar.

Fonte: FRABASILE, D. Conheça as *startups* que querem conquistar o espaço. *Revista Época Negócios*, São Paulo, 17 jul. 2018. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Empreendedorismo/noticia/2018/06/conheca-startups-que-querem-conquistar-o-espaco.html>. Acesso em: 23 jun. 2020.

[...] Nanda [Carvalho]: nascida e criada na favela do Jacarezinho, no Rio de Janeiro, ouvia desde criança que pessoas como ela não teriam oportunidade de estudar e crescer na vida. Que dirá, então, empreender. Porém, com persistência e uma boa dose de cara de pau, como ela mesma diz, encontrou na tecnologia uma oportunidade de mudar a sua realidade. [...] A jovem criou a plataforma [...] de compra e venda de produtos voltada para micro e pequenos empreendedores.

Continua

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

MODERNA

[...] Se juntou com um amigo, [...] e decidiram juntos unir seus conhecimentos e criar algo que pudesse ter um impacto social na vida de pessoas como eles. A jovem brinca que a ideia surgiu durante um banho. Diante de alguns pensamentos soltos, [...] observou que não conhecia nenhuma rede social voltada para pequenos e microempreendedores onde se pudesse comprar e vender produtos por meio de um ambiente virtual. Foi então que a *startup* [...] surgiu.

[...] dois grandes diferenciais do sistema é que os vendedores não precisam pagar para ficar mais bem ranqueados (como acontece em alguns serviços de compra e venda *online*) e a porcentagem destinada à *startup* será sempre de 10%.

Fonte: CRUZ, B. S. Da favela à *startup*: jovem empreendedora conquista apoio do Facebook. *UOL*, 2017. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2017/12/12/da-favela-ao-facebook-jovem-carioca-e-aprovada-em-centro-de-inovacao.htm>. Acesso em: 23 jun. 2020.

Esses empreendedores, em geral, apresentam algumas das características apresentadas a seguir.

Características do comportamento empreendedor (CCE)
Busca de oportunidade e iniciativa
Persistência
Comprometimento
Exigência de qualidade e eficiência
Correr riscos calculados
Estabelecimento de metas
Busca de informação
Planejamento e monitoramento sistemático
Persuasão e rede de contatos
Independência e autoconfiança

Fonte: SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. *Disciplina de Empreendedorismo*. Manual do Aluno. Módulo 1 – o empreendedor. 2013. Disponível em: <https://fundec.edu.br/public/arquivos/unifadra/empreendedorismo/DISCIPLINA%20DE%20EMPREENDEDORISMO_Aluno%20Modulo%201.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2020.

1. Agora é hora de refletir sobre seu comportamento empreendedor. Após analisar os exemplos e o quadro, responda:

a) Quais dessas características apresentadas por empreendedores você gostaria de desenvolver ou aperfeiçoar e por quê?

b) Que estratégia(s) você pode utilizar para desenvolvê-las ou fortalecê-las? Lembre-se de determinar prazos para alcançar essas metas.

2. Em ambas as histórias, percebe-se que os fundadores das *startups* enxergaram as demandas do mercado e transformaram suas ideias em oportunidade de negócio. Agora é a sua vez! Considerando sua realidade local, reflita e busque informações sobre o que você poderia fazer. Utilize o quadro a seguir para desenhar e testar a sua ideia.

1. Quais *insights* ou dados você obteve que favorecem a criação de um serviço ou produto?	2. Como você descreveria esse produto ou serviço?
3. Quem será o seu público-alvo? Por que ele precisa do seu produto ou serviço? Em que situação ele o usará?	4. Por que ele escolheria seu produto ou serviço?
5. Como seu serviço ou produto pode ser implementado? Exemplos de perguntas que você pode se fazer: "Que estratégias eu posso adotar para meus possíveis clientes saberem que existo?", "Vou precisar de parceiros?", "Vou precisar de estrutura física ou virtual?".	6. Se possível, teste a sua ideia. Reúna dois ou três potenciais clientes entre seus colegas de turma e fale sobre seu produto ou serviço. Depois, invertendo os papéis, solicite que simulem uma venda para você. O objetivo é que os próprios clientes exponham suas necessidades. Com isso, espera-se que você consiga analisar os argumentos dos "novos vendedores", identificar as informações relevantes e avaliar quais mensagens foram mais bem compreendidas – e, assim, melhorar seu produto ou serviço.

Fonte consultada: ROSA, C. A.; COUTO, G. M.; LAGE, M. G. *Guia essencial para novos empreendedores*: ideação. Belo Horizonte: Sebrae/MG, 2015. 124 p. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/DF/Anexos/Volume%202%20-%20Idea%C3%A7%C3%A3o.PDF>. Acesso em: 23 jun. 2020.

Revise e amplie!

Registre em seu caderno

Agora que o trabalho com a Unidade foi finalizado, é o momento de autoavaliar seu aprendizado e identificar novos interesses para continuar aprendendo. Para isso, reflita sobre as questões abaixo.

- O que eu aprendi sobre a temática humanos, metais e máquinas?
- O que mais eu gostaria de saber sobre essa temática?

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

MODERNA

ILUSTRAÇÃO: NELSON MATSUDA

Tabela periódica

1												13	14	15	16	17	18
1 **H** hidrogênio 1,008	2																2 **He** hélio 4,003
3 **Li** lítio 6,94	4 **Be** berílio 9,012											5 **B** boro 10,81	6 **C** carbono 12,01	7 **N** nitrogênio 14,01	8 **O** oxigênio 16,00	9 **F** flúor 19,00	10 **Ne** neônio 20,18
11 **Na** sódio 22,99	12 **Mg** magnésio 24,31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 **Al** alumínio 26,98	14 **Si** silício 28,09	15 **P** fósforo 30,97	16 **S** enxofre 32,06	17 **Cl** cloro 35,45	18 **Ar** argônio 39,95
19 **K** potássio 39,10	20 **Ca** cálcio 40,08	21 **Sc** escândio 44,96	22 **Ti** titânio 47,87	23 **V** vanádio 50,94	24 **Cr** crômio 52,00	25 **Mn** manganês 54,94	26 **Fe** ferro 55,85	27 **Co** cobalto 58,93	28 **Ni** níquel 58,69	29 **Cu** cobre 63,55	30 **Zn** zinco 65,38	31 **Ga** gálio 69,72	32 **Ge** germânio 72,63	33 **As** arsênio 74,92	34 **Se** selênio 78,97	35 **Br** bromo 79,90	36 **Kr** criptônio 83,80
37 **Rb** rubídio 85,47	38 **Sr** estrôncio 87,62	39 **Y** ítrio 88,91	40 **Zr** zircônio 91,22	41 **Nb** nióbio 92,91	42 **Mo** molibdênio 95,95	43 **Tc** tecnécio	44 **Ru** rutênio 101,1	45 **Rh** ródio 102,9	46 **Pd** paládio 106,4	47 **Ag** prata 107,9	48 **Cd** cádmio 112,4	49 **In** índio 114,8	50 **Sn** estanho 118,7	51 **Sb** antimônio 121,8	52 **Te** telúrio 127,6	53 **I** iodo 126,9	54 **Xe** xenônio 131,3
55 **Cs** césio 132,9	56 **Ba** bário 137,3	57–71 lantanídios	72 **Hf** háfnio 178,5	73 **Ta** tântalo 181,0	74 **W** tungstênio 183,8	75 **Re** rênio 186,2	76 **Os** ósmio 190,2	77 **Ir** irídio 192,2	78 **Pt** platina 195,1	79 **Au** ouro 197,0	80 **Hg** mercúrio 200,6	81 **Tl** tálio 204,4	82 **Pb** chumbo 207,2	83 **Bi** bismuto 209,0	84 **Po** polônio	85 **At** astato	86 **Rn** radônio
87 **Fr** frâncio	88 **Ra** rádio	89-103 actinídios	104 **Rf** rutherfórdio	105 **Db** dúbnio	106 **Sg** seabórgio	107 **Bh** bóhrio	108 **Hs** hássio	109 **Mt** meitnério	110 **Ds** darmstádtio	111 **Rg** roentgênio	112 **Cn** copernício	113 **Nh** nihônio	114 **Fl** fleróvio	115 **Mc** moscóvio	116 **Lv** livermório	117 **Ts** tennesso	118 **Og** oganessônio

legenda: número atômico **símbolo** nome massa atômica

57 **La** lantânio 138,9	58 **Ce** cério 140,1	59 **Pr** praseodímio 140,9	60 **Nd** neodímio 144,2	61 **Pm** promécio	62 **Sm** samário 150,4	63 **Eu** európio 152,0	64 **Gd** gadolínio 157,3	65 **Tb** térbio 158,9	66 **Dy** disprósio 162,5	67 **Ho** hôlmio 164,9	68 **Er** érbio 167,3	69 **Tm** túlio 168,9	70 **Yb** itérbio 173,1	71 **Lu** lutécio 175,0
89 **Ac** actínio	90 **Th** tório 232,0	91 **Pa** protactínio 231,0	92 **U** urânio 238,0	93 **Np** netúnio	94 **Pu** plutônio	95 **Am** amerício	96 **Cm** cúrio	97 **Bk** berquélio	98 **Cf** califórnio	99 **Es** einstênio	100 **Fm** férmio	101 **Md** mendelévio	102 **No** nobélio	103 **Lr** laurêncio

Fonte consultada: IUPAC. *Periodic table of the elements*. Disponível em: <https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC_Periodic_Table-01Dec18.jpg>. Acesso em: 24 jul. 2020.

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

Tabela para consulta

Série de reatividade de metais em solução aquosa

Substância	Equação química da reação de oxidação
Lítio	$Li(s) \rightleftharpoons Li^+(aq) + e^-$
Potássio	$K(s) \rightleftharpoons K^+(aq) + e^-$
Bário	$Ba(s) \rightleftharpoons Ba^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Cálcio	$Ca(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Sódio	$Na(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + e^-$
Magnésio	$Mg(s) \rightleftharpoons Mg^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Alumínio	$Al(s) \rightleftharpoons Al^{3+}(aq) + 3\,e^-$
Manganês	$Mn(s) \rightleftharpoons Mn^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Zinco	$Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Cromo	$Cr(s) \rightleftharpoons Cr^{3+}(aq) + 3\,e^-$
Ferro	$Fe(s) \rightleftharpoons Fe^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Cádmio	$Cd(s) \rightleftharpoons Cd^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Cobalto	$Co(s) \rightleftharpoons Co^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Níquel	$Ni(s) \rightleftharpoons Ni^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Estanho	$Sn(s) \rightleftharpoons Sn^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Chumbo	$Pb(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Hidrogênio	$H_2(g) \rightleftharpoons 2\,H^+(aq) + 2\,e^-$
Cobre	$Cu(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Prata	$Ag(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + e^-$
Mercúrio	$Hg(l) \rightleftharpoons Hg^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Platina	$Pt(s) \rightleftharpoons Pt^{2+}(aq) + 2\,e^-$
Ouro	$Au(s) \rightleftharpoons Au^{3+}(aq) + 3\,e^-$

A facilidade de oxidação aumenta

Fonte consultada: BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a ciência central. Tradução: Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

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

MODERNA

Respostas

UNIDADE 1

Tema 1

2. c

3. $D \simeq 5{,}2$ Mpc

4. c

5. b

6. e

7. **b)** O gêmeo que viajou terá 60 anos de idade.

8. c

9. **a)** $v = 3 \cdot 10^7$ m s^{-1}

b) $\Delta t = 12{,}5$ min

10. b

Tema 2

4. **a)** 75

b) 75

c) 75

d) Rênio

7. b

9. d

Tema 3

6. $D_{ano\text{-}luz} \simeq 1{,}6 \cdot 10^{-5}$ ano-luz; $D_{parsec} \simeq 4{,}84 \cdot 10^{-6}$ pc

7. $\Delta t \simeq 3 \cdot 10^9$ anos

8. $d = 7{,}29 \cdot 10^{15}$ km

9. e

10. a

11. c

Tema 4

1. C_3H_6

4. Tetraédrica e apolar

5. **a)** $C_7H_{13}ON_2Cl$

b) Polar

8. e

9. **a)** Gasosa, gasosa e líquida.

Tema 5

1. c

4. b

7. c

9. d

10. a

UNIDADE 2

Tema 1

1. d

4. b

5. e

6. b

Tema 2

1. d

2. d

3. **a)** Sapos – 6 indivíduos (0,1 indivíduo/ m^2); gafanhotos – 25 indivíduos (0,42 indivíduo/ m^2).

b) Densidade de gafanhotos após 10 dias $\simeq$ 0,22 indivíduo/m^2. A população de gafanhotos se extinguiria após 21 dias.

6. b

8. Corretas: 01, 04, 08

9. b

Tema 3

2. **a)** Ligação iônica

b) I: Cr_2O_3; II: Cr

3. d

4. Polo positivo: SO_4^{2-}; polo negativo: Fe^{2+}

5. Substâncias iônicas: II e V; substância metálica: IV.

Tema 4

1. **a)** 16 mol

c) 6 mol

3. **a)** $2\ NdCl_3 + 3\ Ca \longrightarrow 2\ Nd + 3\ CaCl_2$

4. **b)** $ZnS(s) + 2\ O_2(g) \xrightarrow{\Delta} ZnSO_4(s)$

d) $ZnSO_4(s) \xrightarrow{\Delta} ZnO(s) + SO_3(g)$

5. c

8. **a)** 20 pilhas

b) 3,175 g

12. a

13. **a)** 1,69 milhão de toneladas

14. **b)** $2\ Fe(s) + 3\ Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 2\ Fe^{3+}(aq) + 3\ Cu(s)$

Tema 5

4. c

5. c

6. c

7. d

8. b

9. Carro A

10. $F = 0{,}01$ N

Tema 6

3. $P_{andaime} = 300$ N

4. $F = 80$ N

5. $N_A = 40$ N e $N_B = 60$ N

6. d

7. e

8. b

9. e

10. d

MODERNA

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

Por dentro da BNCC

A BNCC é um documento 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. Há 10 competências gerais, e cada área de conhecimento possui competências específicas e habilidades.

Cada habilidade, além do texto que a define, possui um código alfanumérico, como o mostrado a seguir. Veja o que cada parte do código significa.

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, conforme definição dos currículos.
- **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 números).

  Vale destacar que o uso de numeração sequencial para identificar as habilidades não representa uma ordem ou hierarquia esperada das aprendizagens, em função de seus contextos locais.

Na tabela a seguir, você pode verificar o texto das competências e das habilidades que estão sendo mobilizadas no desenvolvimento das unidades deste volume.

Competências gerais da Educação Básica
1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.
5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.
7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.
9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.
10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

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

EDIÇÃO MODERNA

Competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Competência específica 1 Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
(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.
(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.
(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.
Competência específica 2 Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
(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.
(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(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).
(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
(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.
(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).
Competência específica 3 Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).
(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.

Continua

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

MODERNA

Continuação

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.
(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.
(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.
(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.
(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.
(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.

Competências específicas e habilidades de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Competência específica 1 Analisar processos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais nos âmbitos local, regional, nacional e mundial em diferentes tempos, a partir da pluralidade de procedimentos epistemológicos, científicos e tecnológicos, de modo a compreender e posicionar-se criticamente em relação a eles, considerando diferentes pontos de vista e tomando decisões baseadas em argumentos e fontes de natureza científica.
(EM13CHS103) Elaborar hipóteses, selecionar evidências e compor argumentos relativos a processos políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e epistemológicos, com base na sistematização de dados e informações de diversas naturezas (expressões artísticas, textos filosóficos e sociológicos, documentos históricos e geográficos, gráficos, mapas, tabelas, tradições orais, entre outros).
Competência específica 2 Analisar a formação de territórios e fronteiras em diferentes tempos e espaços, mediante a compreensão das relações de poder que determinam as territorialidades e o papel geopolítico dos Estados-nações.
(EM13CHS206) Analisar a ocupação humana e a produção do espaço em diferentes tempos, aplicando os princípios de localização, distribuição, ordem, extensão, conexão, arranjos, casualidade, entre outros que contribuem para o raciocínio geográfico.
Competência específica 3 Analisar e avaliar criticamente as relações de diferentes grupos, povos e sociedades com a natureza (produção, distribuição e consumo) e seus impactos econômicos e socioambientais, com vistas à proposição de alternativas que respeitem e promovam a consciência, a ética socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional, nacional e global
(EM13CHS302) Analisar e avaliar criticamente os impactos econômicos e socioambientais de cadeias produtivas ligadas à exploração de recursos naturais e às atividades agropecuárias em diferentes ambientes e escalas de análise, considerando o modo de vida das populações locais – entre elas as indígenas, quilombolas e demais comunidades tradicionais –, suas práticas agroextrativistas e o compromisso com a sustentabilidade.

Continua

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

MODERNA

Continuação

Competência específica 4 Analisar as relações de produção, capital e trabalho em diferentes territórios, contextos e culturas, discutindo o papel dessas relações na construção, consolidação e transformação das sociedades.
(EM13CHS403) Caracterizar e analisar os impactos das transformações tecnológicas nas relações sociais e de trabalho próprias da contemporaneidade, promovendo ações voltadas à superação das desigualdades sociais, da opressão e da violação dos Direitos Humanos.
(EM13CHS404) Identificar e discutir os múltiplos aspectos do trabalho em diferentes circunstâncias e contextos históricos e/ou geográficos e seus efeitos sobre as gerações, em especial, os jovens, levando em consideração, na atualidade, as transformações técnicas, tecnológicas e informacionais.
Competência específica 5 Identificar e combater as diversas formas de injustiça, preconceito e violência, adotando princípios éticos, democráticos, inclusivos e solidários, e respeitando os Direitos Humanos.
(EM13CHS502) Analisar situações da vida cotidiana, estilos de vida, valores, condutas etc., desnaturalizando e problematizando formas de desigualdade, preconceito, intolerância e discriminação, e identificar ações que promovam os Direitos Humanos, a solidariedade e o respeito às diferenças e às liberdades individuais.

Competências específicas e habilidades de Matemática e suas Tecnologias
Competência específica 3 Utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas de modo a construir argumentação consistente.
(EM13MAT308) Aplicar as relações métricas, incluindo as leis do seno e do cosseno ou as noções de congruência e semelhança, para resolver e elaborar problemas que envolvem triângulos, em variados contextos.
Competência específica 4 Compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas.
(EM13MAT405) Utilizar conceitos iniciais de uma linguagem de programação na implementação de algoritmos escritos em linguagem corrente e/ou matemática.

Competências específicas e habilidades de Linguagens e suas Tecnologias
Competência específica 1 Compreender o funcionamento das diferentes linguagens e práticas culturais (artísticas, corporais e verbais) e mobilizar esses conhecimentos na recepção e produção de discursos nos diferentes campos de atuação social e nas diversas mídias, para ampliar as formas de participação social, o entendimento e as possibilidades de explicação e interpretação crítica da realidade e para continuar aprendendo.
(EM13LGG102) Analisar visões de mundo, conflitos de interesse, preconceitos e ideologias presentes nos discursos veiculados nas diferentes mídias, ampliando suas possibilidades de explicação, interpretação e intervenção crítica da/na realidade.
(EM13LGG103) Analisar o funcionamento das linguagens, para interpretar e produzir criticamente discursos em textos de diversas semioses (visuais, verbais, sonoras, gestuais).
Habilidades de Língua Portuguesa
(EM13LP05) Analisar, em textos argumentativos, os posicionamentos assumidos, os movimentos argumentativos (sustentação, refutação/contra-argumentação e negociação) e os argumentos utilizados para sustentá-los, para avaliar sua força e eficácia, e posicionar-se criticamente diante da questão discutida e/ou dos argumentos utilizados, recorrendo aos mecanismos linguísticos necessários.
(EM13LP16) Produzir e analisar textos orais, considerando sua adequação aos contextos de produção, à forma composicional e ao estilo do gênero em questão, à clareza, à progressão temática e à variedade linguística empregada, como também aos elementos relacionados à fala (modulação de voz, entonação, ritmo, altura e intensidade, respiração etc.) e à cinestesia (postura corporal, movimentos e gestualidade significativa, expressão facial, contato de olho com plateia etc.).
(EM13LP22) Construir e/ou atualizar, de forma colaborativa, registros dinâmicos (mapas, *wiki* etc.) de profissões e ocupações de seu interesse (áreas de atuação, dados sobre formação, fazeres, produções, depoimentos de profissionais etc.) que possibilitem vislumbrar trajetórias pessoais e profissionais.
(EM13LP43) Atuar de forma fundamentada, ética e crítica na produção e no compartilhamento de comentários, textos noticiosos e de opinião, memes, *gifs*, remixes variados etc. em redes sociais ou outros ambientes digitais.

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

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

MODERNA

Bibliografia

AKIYAMA, K. *et. al.* First M87 event horizon telescope results. IV. Imaging the central supermassive black hole. *The Astrophysical Journal Letters*, v. 875: L4, p. 1-52, abr. 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ab0e85>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O artigo apresenta como foram processados os dados para a obtenção da primeira imagem ao redor de um buraco negro.

ARANY-PRADO, L. I. *À luz das estrelas*. 2017. Disponível em: <https://cienciantautas.com/wp-content/uploads/2017/01/%C3%80-luz-das-estrelas.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O livro aborda a formação dos elementos químicos a partir da nucleossíntese estelar e as propriedades físicas das estrelas.

ATKINS, P.; DE PAULA, J. *Physical Chemistry*. 7. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2003.

Esse livro apresenta os conceitos aprofundados e as deduções das equações da físico-química.

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química*: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Tradução: Ricardo Bicca de Alencastro. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

A obra apresenta os principais conceitos estudados em Química.

BOCZKO, R. *Conceitos de Astronomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.

O livro aborda conceitos básicos de Astronomia para introduzir o vocabulário, ideias e métodos usados nessa área.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Anuário mineral brasileiro: principais substâncias metálicas. Brasília: ANM, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_2018_ano_base_2017/view>. Acesso em: 3 jun. 2020.

Anuário mineral brasileiro que apresenta informações referentes a diversas substâncias.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *População*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O *site* mostra a projeção da população brasileira e das unidades da federação.

BRASIL. Senado Federal. O minério da vez. *Em discussão!*, Brasília, v. 4, n. 17, set. 2013.

Essa edição da revista apresenta as principais aplicações das terras-raras e as propostas de ampliação da participação do país no mercado mundial.

BROWN, T. L. *et al*. *Química*: a ciência central. Tradução: Eloiza Lopes, Tiago Jonas e Sonia M. Yamamoto. 13. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

O livro apresenta os conceitos da Química, incentivando os estudantes dessa ciência a pensar como pesquisadores.

CAMPBELL, B. *Evolution of technological species*. Disponível em: <https://history.nasa.gov/CP-2156/ch4.4.htm>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O *site* aborda a evolução tecnológica das espécies, como o uso e a fabricação de ferramentas, o uso e o controle do fogo e a tecnologia dos metais.

CANTO, E. L. *Minerais, minérios, metais*: de onde vêm?, para onde vão? 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

O livro aborda a produção e utilização de minérios e minerais e a produção de metais do ponto de vista histórico, científico, tecnológico e econômico.

CARROL, D. A.; OSTLIE, B. W. *An introduction to modern Astrophysics*. 2. ed. Pearson/Addison-Wesley, 2007.

O livro introduz conceitos da área de Astrofísica por meio de ferramentas matemáticas e conhecimentos de Física básica.

FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a Química: da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 3, p. 22-25, 1996.

Utilizando uma linguagem acessível, o artigo aborda conceitos e aspectos históricos e científicos da espectroscopia.

GREF – Grupo de Reelaboração de Ensino de Física. *Física 1:* Mecânica. 4. ed. São Paulo: Edusp, 1999.

O livro apresenta os assuntos de Física para destacar sua relevância prática e universalidade.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. I e IV.

Os volumes I e IV dessa coleção apresentam os fundamentos da Mecânica clássica e da Física moderna, permitindo a compreensão dos conceitos e das principais ideias sobre esses temas.

IUPAC. *Symbols, units, nomenclature and fundamental constants in Physics*. 1987 Revision. Disponível em: <https://iupap.org/wp-content/uploads/2014/05/A4.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O livro apresenta recomendações para símbolos, unidades, nomenclatura e constantes fundamentais, aprovados em conjunto com diversos órgãos em assembleias realizadas de 1948 a 1984.

IUPAC. *Periodic table of the elements*. Disponível em: <https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC_Periodic_Table-01Dec18.jpg>. Acesso em: 3 jun. 2020.

Tabela periódica da União Internacional de Química Pura e Aplicada (do inglês, *International Union Pure and Applied Chemistry* – IUPAC), publicada em 2018.

JACKSON, J. D. *Classical Electrodynamics*. 3. ed. John Wiley & Sons, 1999.

O livro apresenta conceitos do Eletromagnetismo clássico, além de abordar a teoria da Relatividade restrita.

KARTTUNEN, H. *et. al. Fundamental Astronomy*. Springer-Verlag, 2003.

O livro aborda conceitos de Astronomia envolvendo observações, instrumentos, mecânica celeste, o Sistema Solar e a evolução de estrelas e galáxias.

KITTEL, C.; KNIGHT, W. D.; RUDERMAN, M. A. *Berkeley Physics course*: Mechanics. 2. ed. Mc Graw-Hill, 1973. v. 1.

O livro apresenta conceitos de Física básica envolvendo noções de vetores, a apresentação das leis de Newton, referenciais e Relatividade restrita.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; WEAVER, G. C. *Química geral e reações químicas*. Tradução: Flávio M. Vichi e Solange A. Visconte. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

O livro introduz a Química com uma linguagem simples, que facilita a aprendizagem.

LAHR, D. J. G. A evolução da vida em um planeta em constante mudança. *In:* GALANTE, D. (org.). *Astrobiologia*: uma ciência emergente. Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia. São Paulo: Tikinet. IAG/USP, 2016. Disponível em: <https://www.iag.usp.br/astronomia/sites/default/files/astrobiologia.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O artigo retrata a evolução da vida no planeta Terra.

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

MODERNA

Bibliografia

LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. Tradução: Henrique E. Toma, Koiti Araki e Reginaldo C. Rocha. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

O livro apresenta os principais conceitos da Química inorgânica, abordando a teoria das ligações químicas e a formação de compostos de cada grupo da tabela periódica.

LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 90. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

Manual de referências bibliográficas que auxilia pesquisadores na utilização de dados e resultados científicos na elaboração de textos com elevado padrão de confiabilidade.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. Tradução: Ana Beatriz G. da Veiga *et al*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

O livro apresenta um detalhamento na abordagem de conceitos mais complexos da área de Bioquímica com riqueza de detalhes sobre aplicações e avanços tecnológicos dessa área de estudos.

NEVES, W. E no princípio... era o macaco! *Estudos Avançados*, v. 20, n. 58, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ea/v20n58/21.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O artigo retrata a evolução da linhagem humana.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica*. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. v. 1 e 4.

Os dois volumes apontados apresentam os conceitos e princípios básicos da Física, especialmente Mecânica, Óptica, Relatividade restrita e Física quântica, permitindo a compreensão das principais ideias.

PENN State University. *Periodic table of the elements*. Disponível em: <http://chemistry.bd.psu.edu/jircitano/periodic4.html>. Acesso em: 25 jun. 2020.

O *site* apresenta uma tabela periódica interativa em que é possível consultar os espectros de emissão atômica conhecidos dos elementos químicos.

PETRUCCI, R. H. *et al*. *General Chemistry*: principles and modern applications. 10. ed. Toronto: Prentice Hall, 2010.

O livro apresenta os conceitos fundamentais da Química que formam a base de estudos mais aprofundados.

POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. *The nature of life*. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1995.

O livro trata de assuntos das Ciências Biológicas, como genética, saúde e doenças.

OPPENHEIMER, S. *Out of eden*. Reino Unido: Constable and Robinson, 2004.

O livro aborda, com base em evidências genéticas, arqueológicas e climáticas, a irradiação da espécie humana no mundo.

OUR WORLD IN DATA. *World population growth*, 1700-2100. Disponível em: <https://ourworldindata.org/world-population-growth>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O *site* apresenta gráficos e análises sobre o crescimento populacional mundial.

REECE, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

O livro trata de diversos assuntos relacionados à Biologia. É ricamente ilustrado, o que facilita a compreensão do conteúdo.

RICARDO, A.; SZOSTAK, J. W. *The origin of life on Earth*. *Scientific American*, set. 2009, p. 59. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/origin-of-life-on-earth/>. Acesso em: 2 jun. 2020.

O artigo trata da origem dos primeiros seres vivos.

ROSSO, S. *Estrutura de comunidades intermareais de substrato consolidado das proximidades da Baía de Santos (São Paulo, Brasil)*: uma abordagem descritiva enfatizando aspectos metodológicos. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, 1990.

A tese de doutorado aborda a estrutura de comunidades intermareais. ROYAL Society of Chemistry. Disponível em: <https://www.rsc.org/periodic-table/element/5/boron>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O *site* apresenta uma tabela periódica interativa, indicando em cada elemento suas propriedades físicas.

RUSSEL, J. B. *Química geral*. Tradução: Márcia Guekezian. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994. v. 1.

Apresenta os conceitos iniciais fundamentais da Química.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. *Princípios de Física*: Mecânica clássica e Relatividade. Tradução da 5ª edição estadunidense. São Paulo: Cengage Learning, 2014. v. 1.

O livro apresenta conceitos e princípios básicos da Física, em especial das áreas da Mecânica clássica e Relatividade.

SOUZA, F. Pensamento computacional e programação como ferramentas de aprendizagem. *Instituto Ayrton Senna*, 13 set. 2019. Disponível em: <https://www.institutoayrtonsenna.org.br/pt-br/meu-educador-meu-idolo/materialdeeducacao/pensamento-computacional-e-programacao-como-ferramentas-de-aprendizagem.html>. Acesso em: 3 jun. 2020.

O artigo aborda o que é o pensamento computacional e como ele pode ser organizado, além de relacionar a programação à Base Nacional Comum Curricular.

SOUZA FILHO, P. C.; SERRA, O. A. Terras-raras no Brasil: histórico, produção e perspectiva. *Química Nova*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 753-760, 2014.

O artigo aborda as propriedades químicas, as histórias e as principais aplicações das terras-raras.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Physics for scientists and engineers*. 6. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2008.

Aborda seis temas principais da Física: Mecânica, Ondulatória, Termodinâmica, Eletricidade e Magnetismo, Luz e Física moderna.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

O livro aborda conceitos relacionados à Microbiologia.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

O livro trata de conceitos fundamentais da Ecologia.

VEIT, H. M. *et al*. Utilização de processos mecânicos e eletroquímicos para reciclagem de cobre de sucatas eletrônicas. *Revista Escola de Minas*, v. 61, n. 2, p. 159-164, 2008.

O artigo aborda as etapas da reciclagem do cobre proveniente de placas de circuito eletrônico.

WIESER, M. E.; COPLEN, T. B. Atomic weights of the elements 2009. *Pure and Applied Chemistry*, Genebra, v. 83, 2011.

Essa edição do jornal oficial da IUPAC apresenta uma atualização das massas atômicas dos elementos químicos.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. *Física, Sears e Zemansky*: Mecânica. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016. v. I e IV.

Os volumes I e IV dessa coleção apresentam princípios e conceitos básicos relativos à Mecânica, Óptica geométrica, Ondulatória e Física moderna, demonstrando suas aplicabilidades tecnológicas e em outras áreas do conhecimento.

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

MODERNA

MODERNA

ISBN 978-65-5779-044-1

