

Maria Guiomar Carneiro Tomazello
Dietrich Schiel
(ORGANIZADORES)

O LIVRO DA EXPERIMENTOTECA

Volume Um

EDUCAÇÃO PARA AS CIÊNCIAS DA NATUREZA ATRAVÉS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS

CDCC - USP
EXPERIMENTOTECA

O LIVRO DA EXPERIMENTOTECA

Educação para as Ciências da Natureza
através de práticas experimentais

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Centro de Divulgação Científica e Cultural

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
Núcleo de Educação em Ciências

Coordenadores

DIETRICH SCHIEL

Coordenador Geral do Programa Experimentoteca Pública Nacional
Professor da Universidade de São Paulo
Diretor do Centro de Divulgação Científica e Cultural–CDCC/USP–São Carlos

MARIA GUIOMAR CARNEIRO TOMAZELLO

Coordenadora e organizadora desta publicação
Professora a Universidade Metodista de Piracicaba
Coordenadora do Núcleo de Educação em Ciências–NEC/UNIMEP

Equipe de Produção Científica

DIETRICH SHIEL — CDCC/USP SÃO CARLOS

MARIA GUIOMAR CARNEIRO TOMAZELLO — NEC/UNIMEP

MARIA INÊS FREITAS PETRUCCI S. ROSA — NEC/UNIMEP

YARA LYGIA NOGUEIRA SÁES CERRI — NEC/UNIMEP

CÉLIA MARGUTTI DO AMARAL GURGEL — NEC/UNIMEP

LEDA RODRIGUES DE ASSIS FAVETTA — NEC/UNIMEP

LUIZ HENRIQUE FERREIRA — FFCLRP/USP

LUIS AUGUSTO DA SILVA VASCONCELLOS — CDCC/USP SÃO CARLOS

HILDA B. U. PERUZZI — PROFESSORA DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

MARILZA G. GAZZETTA — PROFESSORA DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

HORMINDA BENDINELLI — PROFESSORA DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

HELOÍSA HELENA VENDEMIATTI — PROFESSORA DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

MARIA ALICE FARIA RAMOS — PROFESSORA DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

DALVA GIUSTI — PROFESSORA DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

IRENE CARNIATTO — UNIOESTE/PARANÁ

Colaboradores

Editora Responsável

MILENA DE CASTRO

Capa

GENIVAL CARDOSO E MARIA GUIOMAR CARNEIRO TOMAZELLO

Impressa por

YANGRAF GRÁFICA E EDITORA LTDA

Ilustrações

HILTON K. SATO E FABRÍCIO KOMATSU

DTP e produção

GRÁFICA UNIMEP

O LIVRO DA EXPERIMENTOTECA

Educação para as Ciências da Natureza
através de práticas experimentais

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Centro de Divulgação Científica e Cultural

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
Núcleo de Educação em Ciências

Apoio
VITAE

Carneiro Tomazello, Maria Guiomar
Schiel, Dietrich

O livro da Experimentoteca; Educação para Ciências da Natureza através de práticas experimentais; organizado por Maria Guiomar Carneiro Tomazello e Dietrich Schiel. Piracicaba: VITAE/UNIMEP/USP, 2000.

213 p. 17,5cm

- 1 - Experiências nas Ciências da Natureza – Ensino
- 2 - Ciências da Natureza – Experiências – Ensino

CDU 37:504(076)

AGRADECIMENTOS

Este trabalho, como todo o Programa da Experimentoteca Pública Nacional, não teria sido possível sem o apoio da VITAE, Apoio a Cultura, Educação e Promoção Social. Foram decisivos, também, o apoio de CAPES/PADCT e da empresa Faber Castell.

Do programa Experimentoteca, desde seu início, participaram mais de uma centena de colaboradores, tanto em sua criação — em São Carlos — quanto na expansão nacional. Nosso agradecimento a todos.

DIETRICH SCHIEL

Coordenador geral do Programa Experimentoteca Pública Nacional
Diretor do Centro de Divulgação Científica e Cultural/USP

APRESENTAÇÃO



Experimentoteca é um laboratório das Ciências da Natureza que pretende racionalizar o uso de material experimental, da mesma maneira que uma biblioteca pública facilita o acesso de um grande número de publicações a um público extenso. Nos locais onde a Experimentoteca entrou em uso, ela é sediada em centros de ciências, prefeituras municipais, delegacias de ensino, institutos universitários que mantêm convênio com autoridades educacionais, parques de tecnologia, clubes de Ciência e escolas. Um mesmo acervo pode atender simultaneamente de 20 a 30 escolas e, por ano, mais de 8.000 alunos podem usá-lo.

Há também a possibilidade da Experimentoteca funcionar como laboratório escolar intensivo, visto que pode ser usada fora de salas de laboratório específicas, não havendo necessidade de reservá-las. A pouca ociosidade do acervo circulante e a alta qualidade, que torna a manutenção simples, acabam gerando um sistema de baixo custo para a experimentação executada por aluno.

A Experimentoteca foi projetada inicialmente para estudantes de 5ª a 8ª séries do ensino fundamental e, hoje, é usada no ensino de Física, Química e Biologia no nível médio. O sistema completo é constituído por 74 itens e formado basicamente por material experimental ou demonstrativo, além de vídeos, mapas, modelos e jogos. O material experimental é suficiente para que dez equipes de alunos trabalhem simultaneamente em cada tema.

O programa Experimentoteca vem se desenvolvendo em três fases. A primeira ocorreu em São Carlos, entre 1984 e 1989, quando foram produzidos kits para o uso nesta cidade. O processo ocorreu de forma contínua e cada experimento foi produzido e aplicado com a participação de professores da rede pública, cuja avaliação crítica contribuiu para dar ao conjunto uma conotação prática. De 1990 a 1995, o programa foi disseminado para mais de 30 centros de Ciência em todo o território nacional, com revisão completa de conteúdo e design. A partir de 1998, tornou-se um produto industrial com o objetivo de constituir uma opção nacional de equipamento didático para a sala de aula. Além disso, o programa prevê a capacitação dos professores usuários do sistema em cursos específicos.

A Experimentoteca é projetada de acordo com modernas técnicas de design, permitindo a reprodução em série. Foram solicitadas patentes para o sistema. O critério para escolha e produção de tópicos (kits, filmes ou jogos) sempre foi o aspecto prático da conveniência do uso em sala de aula. Faltou assim, ao final do projeto, um texto que reunisse informações essenciais para a compreensão do conteúdo científico e das diretrizes metodológicas para a aplicação em classe.

Ele é agora apresentado neste livro, com um apêndice reunindo o acervo completo de roteiros, que foram produzidos, em grande parte, com a colaboração de professores em serviço, que trouxeram e discutiram as possibilidades metodológicas de sua aplicação em sala de aula.

DIETRICH SCHIEL

Coordenador geral do Programa Experimentoteca Pública Nacional

Diretor do Centro de Divulgação Científica e Cultural/USP

PREFÁCIO



Este livro surgiu do esforço coletivo de professores e alunos comprometidos com o ensino das Ciências Naturais, nos níveis fundamental, médio e superior, preocupados com a prática pedagógica das atividades experimentais em sala de aula. Esse grupo de pesquisadores entendeu que tais atividades não têm levado em conta, ao longo do tempo, o processo ensino/aprendizagem como promotor da articulação contínua entre os conceitos científicos e as ações do cotidiano social dos aprendizes e que a experimentação, no âmbito das aulas de Ciências, apesar de constituir uma representação dos fenômenos ocorridos na natureza e/ou no ambiente, requer uma análise menos superficial e mecanicista na sua abordagem.

Em resposta, propôs-se a redimensionar o foco desse ensino, de maneira a possibilitar uma interpretação e ação mais crítica e problematizadora de tal temática.

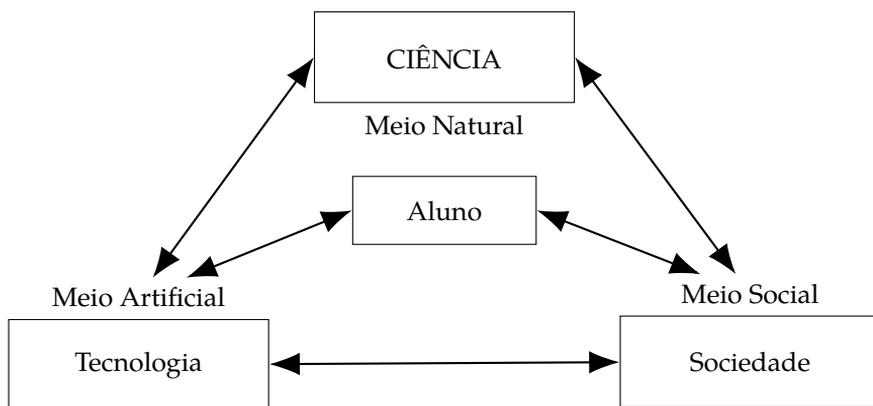
Assim, ao adotar critérios para permear as práticas experimentais em sala de aula, o modelo de análise escolhido pautou-se por reconhecer a necessidade da contextualização na abordagem dos fenômenos, tomando como parâmetro o meio ambiente e compreendendo-o como um sistema ou um conjunto de sistemas inter-relacionados cujas relações, em seu fluxo, interagem com problemas ambientais dos mais simples aos mais complexos.

A ideia da complexidade dos problemas ambientais pressupõe, certamente, uma interpretação histórica, econômica, cultural, ecológica e política, entre outras, dos fatores norteadores dos fenômenos que a Ciência se dispõe a interpretar. Graças a essas relações, o modelo de análise tomado como paradigma não somente é ampliado a partir de situações ambientais mais complexas, como, sobretudo, permite compreender o mundo sob a perspectiva do conhecimento integrado.

O pensamento educativo na última década tem destacado uma série de ideias relacionadas entre si, oferecendo um ensino construtivo juntamente a uma aprendizagem eficaz. Essa tendência procura enfatizar temas importantes para os interesses e preocupações dos estudantes, relações significativas e claras entre o

assunto e as formas de conhecimento aplicadas e/ou utilizadas pela comunidade em geral, e a investigação do problema a partir de projetos, com questões propostas pelos estudantes e avaliação das informações procedentes de várias fontes. Por outro lado, muitos países estão introduzindo em seus currículos escolares uma educação científica apoiada em uma disciplina transversal denominada Ciência-Tecnologia-Sociedade (C-T-S), cuja ênfase seria de extrema relevância social.

O esquema abaixo indica como articular a nova tendência aos currículos:



Essa proposta inspira-se no movimento **Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)**, originado no início dos anos 70 como consequência do impacto da Ciência e da Tecnologia na sociedade moderna e que tem por objetivo envolver o ensino de Ciências com aspectos ligados à formação da **Cidadania**. O esquema de Hofstein *et al*¹, apresentado por Santos², representa o relacionamento entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o aluno.

A proposição visa, sobretudo, humanizar o ensino, colocando-o no contexto social e tecnológico, sob uma abordagem interdisciplinar e multidisciplinar fazendo-o lidar com problemas reais. Ao contrário do ensino tradicional, a nova ênfase busca principalmente as implicações sociais dos problemas tecnológicos, ou seja, a tecnologia para a ação social. Isto por entender que o desenvolvimento de teorias científicas pode influenciar o pensamento e a solução de problemas sociais.

A sociedade é uma instituição humana, na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas. E o ensino por meio da Ciência, sob a perspectiva CTS, pre-

¹ HOPSTEIN, Avi et al. Discussions over STS at the Fourth IOSTE Symposium. *Internation Journal of Science Education*, 10 (4), pp. 343–45, 1988.

² SANTOS, Wildson I., P. dos. *O ensino de Química para formar o cidadão: principais características e condições para a sua implantação na escola secundária brasileira*. Campinas, 1992. (Dissertação de mestrado, F.E./Unicamp.)

tende preparar cidadãos a partir do conhecimento mais amplo da Ciência e de suas implicações com a vida. Seu objetivo é desenvolver no indivíduo a capacidade de tomar decisões frente aos problemas sociais, tecnológicos, econômicos e políticos, o que significa prepará-lo para participar ativamente da sociedade contemporânea.

As sugestões de estudiosos e educadores para que se aborde os conceitos científicos a partir de temas sociais vêm encontrando apoio em todo mundo, dada a evidência de que os problemas das Ciências Naturais têm implicações com as Ciências Sociais, como a História, a Geografia, a Economia e a Política. Contudo, isso requer uma nova postura do professor, enquanto mediador do processo ensino/aprendizagem. Do mesmo modo que os alunos precisam participar das questões sociais relacionadas à Ciência e à Tecnologia, assim também os professores devem estar envolvidos na tomada de decisões pedagógicas sobre o ensino de Ciências.

A proposição de uma prática pedagógica das atividades experimentais sob a perspectiva da dimensão ambiental tem justamente essa finalidade; permitir a professores e alunos um redimensionamento de suas concepções sobre o ensino e a aprendizagem das Ciências, proporcionando, dessa forma, condições efetivas para a superação do modelo de ensino fragmentado e a-histórico, hoje predominante em nossas escolas, além de contribuir para a formação de indivíduos capazes de questionar e interferir nos caminhos da sociedade em que vivem.

A equipe de professores da rede pública colaboradores dessa produção buscou levar à prática, na medida do possível, muitas das sugestões contidas nos capítulos deste livro e constatou resultados animadores para a melhoria da qualidade do ensino de Ciências. Almeja-se que outros colegas, usuários dos recursos práticos do Programa Experimentoteca Pública Nacional, avaliem também seus resultados e estabeleçam um amplo intercâmbio de experiências com esta equipe, fazendo sugestões e divulgando novas ideias.

CÉLIA MARGUTTI DO AMARAL GURGEL
Núcleo de Educação em Ciências/Unimep

SUMÁRIO

PARTE 1	
A EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA E A CONSTRUÇÃO DO CO- NHECIMENTO PELO ALUNO	15
PARTE 2	
A DIMENSÃO AMBIENTAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS	21
PARTE 3	
COMO A MATÉRIA SE APRESENTA NO AMBIENTE	29
PARTE 4	
FENÔMENOS RELACIONADOS COM O CICLO ENERGÉTICO	67
PARTE 5	
OS HABITANTES DA TERRA	87
PARTE 6	
A AÇÃO DO HOMEM NO AMBIENTE	131
PARTE 7	
O MUNDO VISTO POR MEIO DA FÍSICA	161
PARTE 8	
O MUNDO VISTO POR MEIO DA QUÍMICA	197

PARTE UM



A EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO PELO ALUNO

CÉLIA MARGUTTI DO AMARAL GURGEL

AS AÇÕES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Muitos fatores configuram-se como suporte estratégico dos processos de ensino e aprendizagem das Ciências Naturais. Contudo, um deles — a prática experimental em sala de aula — destaca-se por sua aplicação mais intensa e, justamente por isso, tem sido motivo de preocupação de educadores envolvidos com a melhoria da qualidade do ensino nessa área do conhecimento.

Nos últimos anos, docentes e pesquisadores vêm chamando atenção para os limites da utilização dos métodos de descoberta/redescoberta, observando que o ensino apoiado nessas práticas parte da convicção de que os alunos aprendem qualquer conteúdo científico, por conta própria, a partir da observação. Tais práticas fazem crer que os trabalhos experimentais, radicados no sensorial e no imediato, induzem à descoberta de fatos novos, levando a pressupor que as ideias constroem-se com base em acontecimentos, e não que exista no indivíduo um pré-sistema de significação.

Com base nos mesmos princípios, esses métodos aproximam-se da atividade científica e exigem uma visão pedagógica empirista, indutiva e positivista da Ciência e do cientista, evidenciando o conhecimento não como processo, mas como resultado e instrumento para a ação. Na condição de produto, o conhecimento científico apresenta-se neutro, objetivo, impessoal, a-histórico, estático, acabado e cumulativo sobre o real elaborado e sistematizado. Além disso, a experimentação, sob essa perspectiva, pode sugerir a existência de um método único de investigação da realidade, fazendo prevalecê-lo sobre o sujeito e mascarando o caráter revolucioná-

rio do conhecimento processo/produto.

Hodson³ (pp.299–331) considera que a falta de qualidade na orientação dos trabalhos práticos deixa de proporcionar ao trabalho científico um papel motivador das atividades dos alunos. É necessário transformá-los em situações-problema que estimulem a investigação. Isso significa criar novas possibilidades de forma a permitir aos alunos levantar hipóteses, relacionar e comparar dados, alcançando, com o auxílio do professor — mediador desse processo — resultados que possam cotejar com os obtidos pela comunidade científica. Restringir-se a contar a história de como as investigações foram realizadas não torna os alunos sujeitos da operação realizada e, conseqüentemente, não avança na metodologia científica. Esta precisa ser entendida como algo íntimo à construção do conhecimento: os processos científicos só têm sentido se acompanhados de corpos de conhecimento enquanto pontos de partida e chegada (Gurgel², pp.15 8–159).

Assim, o ensino de Ciências desprovido de preocupação problematizadora e/ou crítica e de articulação entre teoria e prática, baseado apenas em roteiros assépticos acaba por reduzir a associação do trabalho científico com a prática experimental fragilizando as pesquisas nas escolas e contribuindo para um vazio de significado em suas transmissões. Tal procedimento torna o saber ilusório, fragmentado e desatualizado em sua base teórica e alheio à realidade dos sujeitos.

Nesse processo educativo, é importante que os conhecimentos prévios dos alunos — suas pré-concepções sobre as Ciências e os fenômenos científicos — sejam enfatizados, pois elas interagem diariamente com seus contextos sociais e constroem suas próprias ideias.

Ao invés de consistir em receitas e pres-

crições determinadas, a abordagem do ensino deve estar comprometida com uma visão mais complexa da escola e da sala de aula. É nelas que se estabelecem as relações sociais, através da socialização dos estudantes, a produção do conhecimento e outras formas de interação entre professores, alunos e comunidade. Ao se criar condições para que o aluno aprenda a aprender, está se levando em conta que este aluno é um ser cognoscente — ele pensa, interpreta, critica e cria.

Carvalho e Gil-Pérez¹ enfatizam a necessidade de o professor admitir que os alunos aprendem significativamente, o que exige aproximar as atividades de aprendizagem das Ciências — introdução de conceitos, práticas de laboratório, resolução de problemas e outros — às características do trabalho científico. Para que o estudante compreenda os conhecimentos como respostas a questões, há que se planejar a aprendizagem a partir de situações-problema de seu interesse. É preciso inclusive considerar que o conhecimento científico não se constrói a partir do nada: ele apresenta um caráter social e histórico a ser respeitado no processo ensino/aprendizagem.

Ao professor cabe também definir suas atividades em classe de maneira coletiva e integrada com outros docentes, imprimindo sempre nas ações pedagógicas um caráter investigativo-criativo de busca de solução de problemas. Nesse sentido, é fundamental que ele cumpra o seu papel de mediador, além de atentar e refletir na própria prática, amadurecendo sobre o que faz, por que faz e para que faz.

Estratégias para uma ação investigativa no Ensino de Ciências com prática experimental

A metodologia de trabalho sugerida a seguir para as atividades práticas em sala de aula tem como pressuposto que a solução de problemas deve ser contemplada como tarefa básica no ensino de Ciências. Estratégica na busca de mudança ou de evolução nos conceitos dos alunos, essa metodologia orienta-se pelos princípios de inovação/ação, permitindo, ao final do processo, que estudantes e professores percebam diferenças significativas nas ideias previamente apresentadas. Por serem de natureza aberta, os procedimentos científicos utilizados neste processo também possibilitam aos alunos, a partir de situações-problema, desenvolver formas de resolução mais ricas e complexas com relação aos exercícios fechados. Tal tarefa fomenta a criatividade, característica fundamental do trabalho científico.

Fases fundamentais do processo investigativo

Fase Preliminar: planejamento de uma situação-problema com enunciado aberto, para que os alunos resolvam em equipe. O professor os orienta a levantar material bibliográfico sobre o assunto e a registrar/documentar as leituras mais importantes. As fontes podem ser livros, revistas, jornais, etc.

Fase de Enfoque: um plano de ação, apresentado pelo professor, evidencia os objetivos da pesquisa e explicita as hipóteses ou questões norteadoras do trabalho. É necessário que os alunos coloquem suas ideias acerca das variá-

veis e da natureza das influências sobre o processo.

Fase de Aplicação e Análise: os alunos já devem estar preparados para buscar soluções ao problema proposto. O professor estimula os grupos, apresentando diferentes questões problematizadoras para reflexão e debate, levantando novas hipóteses, estabelecendo inter-relações e comparando-as com outras situações. O confronto ou a criação de conflitos cognitivos entre as hipóteses levantadas e os resultados obtidos pelos alunos exigem do professor análise teórica e revisão criteriosa do trabalho. Caso os resultados não se mostrem satisfatórios, serão retomados passo a passo, para que o processo não se perca em tratamentos pu-

ramente operativos e difíceis de analisar.

Ao final, cabe ao professor estimular os alunos a verbalizar suas ideias, debatendo em classe e comparando as ações e os resultados, então alcançados, com outros estudos similares. Após o desenvolvimento da investigação, é importante que elas elaborem um relatório contendo:

- o que foi pesquisado e o porquê da pesquisa (objetivos e justificativa);
- como foi feita a pesquisa (metodologia);
- os principais resultados e o que eles representam para o conhecimento/aprendizagem das Ciências (resultados e conclusões).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. CARVALHO, Anna M. P. de &, GIL-PÉREZ, Daniel. *Formação de Professores de Ciências*. São Paulo: Cortez, 1994.
02. GURGEL, Célia M. A. *Em Busca de Melhoria da Qualidade do Ensino de Ciências e Matemática: Ações e Revelações*. Campinas, 1995. (Tese de doutorado, F. E. Unicamp.)
03. HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabalho de laboratorio. In: *Enseñanza de las Ciencias*. 12 (3), 1994.

PARTE DOIS

A decorative graphic consisting of a horizontal row of small black dots extending from the left margin towards the right, and a vertical column of small black dots extending downwards from the end of the horizontal row, forming an L-shape that frames the top and right sides of the page.

A DIMENSÃO AMBIENTAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS

MARIA GUIOMAR CARNEIRO TOMAZELLO
MARIA INÊS FREITAS PETRUCCI DOS SANTOS ROSA
YARA LIGIA NOGUEIRA SÁES CERRI

A preocupação com as questões ambientais teve início na 2ª Guerra Mundial, quando o desenvolvimento industrial tomou impulso, e intensificou-se no final da década de 60, com o aceleramento de um processo de degradação ambiental, inicialmente nos países mais ricos e industrializados, causado por um sistema produtivo alheio às suas consequências sobre o ambiente. Tais inquietações levaram a Organização das Nações Unidas (ONU) a promover, em 1972, a Conferência de Estocolmo, na Suécia, na qual foi elaborada a “Declaração sobre o Meio Ambiente”. Nela é expressa “a necessidade de se adotar princípios comuns que sirvam para inspirar e orientar a humanidade na preservação e melhora da qualidade do meio ambiente” (MEC/Semam/Ibama³).

Como a concepção de educação ambiental das pessoas amantes na área influencia fortemente suas ações, é prudente discutir, antes de mais nada, o significado de meio ambiente. Desse modo, lançamos ao breve debate as considerações de Reigota⁴ (pp.11, 12, 14 e 15):

- Mas o que significa meio ambiente?
- Trata-se de um conceito científico ou de uma representação social?
- O que é um conceito científico?
- O que é uma representação social?

Os conceitos científicos são termos, entendidos e utilizados universalmente como tais. Assim, são considerados conceitos científicos: nicho ecológico, habitat, fotossíntese, ecossistema, etc., já que são definidos, compreendidos e ensinados da mesma forma pela comunidade científica internacional, caracterizando o consenso em relação a um determinado conhecimento.

(...) Nas representações sociais, podemos encontrar os conceitos científicos da forma que foram aprendidos e internalizados pelas pessoas. Segundo Moscovici (1976), uma representação social é o senso comum que se tem sobre um determinado tema, onde se incluem também os preconceitos, ideologias e características específicas das atividades cotidianas (sociais e profissionais) das pessoas.

(...) Nesse sentido, creio que o primeiro passo para realização da educação ambiental deve ser a identificação das representações das pessoas envolvidas no processo educativo.

(...) Defino meio ambiente como o lugar determinado ou percebido, onde os elementos naturais e sociais estão em relações dinâmicas e em interação. Essas relações implicam processos de criação cultural e tecnológica e processos históricos e sociais de transformação do meio natural e construído.

Procuro deixar implícito nessa definição que meio ambiente é um espaço determinado no tempo, no sentido de se procurar delimitar as fronteiras e os momentos específicos que permitem um conhecimento mais aprofundado.

Ele é também percebido, já que cada pessoa o delimita em função de suas representações, conhecimento específico e experiências cotidianas nesse mesmo tempo e espaço.

As relações dinâmicas e interativas, as quais me refiro, indicam a constante mutação, como resultado

da dialética das relações entre os grupos sociais e meio natural e construído, implicando um processo de criação permanente, que estabelece e caracteriza culturas em tempo e espaços específicos.

(...) Em transformando o espaço, os meios natural e social, o homem também é transformado por eles.

Destacamos também as recomendações da I Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, que reuniu cerca de 300 especialistas, representantes de 68 países e de vários organismos internacionais, na cidade de Tbilisi, Georgia, (ex-república da antiga União Soviética), em 1977. Elas se converteram em referência para instituições e pessoas preocupadas com o assunto e estão detalhadas no final deste capítulo. Ressaltamos aqui os seus objetivos:

- favorecer a compreensão e a preocupação da interdependência econômica, social, política e ecológica nas áreas rurais e urbanas;
- oferecer a todas as pessoas a oportunidade de adquirir conhecimentos, valores, atitudes, compromissos e capacidades necessárias para proteger e melhorar o meio ambiente;
- criar novas normas de conduta de indivíduos, de grupos e da sociedade em geral em relação ao meio ambiente.

A esse encontro sucederam vários outros, nos quais tais objetivos foram reiterados. E, em junho de 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no

Rio de Janeiro em 1992, dedicou um capítulo da Agenda 21, agora Programa 21, com ações para implementar o desenvolvimento sustentável em defesa da mudanças de hábitos da população quanto ao assunto, principalmente nos países mais ricos. A partir da Rio 92, as reuniões nacionais e, sobretudo, internacionais adotaram definitivamente os aspectos ligados ao desenvolvimento sustentável e à ética com relação ao ambiente.

É interessante observar a evolução das concepções ambientais ao longo deste século. Num primeiro momento, prevaleceu a ideia da conservação do ambiente com forte componente estético. Nos anos 60, a proteção ao ambiente vinculou-se à qualidade de vida, vendo como princípio o bem-estar. Hoje, preservar a natureza tornou-se valor social e o desenvolvimento sustentável exige uma aproximação com a ética.

Existem muitas formulações sobre o significado de educação ambiental. A versão de Arthur Lilas, citado por Jiménez *et al*¹, distingue a educação sobre, no e para o ambiente. A **educação sobre o ambiente** compreende atividades educativas que visam proporcionar informações e formação a respeito do meio ambiente e as relações nele ocorridas, além da compreensão cognitiva das interações entre os seres humanos e seu meio. Isso inclui ações como a análise da influência das atividades domésticas e industriais sobre a qualidade da água da cidade e da região, o estudo das relações entre a vegetação, a adubação e o solo ou os efeitos de um aterro sanitário nas águas subterrâneas.

A **educação no ambiente** apropria-se do meio físico como recurso didático, desenvolvendo tarefas fora da sala de aula: um estudo em campo a respeito dos diferentes tipos de solo ou a análise da erosão de um terreno, uma excursão de observação de plantas e

animais e visitas a zoológicos e jardins botânicos, entre outros. Por sua vez, a educação para o ambiente tem por propósito a conservação e a melhoria do meio. De acordo com alguns pesquisadores esta abordagem deve incluir como objetivo ao se estudar a contaminação de um rio, por exemplo, a tomada de decisões para enfrentar a situação, tanto no âmbito pessoal — o que posso e devo fazer como cidadão — quanto no coletivo — permanecer atento às resoluções das instituições responsáveis.

Segundo Lucas, ainda que o suposto objetivo final da educação para o ambiente seja conseguir mudanças de atitudes, elas não se efetivam se não forem acompanhadas de mudanças de comportamento. A primeira impressão é de que atitude e comportamento têm o mesmo significado; porém, as atitudes favoráveis sobre o meio ambiente nem sempre implicam comportamentos responsáveis. Entende-se “atitude” como tendência a querer atuar de forma determinada diante de uma situação, ao passo que “comportamento” é compreendido como atuação concreta. Os comportamentos são expressos por hábitos e costumes, que muitas vezes dificultam ações mais positivas frente a diversos problemas ambientais.

Hoje, muito se fala sobre educação ambiental e projetos nessa área, mas, na maioria dos casos, o assunto fica restrito a atividades sobre o ambiente e no ambiente. Falta assim o elemento para o ambiente, ou seja, com a melhoria e a conservação do meio, com mudanças de comportamento, constando das finalidades do programa, sem o que ele fica prejudicado.

Vale lembrar também que esses três componentes — sobre, no e para o ambiente — permitem muitas combinações e que os resultados da educação ambiental não são con-

sequência de uma atividade isolada, mas de uma ação prolongada ao longo de anos, dificultando a análise da adequação de cada projeto. Aquilo que se ensina em determinada época e num dado contexto pode influenciar o comportamento das pessoas em outro e inesperado momento. Apesar das dificuldades de avaliação das repercussões de um projeto ou de atividades de educação ambiental, o estudo do meio não pode ter a aquisição de conhecimentos como único objetivo. Ele precisa envolver todo um conjunto de novos comportamentos no sentido de compreender e proteger o meio. Essas reflexões nos levam a entender que a educação de atitudes e de comportamentos exige o planejamento de atividades específicas de aprendizagem inter-relacionadas com a aquisição de conhecimentos (Sanmartí⁵).

Outra característica das atividades consideradas como de educação ambiental, desenvolvidas geralmente em nossas escolas, é que elas ocorrem desvinculadas da sala de aula, à margem dos programas das diferentes disciplinas. São comuns as semanas e exposições sobre meio ambiente, água, reciclagem de lixo e papel, plantio de mudas, plantas medicinais, hortas, etc. Tais ações pontuais contrariam, de certa forma, os princípios da educação ambiental estabelecidos na Conferência de Tbilisi, pois não consideram o ambiente em sua totalidade, nos seus aspectos naturais e criados pelo homem, tecnológicos e sociais (econômico, político, técnico, histórico-cultural, moral e estético). Afora isso, não aplicam um enfoque interdisciplinar, deixando de aproveitar o conteúdo específico de cada disciplina que deem condições para o aluno adquirir uma perspectiva global e equilibrada sobre o ambiente.

Dentro dos novos Parâmetros Curricula-

res Nacionais (PCNs), a educação ambiental vem sendo apresentada como tema transversal: não se associa a nenhuma disciplina específica, mas deve estar presente em todas as áreas do conhecimento. A partir daí, uma das primeiras dificuldades é analisar o que se entende por tema transversal. Para Sanmartí⁵ pode-se considerar dois modelos. Um deles é o espada, no qual um tema transversal “atravessa” todas as áreas curriculares, com o inconveniente, porém, de atingir somente determinadas partes do currículo. O outro — o modelo infusão — estabelece uma analogia com infusões que se distribuem por um líquido (o currículo), de maneira a formar uma solução homogênea.

Numa perspectiva mais integradora e de educação sustentável, não cabe pensar em educação ambiental desconectada da educação dos direitos humanos, da educação para o desenvolvimento e da educação para a paz, entre outras. O ambiente apresenta inclusive processos de transformações que se relacionam intimamente e são produzidos por fatores locais ou planetários. As trocas de matéria e energia ocorridas em toda a superfície terrestre são viabilizadas graças à grande mobilidade da matéria fluida (atmosfera e hidrosfera) e da própria biosfera. Levando em conta essa visão de totalidade, a presença

do homem é apenas mais um dos fatores na complexa rede de transformações terrestres. Por isso reiteramos aqui uma concepção de ambiente que foge da noção antropocêntrica e encara o homem como elemento integrante, e não como controlador da natureza.

Diferenciar o ambiente da maneira como o homem o percebe nos parece inadequado e incoerente, já que o elemento humano faz parte desse sistema. Sobre isso, Maturana e Varela² (pp. 32–33) afirmam: “Um observador não poderá tomar a si mesmo como objeto de estudo, dizer com desenvoltura que ele pode se colocar numa perspectiva tal que seus conhecimentos sobre o ambiente serão independentes de suas próprias experiências perceptivas com as quais ele experimenta tal ambiente”. Sendo assim, acreditamos que a concepção de ambiente que permeia o ensino é de fundamental importância para os rumos da construção de conhecimentos nas aulas de Ciências.

Ao ensinar os fenômenos da natureza, cabe situar o homem como um componente a mais, e não como o único elemento atuante no ambiente. Ainda dentro da visão desses autores, é necessário ponderar que as concepções dos alunos sobre os ciclos e os materiais naturais estão, em geral, relacionadas com suas experiências de vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. JIMÉNEZ, Aleixandre *et al.* Integrando la Educación Ambiental en el Currículum de Ciencias. *Alambique — Didáctica de las Ciencias Experimentales*, nº 6, año II, octubre, 1995. Graó Educación de Serveis Pedagògics.
02. MATURANA, H. & VARELA, F. *A Árvore do Conhecimento — As bases biológicas do entendimento humano*. Campinas: Editorial Psy II, 1995.
03. MEC/Semam/Ibama. *Educação Ambiental*. Projeto de Divulgação de Informações sobre Educação Ambiental. Setembro, 1991.
04. REIGOTA, Marcos. *Meio Ambiente e Representação Social*. São Paulo: Cortez, 1995.
05. SANMARTÍ, Neus. 'Educató Ambiental a l'Escola: reflexions des de l'área de Ciències Experimentals. L'educació ambiental a l'escola: noves lènies de reflexió i actuació. *Cicle de conferències*. ASSOCIACIO DE MESTRES ROSA SENSAT, 1994.

Leitura Complementar

I CONFERÊNCIA INTERGOVERNAMENTAL SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

(Tbilisi/Georgia, 1977)

PRINCÍPIOS BÁSICOS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

1. Considerar o meio ambiente em sua totalidade, ou seja em seus aspectos naturais e criados pelo homem, tecnológicos e sociais (econômico, político, técnico, histórico-cultural, moral e estético).
2. Constituir um processo contínuo e permanente, começando pelo pré-escolar e continuando através de todas as fases do ensino formal e não formal.
3. Aplicar um enfoque interdisciplinar, aproveitando o conteúdo específico de cada disciplina, de modo que se adquira uma perspectiva global e equilibrada.
4. Examinar as principais questões ambientais, dos pontos de vista local, regional, nacional e internacional, de modo que os educandos se identifiquem com as condições ambientais de outras regiões geográficas.
5. Concentrar-se nas situações ambientais atuais, tendo em conta também a perspectiva história.
6. Insistir no valor e na necessidade da cooperação local, nacional e internacional para prevenir e resolver os problemas ambientais.
7. Considerar, de maneira explícita, os aspectos ambientais nos planos de desenvolvimento e de crescimento.
8. Ajudar a descobrir os sintomas e as causas reais dos problemas ambientais.
9. Destacar a complexidade dos problemas ambientais e, em consequência, a necessidade de desenvolver o senso crítico e as habilidades necessárias para resolver os problemas.
10. Utilizar diversos ambientes educativos e uma ampla gama de métodos para comunicar e adquirir conhecimentos sobre o meio ambiente, acentuando devidamente as atividades práticas e as experiências pessoais.

PARTE TRÊS



COMO A MATÉRIA SE APRESENTA NO AMBIENTE

DIETRICH SCHIEL

LUIZ HENRIQUE FERREIRA

MARIA GUIOMAR CARNEIRO TOMAZZELO

MARIA INÊS FREITAS PETRUCCI DOS SANTOS ROSA

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A curiosidade humana a respeito da constituição da matéria vem de longa data. Existem, de fato, registros desde o tempo da Grécia Antiga sobre a preocupação de filósofos que já tentavam explicar como são compostos os materiais. No século V a.C., o filósofo grego Leucipo propôs a ideia de que a matéria é feita de pequenas partículas, indivisíveis e idênticas entre si, que foram chamadas de átomos (a-tomo = não divisível, indivisível).

Na Idade Média, as especulações sobre a constituição atômica da matéria sofreram um declínio, pois, por motivos religiosos, os atomistas eram perseguidos. Somente no Renascimento essas ideias começaram a ser retomadas. O físico e matemático suíço Bernoulli (1700-1782) admitia que a pressão de um gás resulta das colisões de átomos e moléculas contra as paredes de um recipiente em um movimento caótico. Porém, muitos cientistas na época mostraram-se descrentes dessa teoria.

Apenas no início do século 20, Einstein, por acreditar na natureza corpuscular da matéria, propôs uma explicação para o movimento das partículas, conhecido como movimento browniano: uma partícula em suspensão em um líquido recebe simultaneamente os impactos das moléculas desse líquido, o que provoca o seu movimento desordenado. Em 1908, o dentista francês Jean Perrin conseguiu verificar experimentalmente as ideias de Einstein.

A matéria apresenta-se na natureza nos estados sólido, líquido e gasoso. Há um quarto estado denominado plasma, um gás rarefeito ionizado, isto é, com elétrons livres e íons positivos e negativos. No plano microscópico — no nível das partículas que

constituem a matéria — os três primeiros estados físicos citados podem ser qualificados de acordo com alguns critérios: a matéria no estado sólido caracteriza-se por apresentar as moléculas em um campo de grandes forças de coesão (*forças de atração*); já no estado líquido, essas forças são mais fracas, o que lhe permite maior mobilidade; enquanto os gases, por sua vez, apresentam forças de coesão extremamente fracas, com distâncias ainda maiores entre as partículas.

ESTADOS FÍSICOS E CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA NA VISÃO DE ESTUDANTES

Pesquisa sobre estados físicos da matéria

Em 1994, Mortimer⁵ publicou pesquisa a respeito das noções de estudantes de 8ª série do ensino fundamental sobre os estados físicos da matéria. Dentre várias atividades desenvolvidas nesta pesquisa, a primeira destaca-se porque nela foram apresentados seis fenômenos envolvendo gases, líquidos, sólidos e mudanças de estado: a compressão do ar em uma seringa tampada, a dilatação do ar sob aquecimento, o vácuo em um frasco k-tassato através de uma seringa grande, um fenômeno hipotético extraído de uma situação cotidiana (como o espalhamento do cheiro de gás de cozinha que vaza de um botijão), a dilatação da coluna de mercúrio de um termômetro sob a ação do calor da mão e as mudanças de estado físico de uma bolinha de naftalina.

Em sua pesquisa, o autor procurou caracterizar o pensamento dos estudantes anterior ao processo de ensino, tentando identifi-

car esquemas, subsistemas e totalidades que faziam parte desse pensamento. Um dos primeiros aspectos importantes percebidos no processo foi a frequência de elementos sensoriais relativos à identificação dos materiais sólidos, líquidos ou gasosos. A maioria dos estudantes empregou um ou mais critérios, listados a seguir, para caracterizar, os estados físicos.

Crítérios dentro da categoria realista-sensorial:

- os sólidos podem ser retidos com a mão; são rígidos e concretos;
- os sólidos são como o gelo, o ferro, uma pedra ou uma mesa;
- os líquidos podem ser tocados; escorrem;
- os líquidos não podem ser retidos com a mão;
- os líquidos são como a água;
- os gases não são visíveis, mas podem às vezes ser sentidos pelo tato;
- os gases espalham-se na atmosfera;
- os gases são como o gás de cozinha.

Crítérios dentro da categoria de definição empírica:

- os sólidos têm forma própria, enquanto que os líquidos e gases adquirem a forma do recipiente em que se encontram (definição bastante comum nos livros didáticos de 5ª série);

- os sólidos e líquidos têm volume constante, ao passo que os gases têm volume variável.

As noções presentes nas duas (alegorias baseiam-se em características externas dos objetos e não se referem a modelos que expliquem essas características. Com muito menor frequência, Mortimer⁵ registrou, entre as manifestações dos estudantes envolvidos na pesquisa, uma terceira categoria de ideias que se referiam a modelos explicativos da constituição da matéria. Nessa categoria, os alunos indicavam que sólidos, líquidos e gases constituem-se de partículas cuja organização os diferencia, assim como a intensidade de interação entre elas e o tipo de movimento que elas exibem em cada estado.

Assim, durante a pesquisa, Mortimer⁵ procurou estabelecer um processo com os estudantes que possibilitasse uma mudança conceitual. Isso porque a maioria não apresentava previamente noções teóricas sobre a natureza corpuscular da matéria que pudessem iluminar as explicações acerca das mudanças de estado físico.

Pesquisas sobre mudanças de estado físico

Outro trabalho publicado sobre concepção: de estudantes a respeito do tema é o de Andersson¹ (pp. 53–85), que compilou várias pesquisas em ensino em uma revisão bibliográfica bastante importante. Com relação às mudanças de estado físico, ele cita as investigações feitas por Osborne e Cosgrove, em 1983, e por Bar, em 1987 e 1989, e categoriza as manifestações dos estudantes em cinco modos:

Desaparecimento — Bar entrevistou crianças israelitas com idade entre cinco e 11 anos sobre a seguinte situação: *“foi espirrada água no assoalho e, depois de algum tempo, ele estava seco. O que aconteceu com a água? Onde ela pode ser encontrada agora?”* A maioria das crianças de cinco anos de idade (60%) respondeu que a água simplesmente desapareceu. Esse tipo de resposta aparece com menos frequência entre as crianças de seis a sete anos.

Deslocamento — Bar também colheu depoimentos de crianças mais velhas, cujas respostas justificavam que a água teria penetrado no assoalho, ou seja, havia se deslocado para dentro do piso. Essa visão de deslocamento aumenta entre crianças de sete e oito anos (65%) e a pesquisadora refere-se aos conceitos de Piaget para explicar tais manifestações. Ela afirma que as crianças que se expressam através de ideias de desaparecimento com relação às mudanças de estado físico não têm noção de conservação de matéria. Por isso, julgam que o líquido simplesmente desaparece durante a evaporação. Já as crianças que apontam mudança de lugar ou deslocamento do líquido, parecem ter noção de conservação de matéria. Contudo, não conseguem admitir a existência de qualquer coisa no estado gasoso. Para elas, matéria é algo visível, daí não aceitem o fato de a água poder existir como vapor invisível.

Osborne e Cosgrove entrevistaram alunos com idade entre oito e 17 anos na Nova Zelândia a respeito das transições entre gelo, água e vapor. Uma

das questões dizia respeito à fervura da água. Os pesquisadores perguntaram: *“Do que são feitas as bolhas que aparecem durante a fervura? Como elas aparecem?”* Alguns alunos disseram que as bolhas contêm ar, que vai para fora do líquido. Um exemplo de resposta: *“Quando a água vai para a superfície, esfria e afunda novamente. Pode ter nela um pouco de ar que escapa.”*

Modificação — Bar conversou sobre evaporação com crianças que já possuíam a ideia de conservação de líquido. Explicaram que o desaparecimento da água ocorre porque ela se modifica em vapor constituído de partículas invisíveis, ou seja; a água é transformada em vapor de água. A incidência dessa visão aumenta com a idade, chegando a 60% entre as crianças de 12 anos.

Transmutação — No estudo de Osborne e Cosgrove a respeito da fervura da água, os entrevistados disseram com frequência que as bolhas continham ar. A explicação mais comum foi que a água transformava-se em ar, por exemplo: *“O calor do elemento transforma uma parte da água em ar.”* Esse tipo de resposta pode ser interpretada como ideia de transmutação. A palavra ar é usada para se referir à ideia generalizada de algo no estado gasoso.

Interação química — Um modelo de interação química é usado às vezes para explicar as mudanças de estado físico, como aparece na pesquisa de Osborne e Cosgrove. *“Os átomos de oxigênio e hidrogênio estão saindo da água durante a ebulição”,* afirma um aluno. *“Separadamente?”,* pergunta

o entrevistador. “É, separadamente... É quando eles esbarram em alguma coisa, voltam a se ligar e a formar pequenas gotas de água.”

Em um estudo feito na Nova Zelândia, foi proposto a um grupo numeroso de alunos o seguinte problema: quando a água ferve em um jarro, formam-se nela grandes bolhas. Do que são feitas essas bolhas? Foram oferecidas aos alunos quatro alternativas de resposta: vapor, calor, hidrogênio ou oxigênio, e ar. No grupo entre 12 e 15 anos de idade, 10% dos alunos responderam que as bolhas são feitas de vapor, 20%, de calor, 30%, de hidrogênio ou oxigênio, e alguns responderam ar.

Ainda nessa pesquisa, a fusão do gelo foi explicada de forma melhor pelos alunos. A maioria afirmou que, quando o gelo derrete, Í forma-se água. Contudo, isso não deve parecer tão animador. Ao investigar, em 1966, as ideias de alunos sobre mudanças de estado físico, Karplus (citado por Andersson¹) pediu a eles que observassem a fusão do salicilato de fenila (um sal), transformado em líquido. A maioria respondeu que o líquido formado é água, o que leva a crer que, para eles, qualquer líquido incolor produto de fusão leva esse nome.

Essa questão demonstra ainda que os alunos acreditam na transmutação, isto é, que o sal transforma-se (ou transmuta-se) em água. Outra possibilidade é imaginar que a água esteja presente em todos os líquidos, como uma espécie de “apoio” ao princípio da umidade. Diferenças entre líquidos poderiam ser explicadas pela mistura da água com outras substâncias, variando a composição de um para outro líquido. Ao pesquisar essas ideias, Stavy e Stachel, segundo Andersson¹, também percebe-

ram em 1985 que um número considerável de meninos e meninas com idade entre cinco e 12 anos acredita que substâncias sólidas, como a cera, por exemplo, transformam-se em água quando derretida.

Em sua revisão bibliográfica, Andersson¹ conclui que **grande parte dos estudantes usa modelos compatíveis com a concepção de matéria contínua e estática**, principalmente nas categorias desaparecimento, deslocamento, modificação e transmutação. Para ele, os detalhes das ideias dessas crianças e adolescentes sobre as questões formuladas nas entrevistas estão relacionados com suas experiências dentro de uma concepção de matéria contínua e estática. Assim, quando eles vêem a condensação na parte externa de um copo com gelo, concluem que esteja talvez havendo um vazamento da água de dentro do copo para a parte de fora. Ocorre também uma confusão entre os alunos a respeito das diferenças entre umidade e frio. Muitos acreditam que os dois são sinônimos ou que o frio cria umidade e vice-versa.

Driver e Guesner³ relatam outras pesquisas sobre as noções de estudantes acerca das mudanças de estado físico, reportando alguns pontos bastante interessantes. É o caso da maioria dos meninos e meninas entre oito e 17 anos, entrevistados na Nova Zelândia a respeito das mudanças de estado físico, referindo-se unicamente às transformações macroscópicas observáveis. Alguns, com idade a partir dos 13 anos, conseguiram descrevê-las espontaneamente, mencionando partículas e moléculas.

Eles citam também a investigação feita por Dow, Auld e Wilson referente às concepções de mil estudantes escoceses, com idade entre 12 e 13 anos, sobre os estados físicos. Muitas respostas demonstraram

a tendência dos entrevistados para transferir as transformações das propriedades macroscópicas ao âmbito microscópico, por exemplo: “Quando o gelo derrete, as partículas fundem-se, esquentando e mudando de tamanho.” Essa inclinação para explicar fenômenos transferindo os efeitos observáveis para o comportamento das partículas chama-se *substancialismo*, segundo Bachelard², e é muito comum nas concepções alternativas apresentadas em Ciências.

Pesquisa sobre modelo de partículas para gases

Os professores Nussbaum e Novick⁶, realizaram pesquisa, em Israel, envolvendo um grupo de alunos participantes de um processo de ensino sobre a constituição da matéria, no qual os modelos construídos por esses meninos e meninas em sala de aula foram valorizados de forma especial. A questão principal para os pesquisadores era: “podem os estudantes criar um modelo de partículas para gases?” Para tentar respondê-la, eles planejaram duas aulas introdutórias sobre modelo de partículas. A sequência de atividades previstas para essas aulas foi definida com base nos seguintes pontos:

- criar uma situação crítica para que os alunos pensassem seus modelos alternativos de forma a interpretá-los;
- encorajar os alunos a verbalizar e representar seus modelos;
- auxiliá-los no estabelecimento de suas ideias, tornando-os seguros dos elementos de seus esquemas alternativos;
- encorajar o confronto, onde os alunos debatessem prós e contras dos diferentes modelos;

- encorajar os alunos a testar suas ideias diante de observações experimentais, possibilitando assim contradições entre as ideias apresentadas.

A primeira aula começou com a apresentação de um frasco contendo ar e uma bomba manual de vácuo.

O professor colocou a seguinte questão para a classe: “Retirando parte do ar de dentro do frasco com o auxílio da bomba de vácuo, como ficaria o interior do frasco? Tente desenhar o que ocorreria com o ar de dentro do frasco?” Foram desenhados na lousa um frasco antes da sucção e outros representando como ficaria o ar depois da sucção (fig.3.1).

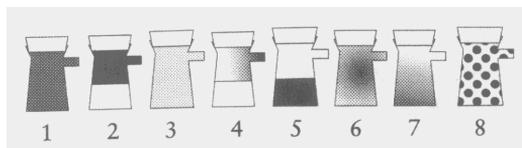


Figura 3.1: Frascos depois da sucção do ar, desenhados pelas crianças.

Nesta fase, segundo Nussbaum e Novick⁶, o professor trabalhou da seguinte forma:

- convidou os alunos para irem ao quadro, a começar por aqueles com concepções mais ingênuas, mais primitivas, para livrá-los da influência dos “líderes intelectuais” da classe;
- evitou qualquer julgamento de valor, podendo-se dizer com relação aos desenhos “É interessante” ou “Aqui há uma nova ideia”, mas evitando-se comentários como “Bom” ou “Ótimo”;

- referiu-se aos desenhos lembrando seus autores, por exemplo com expressões como “o modelo de Maria” ou “o desenho de João”;
- mesmo encorajando a classe toda a fazer contribuições, não foi necessário um número muito grande delas para se ter uma boa discussão.

Os desenhos expostos na lousa foram submetidos à apreciação do grupo de alunos e alunas da classe. O professor incentivou-os a fazer uma análise minuciosa, de tal forma que pudessem selecionar um modelo que lhes parecesse mais coerente e explicativo.

Nusbaum e Novick⁶ relatam que, nesse momento da discussão, “até o aluno mais reticente foi envolvido”. Nenhum comentário foi feito a respeito do desenho de Dan (fig.3.1, nº 8). Parecia que, nesse estágio, a ideia de que o ar pudesse ser constituído de “pequenas porções com espaços vazios no meio” era tão estranha que se tornava desnecessário argumentar contra ela.

Ao final da primeira aula, o professor fez uma pequena demonstração sobre a compressibilidade do ar dentro de uma seringa. A partir daí, perguntou-se: como se pode comprimir parte do ar de um cilindro em um espaço que já contém ar? Essa questão foi proposta com a sugestão de que os alunos examinassem os desenhos expostos na lousa para tentar respondê-la.

A segunda aula começou com uma revisão das descrições feitas na primeira aula a respeito do ar evacuado de dentro do frasco. O professor apresentou uma demonstração, comprimindo 100 cm^3 de ar para 50 cm^3 . Os estudantes reuniu ram-se em pequenos grupos e três questões foram colocadas no quadro:

1. Como podem duas quantidades de ar na seringa, cada uma ocupando 50 cm^3 (juntas 100 cm^3), ocuparem somente 50 cm^3 quando o êmbolo é empurrado?
2. Por que isso pode ser feito apenas com um gás ou uma mistura gasosa, como o ar, e não com um líquido ou com um sólido?
3. O que há de especial na estrutura do ar que permite a ele ser comprimido?

Os alunos começaram a pesquisar relações que existiriam entre os vários modelos colocados na lousa (fig.3.1) e a observação de compressibilidade dos gases. Os tipos de explicações, naturalmente, variavam de um grupo para outro.

Um dos alunos sugeriu: “Talvez o ar seja como o desenho de Dan nº 8. Talvez o ar seja feito de pequenas partes com espaços vazios entre elas.” Um outro sugeriu um modelo muito próximo ao corpuscular: “Talvez ar seja como uma esponja e entre os ‘pedaços’ de ar haja espaços vazios como os buracos da esponja.”

Nussbaum e Novick⁶ relatam que a maioria dos alunos percebe que, apesar da estranheza da ideia de haver “partículas no vácuo”, isso explica ambos os fenômenos: a evacuação do ar no frasco e sua compressibilidade na seringa.

Surgiu um argumento de um aluno contra essa ideia: “Se assumirmos que há espaços vazios entre as partículas, então por que a água não sobe dentro de um copo de ar entornado em um recipiente de água?” Essa colocação mostra a necessidade de se introduzir o movimento das partículas como parte do modelo para explicar fenômeno da pressão.

O professor da classe demonstrou a compressão do ar novamente, agora reduzindo os 100 cm^3 a 5 cm^3 . Alguns alunos tentaram explicar: “Se pressionarmos bastante o êmbolo, comprimiremos o ar ainda mais, mas nunca essa compressão chegará um volume zero.”

Nussbaum e Novick⁶ sentiram que as aulas relatadas contribuíram para a aprendizagem dos estudantes que dela participaram no seguinte sentido:

- eles sentiram pessoalmente a necessidade de um modelo teórico da “estrutura do ar”, incluindo de alguma forma a possibilidade da existência de espaços vazios;
- tomaram-se conscientes de suas próprias teorias alternativas a respeito do assunto;
- eles engajaram-se numa discussão significativa acerca dos modelos hipotéticos construídos por todos na classe;
- experimentaram uma dissonância cognitiva (Piaget) que levou a uma acomodação, o que implica avanço das ideias sobre o tema da constituição da matéria.

Mencionamos essa pesquisa não com a intenção de que sirva de prescrição para os nossos professores-leitores, mas sim para que um relato como esse possa mostrar as condições e os aspectos mais relevantes da pesquisa em sala de aula e as vantagens que ela pode trazer à melhoria do ensino.

Parece ficar claro a importância do intercâmbio de ideias, do debate e da discussão dos modelos nas aulas, possibilitando a configuração de um quadro de concepções

que podem ser transformadas durante o processo.

Para propor uma metodologia de ensino relacionando os componentes do ambiente e o estudo da matéria, tomamos alguns exemplos como referência para os estados físicos sólido, líquido e gasoso. Assim, o solo serve de eixo para se estudar o estado sólido, por ser ele predominantemente formado por material sólido. A água passa a representar o eixo de discussão para o estado líquido e o ar, para o estado gasoso. Devemos, contudo, considerar que no ambiente natural esses estados físicos da matéria não aparecem isolados, ou seja, no solo também estão presentes água e ar; na água estão contidas partículas sólidas e gasosas, assim como no ar existe também partículas sólidas disseminadas em forma de poeira.

○ AR

Como o ar é formado por gases invisíveis, muitas vezes até nos esquecemos que ele existe. O ar é composto por oxigênio (21%), nitrogênio (78,06%), gás carbônico (0,03%) e gases nobres (0,91%), além de vapor de água, poeira e inúmeros poluentes, alguns dos quais produzidos naturalmente, através do tempo.

A Terra é toda envolvida por uma camada de ar invisível, com dezenas de quilômetros de espessura. Nós a chamamos de **atmosfera**, que significa “esfera de ar”. Da mesma forma que todos os objetos são atraídos pelo campo gravitacional do nosso planeta, o ar também o é, o que vale dizer que o ar tem peso.

Devido justamente à gravidade, na faixa mais próxima à superfície da Terra, chamada **troposfera** e com altitude variando de 5 km,

nos polos, a 15 km, no equador. Na troposfera o ar é mais comprimido (tem maior concentração de moléculas). O céu da troposfera nos parece azul em função da dispersão da luz branca do Sol produzida pelas partículas de poeira em suspensão. Nessa região, a temperatura diminui 1°C a cada elevação de aproximadamente 150 m, ao mesmo tempo em que o ar vai se tornando progressivamente mais rarefeito, ou seja, com menor concentração de gases.

Acima da troposfera, uma camada de ar rarefeito, denominada **estratosfera**, estende-se até cerca de 50 km de altitude. Nela não ocorrem fenômenos meteorológicos e o céu é escuro, quase preto. Entre 20 e 30 km de altura, há uma grande concentração do gás ozônio, que funciona como uma espécie de filtro para os raios ultravioleta do Sol.

Além da estratosfera, há a **mesosfera**. Com cerca de 35 km de altura, constitui-se como a faixa situada entre 50 km e 85 km do chão. A temperatura aqui chega a -95°C , o ponto mais frio da atmosfera. Acima da mesosfera encontra-se a **termosfera**, que chega a 600 km de altura.

Em torno de 350 km de altura há uma região de muitas partículas carregadas de eletricidade chamada **ionosfera**, na qual as ondas de rádio são refletidas e recebidas pelos aparelhos dos vários continentes da Terra. Acima de 600 km, a atmosfera é extremamente rarefeita e muitas partículas de ar já escapam do espaço terrestre. Essa região de transição interplanetária é conhecida como **exosfera**.



Figura 3.2: As camadas atmosféricas.

O escape das moléculas da superfície de um planeta depende do raio do planeta e da aceleração da gravidade na sua superfície. Para se soltar da atmosfera terrestre, uma molécula precisa de uma velocidade de escape superior a $11,2\text{ km/s}$, ao passo que na Lua esse movimento deve ser superior a $2,3\text{ km/s}$. Isso explica porque alguns planetas e/ou satélites têm atmosfera e outros não, como no caso da Lua.

É preciso observar que, mesmo em grandes altitudes, um corpo continua sujeito à força da gravidade, independentemente do fato de existir ar ou não. É comum os alunos relacionarem a presença do ar com a gravidade. Eles acreditam que, quando acaba a camada de ar, essa força cessa, chegando mesmo a afirmar que “no vácuo não há gravidade”.

Para justificar suas afirmativas, os estudantes fazem referências às imagens veiculadas pela televisão de astronautas em órbita na Terra. Essas cenas sugerem que, pelo fato de eles se encontrarem longe da Terra e no vácuo, ficam sob ausência de gravidade. Na verdade, eles estão em estado de imponderabilidade, no qual os corpos têm peso aparente igual a zero, já que não há outra força para contrabalançá-lo. Se um astronauta nesse estado subir em uma balança, o seu peso aparente será medido como nulo.

Tanto a cápsula espacial quanto seus tripulantes são mantidos em sua órbita pela força da gravidade. No interior da cápsula, entretanto, nenhuma força desloca os corpos em relação às suas paredes, o que torna o ambiente em seu interior aparentemente um ambiente de microgravidade. Aí ocorrem fenômenos impossíveis de se observar na superfície terrestre. No entanto, mesmo fora da atmosfera, a cápsula, juntamente com seu conteúdo, continua sendo atraída para o centro do planeta.

Um satélite artificial em órbita circular a 200 km acima da superfície da Terra, por exemplo, está sujeito a uma aceleração da gravidade de $9,2 \text{ m/s}^2$, um pouco menor do que na superfície do planeta, onde a aceleração tem valor médio igual a $9,8 \text{ m/s}^2$. Ele não cai em direção ao solo porque está em alta velocidade. A força de gravidade proporciona uma aceleração centrípeta responsável pela mudança de direção do vetor velocidade. Devido a esta aceleração, o satélite não sai pela tangente, mas descreve um movimento circular ao redor da Terra, isto é, mantém-se em órbita. É o mesmo caso da Lua, que, apesar da distância com relação à Terra, está sujeita à força de gravidade do nosso planeta.

PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Um jardineiro parece ter sido a primeira pessoa a observar, por volta de 1630, que a água extraída dos poços por meio de bombas aspirantes nunca subia acima de 10,33 m. Em 1638 o astrônomo e físico italiano Galileu Galilei publicou um livro no qual descreveu que a altura atingida por um líquido é inversamente proporcional ao seu peso específico e que o seu valor permite determinar “a re-

sistência ou o peso do vácuo”. (Bassalo²)

Um ano depois, inspirado no livro de Galileu, Gasparo Berti construiu um tubo de chumbo de 11 m de comprimento, imerso em água, que terminava em uma longa cabeça de Vidro, e o fixou na fachada de sua casa, em Roma. Verificou que a água ficava estabilizada em torno de 10 m e que borbulhava no tubo. Esse borbulhamento era devido ao vapor de água na parte superior do tubo.

Discípulo de Galileu, o físico e matemático italiano Evangelista Torricelli determinou a pressão atmosférica ao nível do mar, durante uma engenhosa experiência em 1643. Ele tomou um tubo de vidro, com cerca de 1 m de comprimento e fechado em uma de suas extremidades, encheu-o de mercúrio até a boca, tampou e o emborcou numa cuba com mercúrio. Ao destampá-lo, observou que o mercúrio dentro do tubo desceu e parou a 76 cm do nível do mercúrio na cuba, deixando no alto um espaço aparentemente vazio (fig.3.3). Concluiu então que a pressão atmosférica atuando na superfície livre do líquido conseguia equilibrar a coluna de 76 cm de mercúrio, equivalendo portanto à pressão de uma coluna de mercúrio de 76 cm de altura. Por esse motivo, a pressão de 76 cm de mercúrio, equivalente à força de 1 kgf/cm^2 , é chamada de 1 atmosfera e definida como unidade de pressão. Torricelli tornou-se, desse modo, a primeira pessoa a produzir **vácuo**.

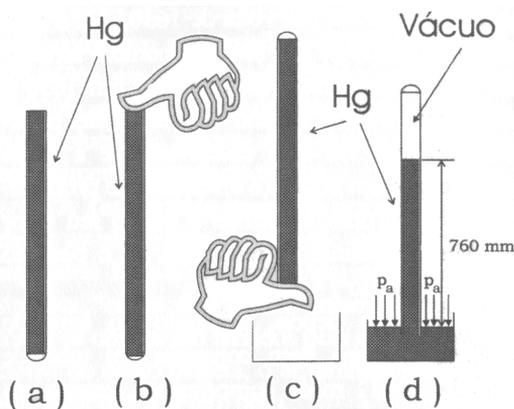


Figura 3.3: Experiência de Torricelli (pessoas não habilitadas não devem se arriscar a fazer esse experimento)

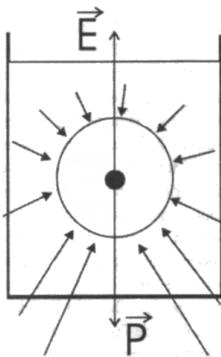


Figura 3.4: Um corpo mergulhado no líquido recebe um empuxo E igual à resultante das forças de pressão exercidas por esse líquido.

Com o objetivo de obter o vácuo, o filósofo, físico e engenheiro alemão Otto von Guericke construiu, por volta de 1650, uma bomba de vácuo com a qual realizou uma série de experiências. Ao retirar o ar de um recipiente, demonstrou que o som de um

campainha não poderia ser ouvido, comprovando a afirmação aristotélica de que o som não se propaga na ausência de um, suporte sólido, líquido ou gasoso. Guericke verificou ainda que, no vácuo, as velas não queimam e os animais não sobrevivem. E, em 1654, fez a célebre experiência dos **hemisférios de Magdeburg** (ver kit Ar 5 — *Pressão atmosférica-B*, da Experimentoteca).

Se o ar tem peso, é evidente que ele exerce pressão sobre nós. Para entendermos melhor como a pressão atmosférica age, façamos uma analogia com a água, que, como o ar, também é um fluido. Sabemos que todo corpo mergulhado na água recebe pressão por todos os lados, inclusive de baixo para cima. Quando estamos imersos em água, há uma diferença de pressão entre as partes inferior e superior do corpo — pois a pressão aumenta com a profundidade —, fazendo com que, exista uma força maior de baixo para cima do que ao contrário. Configura-se, portanto, uma resultante de forças dirigida para cima, denominada **empuxo** (fig.3.4). Esse assunto será melhor estudado ainda neste capítulo.

Quanto ao ar, será que ele age do mesmo modo que a água, exercendo pressão em um corpo por todos os lados, até de baixo para cima? Sim. Como a água, o ar é um fluido, só que com muito menor densidade. Por isso, não sentimos que ele nos empurra de baixo para cima. O ar sob os nossos pés, portanto, também exerce pressão de baixo para cima, e não só de cima para baixo, como normalmente é retratado nos livros de Ciências. Contudo, o empuxo — resultante forças para cima — que o ar exerce sobre o nosso corpo é tão pequeno que o desprezamos. Quando pesamos um corpo numa balança, o fazemos geralmente na presença do ar. O que você acha: seria possível pesá-lo se ele estivesse

imerso em água?

Se a atmosfera, com seus quilômetros de altura, exerce tanta pressão em todos os lados do nosso corpo, por que então não somos esmagados? Porque nosso corpo possui grande quantidade de água — líquido praticamente incompressível. Além disso, há muito ar distribuído em nosso corpo exercendo uma pressão de dentro para fora igual à pressão da atmosfera, de fora para dentro. Entretanto, não é a pressão atmosférica que nos mantém presos ao solo, mas sim a força da gravidade. Na presença do ar, ficamos mais leves, e não mais pesados! Devido ao empuxo, o ar nos empurra levemente para cima!

Da mesma forma que a pressão da água, a pressão atmosférica cresce com o aumento da coluna de ar. Assim, ao nível do mar a pressão é maior do que nas montanhas. Mas podemos ter variação da pressão sem, necessariamente, diferença de altitudes: basta comprimir ou tomar o ar rarefeito. Quando ele se encontra sob pressão superior à atmosférica, dizemos que está comprimido; no caso de ela ser inferior à atmosférica, afirmamos que o ar está rarefeito.

Quando tomamos um refrigerante com canudinho, ao chupar o ar do seu interior, geramos uma região de baixa pressão. O ar externo pressiona a superfície livre do líquido, forçando-o a subir pelo canudo. A pressão fora é maior que a dentro do canudo e essa variação de pressão provoca o movimento do refrigerante. Como esse, há muitos outros exemplos sobre a utilização da variação da pressão atmosférica no nosso dia-dia. Que tal pensar em alguns deles?

E na Lua, há atmosfera? Não, mas há gravidade, ainda que bem menor que a da Terra, já que o nosso satélite tem menos massa, atraindo menos os corpos. Devido à baixa

gravidade lunar, os gases escapam para o espaço. Lembra das imagens dos astronautas saltitando na Lua? Isso ocorre porque lá a aceleração da gravidade é cerca de seis vezes menor do que na Terra. Ao dar um pulo na superfície lunar, o astronauta atinge alturas e distâncias maiores do que na Terra. Por não possuir atmosfera, fica impossível também haver água líquida na Lua. Ela se evaporaria e escaparia da superfície do satélite.

Será que há atmosfera em Marte? Nesse planeta, a aceleração da gravidade é de $3,69 \text{ m/s}^2$, o que faz um homem de 80 kg sentir-se como se tivesse 29,5 kg na Terra, e sua atmosfera contém cerca de 95,3% de CO_2 , 2,7% de N_2 e 1,6% de Ar (argônio). Enquanto a pressão atmosférica da Terra é 1 atmosfera, em Marte a pressão é 0,01 atmosfera terrestre. Existe água congelada nos polos, o que possivelmente equivale a menos de 20% da quantidade existente há mais de um bilhão de anos. Os especialistas acreditam que ela tenha evaporado e todo o hidrogênio tenha escapado para o espaço sideral, por ser a força de gravidade pequena e insuficiente para reter esse gás. Dada a presença de água, é possível que haja vida em algum habitat protegido do planeta, uma vez que sua temperatura média é de $-55,15^\circ\text{C}$. Embora a presença da água já tenha sido identificada em todo o universo, só na Terra, até agora, foi comprovada sua existência em estado líquido.

A ÁGUA

A existência da água em estado líquido é uma das mais extraordinárias curiosidades da natureza, pois, entre as substâncias minerais nela presentes, só a água e o mercúrio se apresentam nesse estado nas condições am-

bientais normais. De fato, a água apresenta um comportamento na natureza, que as generalizações da Física e da Química não conseguem explicar com simplicidade. Para todos os outros compostos químicos de estrutura molecular semelhante à da água — os hidretos e os óxidos —, existe uma regularidade entre o seu peso molecular e as suas temperaturas de fusão e ebulição. Isso quer dizer que quanto mais pesadas as moléculas de uma substância maiores serão as suas temperaturas de fusão e de ebulição.

Se a água acompanhasse essa regularidade, sua temperatura de ebulição (t.e.) seria de aproximadamente -80°C , porque as partículas de H_2O são mais leves do que as de H_2S (ácido sulfídrico, t.e. = $-85,5^{\circ}\text{C}$) e H_2Se (ácido selenídrico, t.e. = $-41,5^{\circ}\text{C}$). Oxigênio (O), enxofre (S) e selênio (Se) compõem substâncias com o mesmo tipo de fórmula ao se combinar com hidrogênio (H): H_2X . Assim, a água deveria ter uma temperatura de ebulição tão baixa que apenas seria possível ela existir na Terra na forma de vapor. Discutiremos posteriormente o conceito químico que tenta explicar o fato de a água possuir temperatura de ebulição mais alta (100°C ao nível do mar).

Pode-se afirmar ainda que a água é um excelente solvente: na água do mar, é possível detectar pelo menos 40 metais e 13 não-metais (de um total de 14) dissolvidos em uma imensa solução iônica.

A Terra possui um volume de 1 trilhão de km^3 , sendo que só a milésima parte disso é constituída de água. Cerca de 1,3 bilhão de km^3 de água preenchem os vazios da crosta terrestre cobrindo três quartos da superfície e integrando também a atmosfera. No entanto, mais de 97% de água no planeta garantem que a temperatura seja estável em cada época do ano. Isto é, por seu elevadíssimo calor específico ($1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$), a água pre-

cisa de grandes quantidades de calor para se aquecer, e assim mantém a sua temperatura por muito mais tempo, demorando para ceder calor para o ambiente. Em Marte, em um só dia, a temperatura oscila entre 22°C , durante o dia, e -73°C , à noite. Na Terra, as variações de mais de 10°C em um mesmo dia são raras.

A composição da água

Durante mais de 2.000 anos acreditou-se que a água, por ser um elemento simples e primário, não poderia ser decomposta em substâncias mais elementares. Em 1781, o químico e teólogo inglês Joseph Priestley conseguiu sintetizar a água por combustão de hidrogênio, mediante aquecimento explosivo. Lavoisier, o grande cientista francês, nesta mesma época, demonstrou que a água era composta por hidrogênio e oxigênio. Finalmente, em 1805, outro francês, Gay-Lussac e o sábio prussiano Alexander von Humboldt verificaram que a proporção entre esses dois elementos era de 2 para 1, o que conduziu à fórmula H_2O .

No mar, devido a presença do sal, a água é congelada a temperaturas mais baixas, cerca de $-1,9^{\circ}\text{C}$. É interessante observar que, ao congelar, a água separa-se dos sais, formando blocos de água doce. Encontramos gelo nos polos e em montanhas muito elevadas (chamados gelos fósseis) e em diversos lugares, no inverno, derretendo-se no verão. A água pode ainda precipitar-se diretamente das nuvens como neve ou granizo.

O vapor de água presente no ar é responsável pela umidade, geralmente medida em termos de porcentagem de umidade relativa. Cerca de 0,035% da água contida no planeta encontra-se atmosfera em estado de vapor. Em dias mais frios o ar tende a ser mais seco,

pois o excesso de vapor de água se condensa, precipitando-se no solo.

Hoje, à luz dos modelos de interação interatômica, considera-se que os átomos de hidrogênio interagem com o de oxigênio através de um tipo de ligação que pode ser chamada de *covalente polar*. Por causa das suas ligações e da sua geometria molecular, a água é tida como uma substância polar, ou seja, suas moléculas apresentam dipolos elétricos.

Esses modelos nos permitem explicar porque a água funde e evapora em temperaturas mais altas do que outras substâncias presentes no ambiente e também, porque a água apresenta em sua superfície uma película finíssima sobre a qual podem caminhar insetos leves e flutuar fios de cabelos ou pequenas agulhas. Essa película aparece graças a um fenômeno conhecido como *tensão superficial*, que pode ser compreendido como um tipo de interação intensa entre as moléculas polares da água.

A essa interação intensa, damos o nome de **pontes de hidrogênio** (fig.3.5). Assim, as moléculas de água estariam “ligadas” através dessas pontes, o que resultaria em uma tensão na superfície do líquido percebida através da finíssima película superficial que nele aparece. As interações entre as moléculas de água, as chamadas pontes de hidrogênio, seriam também responsáveis pela sua alta temperatura de ebulição, posto que as atrações advindas desse tipo de força fazem com que as moléculas fiquem mais fortemente unidas, dificultando a passagem para o estado gasoso.

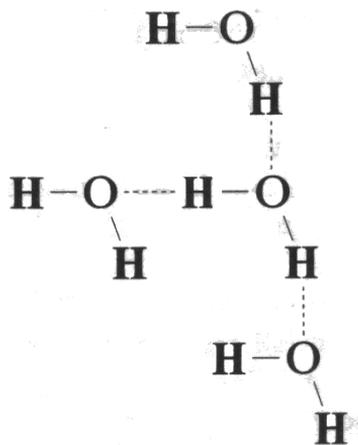


Figura 3.5: Modelo de pontes de hidrogênio.

PROPRIEDADES DA ÁGUA

A capilaridade no nosso cotidiano

Não é intrigante o fato da seiva chegar às folhas de uma árvore sem que haja uma bomba d’água no tronco? Sabemos, através de experiências próprias, que a água sempre corre para baixo. Assim, se a água sobe espontaneamente, estaríamos violando o Princípio da Conservação da Energia. Essas afirmações, dadas pelo bom senso, precisam de alguns reparos.

Você já deve ter observado que o combustível sobe pelo pavio de uma lamparina. Ou ainda que, se colocamos um canudinho de refrigerante na água, sem sugar, a água sobe um pouquinho. Como será que isso se dá? Em todos esses casos, o líquido desloca-se para cima espontaneamente, no entanto, sem violar o Princípio da Conservação da Energia. Para que isso ocorra é necessário que sobre o líquido aja uma força, resultante aí da *tensão superficial*. Podemos entender

bem essa força no caso do canudinho.

Sempre que uma superfície de um líquido chega a um sólido, forma-se um ângulo entre a superfície do líquido e a superfície do sólido. Esse ângulo depende apenas da natureza do líquido e do sólido. As-

sim, observa-se que o ângulo junto à parede, no caso do vidro limpo, está um pouquinho acima do restante da água, ou seja, ela foi levantada pela tensão superficial. É justamente isso o que se dá no interior do canudinho (fig. 3.6).

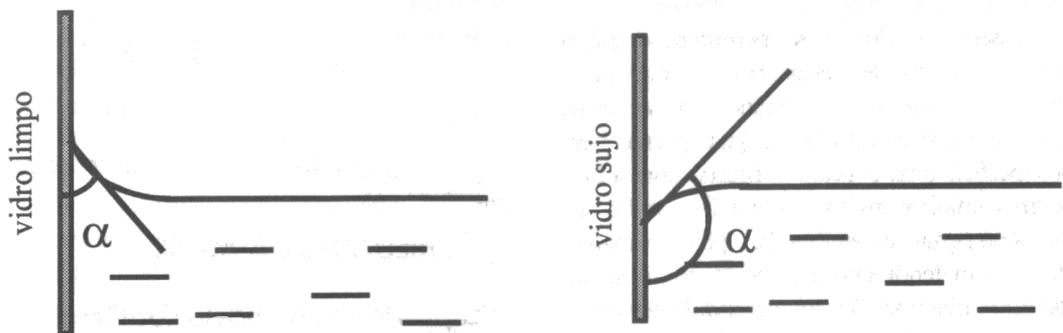


Figura 3.6: Água parece ser atraída pelo vidro limpo e repelida pela gordura.

Considere a superfície da água no interior do canudinho. Se imaginarmos que a cortamos de forma circular próximo à sua periferia, verificamos que a calota que cobre a coluna de água no canudinho está em equilíbrio, estando sujeita a duas forças: o peso da coluna d'água, que a puxa para baixo, e a força da tensão superficial, que a puxa para cima (fig.3.7). A água sobe no interior do tubo enquanto a força da tensão superficial for superior ao peso da água no tubo. Ficando mais comprida a coluna d'água no interior do canudo, o seu peso aumenta até que peso e tensão superficial se equilibrem.

Quanto mais fino for o canudinho tanto menor será o peso da coluna d'água que a tensão superficial deverá sustentar: a tensão poderá elevar a água a uma altitude maior. Conclui-se que num tubo muito fino

a água subirá mais que em tubos grossos. Em tubos capilares, tubos finíssimos de vidro que parecem ter a espessura de um cabelo, a água subirá muitíssimo em função desse fenômeno, que se convencionou chamar de capilaridade. Mesmo que não exista um tubinho físico, mas, por exemplo, os vazios de uma substância porosa, dizemos que o líquido sobe ou penetra por **capilaridade**.

Se deixarmos uma toalha na beira de uma bacia cheia, a água subirá por capilaridade e descerá pelo lado de fora; algumas horas depois, a toalha estará encharcada e água estará no chão, do lado de fora da bacia. Neste caso o escoamento da água se deu por capilaridade e a toalha funcionou como um sifão (kit Ar 4 — *Pressão atmosférica-A*, da Experimentoteca).

Outro exemplo: se deixarmos um vasi-

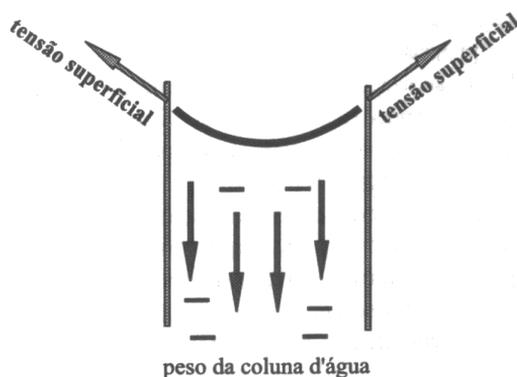


Figura 3.7: No interior de um tubo, a tensão superficial às vezes eleva o líquido a grandes alturas.

lhame com mel aberto durante meses, a tensão superficial fará com que esse líquido viscoso suba devagar e molhe todo o vasilhame por fora. Depois de longo tempo, o vasilhame todo estará grudento de mel, que aparentemente terá saído sozinho, desafiando a gravidade. Isso acontece porque, no caso do mel, o ângulo α entre o líquido e a parede do recipiente (fig. 3.6) é praticamente zero. Assim, uma finíssima camada de mel irá cobrir aos poucos a parede externa do recipiente.

Também no querosene-metal o ângulo entre a superfície do líquido e do sólido é zero. Você já percebeu que uma lata de querosene aberta está sempre suja do lado de fora? A causa disso é a tensão superficial. Nos exemplos do mel e do querosene, a saída do líquido é lenta devido à viscosidade. Existe uma exceção espetacular onde tal efeito ocorre em tempo curtíssimo: o elemento hélio. Ele se liquefaz a -169°C (4K) e, reduzindo a temperatura até 2K, o hélio passa à fase superfluida, isto é, a viscosidade se torna igual a zero. Além disso, o ângulo α mencionado é zero para o hélio. Isso faz com

que esse líquido não pare no fundo de recipiente nenhum, pois sempre sobe rapidamente pelas paredes. Lamentavelmente, para que se possa ver esse fenômeno é necessário um laboratório especializado em baixas temperaturas.

Observação: 0K (zero Kelvin) é a temperatura do “zero absoluto”. Por razões teóricas não pode existir temperatura inferior a 0K (0K = -273°C).

Mais exemplos: a água do solo que sobe em um muro, deixando-o úmido e mofado, e a água que penetra na areia. Você mesmo, se entendeu o mecanismo, pode tentar encontrar outras situações cotidianas para a capilaridade. Um caso interessante é o da moringa de barro. Atravessando a parede da moringa por capilaridade, a água chega à superfície externa do recipiente, onde evapora. Para que ocorra a evaporação, há necessidade de calor latente, para a mudança de fase. Assim, esse calor é retirado do recipiente, que, com isso, esfria, deixando a água “fresquinha”. Se trocamos essa moringa por um recipiente de porcelana, não poderá mais ocor-

rer a capilaridade e o esfriamento da água descrito não irá se dar.

Como a seiva sobe no interior dos vegetais: no interior do tronco de uma árvore a seiva sobe, entre outras razões, por capilaridade. No entanto, concorrem outros fenômenos, principalmente a pressão osmótica. Calcula-se que nos vasos mais finos de xilema (vaso condutor de seiva bruta) podem ser mantidas colunas de no máximo 1 m de altura, por capilaridade, o que é muito insuficiente.

Admite-se hoje que, além da capilaridade, outros fatores, como pressão da raiz (ou impulso positivo da raiz), sucção das folhas e coesão da coluna de água, sejam responsáveis pela condução da seiva bruta nas plantas. Em muitas delas, a pressão exercida pelas raízes chega a duas ou três atmosferas. O mecanismo responsável por isso parece ser o seguinte: as células da raiz secretam ativamente íons para o xilema, que desse modo tem sua pressão osmótica aumentada. A água absorvida pelo xilema cria assim uma “pressão positiva”.

Essa pressão positiva da raiz não explica, no entanto, a subida de água em todas as plantas. Em alguns casos as pressões não são altas o bastante para elevar a água até a altura requerida e, em muitas plantas, essa pressão não é constatada. A sucção exercida pelas folhas e a coesão da coluna de água talvez sejam o principal fator de condução de seiva: quando as células das folhas perdem água por transpiração, seu suco celular fica mais concentrado, diminuindo o potencial hídrico, o que origina uma pressão negativa, ou tensão, que se propaga ao longo da coluna do xilema. Isso ocorre porque as células transpirantes retiram água do caule do xilema que, por sua vez, retira das raízes e, estas, do solo por osmose. Essa coluna líquida

contínua, da raiz até a folha, não se rompe devido à extraordinária coesão entre as moléculas de água, da mesma maneira com que uma coluna d’água não se rompe no interior de um sifão.

A tensão superficial da água

A tensão superficial da maioria dos líquidos, que se misturam ou não com a água costuma ser menor que a tensão superficial da água — é o caso da água com sabão. A maior tensão superficial da água faz com que a superfície fique instável, com tendência a formar gotas e gotículas. A tensão menor da água com sabão permite a formação de superfícies grandes em bolhas de sabão.

O que acontece se colocarmos uma gota de sabão líquido sobre uma superfície de água? A gota permanecerá na superfície e não entrará em equilíbrio, pois a força da água que a estica é maior que a força que a mantém coesa (fig. 3.8).

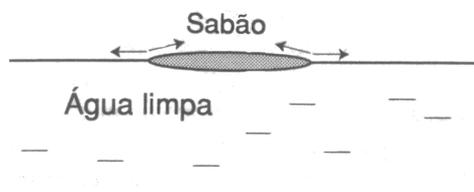


Figura 3.8: A força de tensão superficial que, estica a gotinha de sabão é maior que a força que a mantém coesa. Isso faz com que ela se estique cada vez mais, tornando-se fina e extensa, cobrindo a água.

Uma pequena gota de sabão ocupa, portanto, uma grande superfície de água. Com isso, uma pequena quantidade de sabão colocada sobre a água faz com que a água

toda pareça ter uma tensão superficial menor. Isso ajuda a remover partículas de sujeira de objetos que estejamos lavando. O sabão cumpre assim sua função de limpeza, mas pode comprometer o equilíbrio do ambiente aquático.

Os seres vivos estão adaptados à água com uma determinada tensão superficial, que, se alterada, irá prejudicar esses organismos. Os insetos não poderão andar mais sobre a água; os patos não conseguirão mais nadar, pois a penugem deles será atravessada pela água com sabão; e os microrganismos, adaptados à água, não conseguirão viver na água com sabão. Portanto, uma pequena quantidade de sabão que saia de nossas pias, via esgoto, chega aos rios e, ao cobrir uma área extensa, produz um dano ambiental considerável.

Uma maneira de diminuir tal impacto é usarmos sabão biodegradável, produzido com o intuito de que não dure muito tempo no ambiente. É evidente que não pode existir sabão sem impacto ambiental algum. Ao se degradar, os componentes desse tipo de sabão também vão parar em algum lugar. O importante é garantir que o impacto danoso mantenha-se em limites aceitáveis. Mas o fato de um produto ostentar em seu rótulo o termo “biodegradável” não significa que realmente o seja — a resposta final só pode ser dada por um estudo técnico independente.

OUTRAS PROPRIEDADES DA ÁGUA

A água apresenta outras propriedades inerentes ao estado líquido, como incompressibilidade, ausência de forma própria, difusão lenta e evaporação em sistemas abertos.

Os líquidos são praticamente incompressíveis, ao contrário dos gases. Qualquer ten-

tativa de comprimir um líquido encontra resistência, pois, segundo a teoria molecular, a nuvem eletrônica de uma molécula repele a nuvem eletrônica da molécula vizinha, o que impede a compressão. A teoria molecular cinética admite também que no estado líquido a quantidade de espaços vazios entre as moléculas é reduzida praticamente a um mínimo.

Os líquidos adquirem a forma dos recipientes que os contêm. Isso é explicado teoricamente admitindo-se que, no estado líquido, as moléculas não possuem posições fixas, podendo deslizar umas sobre as outras, de forma a ocupar lugares onde a energia potencial em relação à Terra seja a menor possível.

Os líquidos se difundem lentamente uns nos outros, pois, segundo a teoria, suas moléculas não se movem muito, como as que se encontram em estado gasoso.

Apesar de haver consideráveis interações entre as moléculas, os líquidos evaporam em recipientes abertos graças à colisão entre suas moléculas e à troca de calor que ocorre entre o líquido e o ambiente.

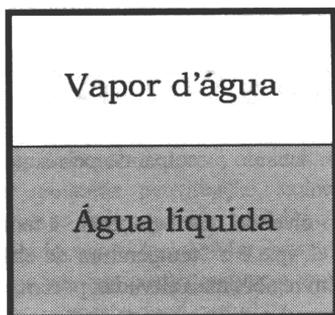


Figura 3.9: Num recipiente fechado, o vapor d'água permanece sobre a água líquida numa pressão determinada, dependente da temperatura.

Imagine agora que colocamos água, e somente água, num recipiente hermeticamente fechado, isto é, sem comunicação com o ambiente externo. Na parte superior do interior do recipiente, onde não há água líquida, forma-se vapor d'água numa determinada pressão, conhecida como “pressão de vapor”. A pressão de vapor depende da temperatura e é determinada medindo-se a pressão que se forma num sistema como o apresentado na figura 3.9. Ela se forma também sobre o gelo. Havendo baixa temperatura e pressão, a água passa diretamente do estado líquido ao gasoso por sublimação.

A pressão de vapor determina diversos fenômenos, muitos dos quais relativos ao nosso cotidiano. Se colocamos, por exemplo, uma panela com água no fogo, o calor transferido à água aumenta sua temperatura. Como é um sistema aberto, a pressão atmosférica agirá sempre sobre a superfície d'água, com uma pressão maior que a de vapor da água. À medida que a temperatura sobe, aumenta ligeiramente a evaporação da água; porém, numa determinada tempera-

tura, a pressão de vapor da água se torna superior à atmosférica e, nesse caso, o vapor d'água empurra a atmosfera. Como a transferência de calor ocorre na parte inferior da panela, onde a temperatura é mais elevada, forma-se uma bolha de vapor que primeiro cresce e depois se destaca com certa violência, subindo e escapando pela superfície — a água ferve!

Ao nível do mar isso ocorre à temperatura de 100°C , que é a “temperatura de ebulição da água”. Em regiões mais elevadas, porém, a pressão atmosférica é menor e essa temperatura de ebulição acaba sendo mais baixa, como por exemplo em São Paulo, onde é próxima a 98°C . Consta que os expedicionários ao pico do Everest têm dificuldades em cozinhar um ovo: a temperatura de ebulição da água em grandes altitudes é tão baixa que o ovo não solidifica quando em contato com água em ebulição.

Enquanto dura a ebulição, toda energia calorífica que entra é usada para transformar água líquida em vapor e a temperatura não sobe.

A história da panela de pressão

Os alquimistas acreditavam que o homem fosse imperfeito por se alimentar de comida imperfeita. Consideravam que, ao cozinhar o alimento, eram perdidos junto com o vapor d'água vapores essenciais à qualidade do alimento. Imaginava-se que, se se conseguisse reter estes vapores durante a fase de cozimento, haveria uma melhoria sensível da qualidade da alimentação. Nesse universo de ideias do século XVII, o experimentador Denis Papin (1647–1712) soube pelas ideias do físico Robert Boyle que o ponto de ebulição da água alcança valores inferiores a 100°C for se diminuída a pressão

atmosférica. Ela deveria, pois, subir além de 100°C num ambiente onde a pressão estivesse acima da pressão atmosférica. Ocorreu a Papin que, dessa forma, seria possível conseguir um duplo benefício: gastar menos combustível para cozinhar — já que numa temperatura maior o processo deveria ser mais rápido — e reter ao mesmo tempo parte de alimento, que naquele tempo se imaginava importante. Portanto, assim daria para se obter comida melhor e mais barata.

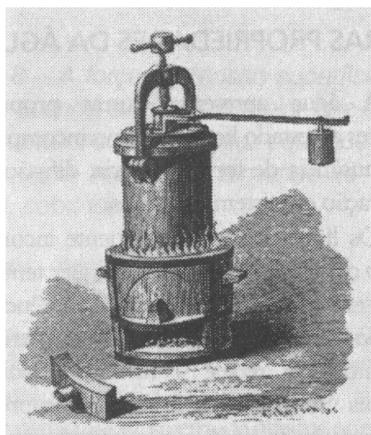


Figura 3.10: Panela de pressão de Papin.

Para realizar esse intento, Papin construiu um recipiente que pudesse ser fechado hermeticamente. Na primeira panela construída com essa finalidade, a pressão subiu até ela explodir, fazendo-o concluir que deveria construir uma mais forte e conseguir regular a pressão para evitar que passasse de um determinado ponto. Para isso, ele muniu a panela de uma válvula regulada por uma alavanca (fig.3.10). Os primeiros produtos que obteve em seu “digestor” foram uma gelatina de carne e geléia de frutas. Em seguida, Papin quis demonstrar o seu invento

aos membros da sociedade científica Royal Society, porém, teve azar: a panela explodiu novamente e os membros se recusaram a assistir a uma nova demonstração. Mas Robert Boyle, apesar de já bastante doente, fez questão de testemunhar a demonstração, que finalmente consagrou o invento. Pelo barateamento que sua panela produziria no preparo de alimentos, favorecendo a população mais humilde, Papin foi considerado “beneficor da humanidade”. Isso tudo não impediu que o experimentador morresse pobre.

A válvula que ele construiu para regular a pressão existe até hoje. Aperfeiçoada, é a tampinha pesada no topo da panela de pressão. Quando essa válvula está com defeito ou entupida, a panela de pressão explode hoje da mesma maneira perigosa que no tempo de Papin. Ele percebeu também que, se esfriasse a panela, a tampa ficaria presa com uma força tão grande que seria impossível abri-la com a mão, tendo que primeiro abrir a válvula. Isso o levou à ideia de que essa força poderia realizar trabalho. Assim, substituiu a panela por um cilindro e a tampa por um pistão móvel que levantava um peso. Por essa construção, Papin é reverenciado como o inventor da máquina a vapor (Kiaulehn⁴).

Retardo na mudança de fase

As equações matemáticas que descrevem as moléculas de água em determinadas temperaturas não indicam se a água deve estar em estado sólido, líquido ou gasoso. Porém, percebe-se que abaixo de 0°C , por exemplo, o gelo é mais estável que a água líquida. Isso significa que a água pode estar líquida abaixo de 0°C , mas uma pequena perturbação a transforma em sólida. Essa situação é análoga à estabilidade de um lápis: ele

pode parar em pé, só que a posição deitada é mais estável. De fato, em algumas condições, ocorrem retardos na mudança de estado — em temperaturas onde a água deveria estar num estado, ela está em outro. Alguns exemplos do cotidiano ilustram o caso.

O estouro da garrafa de cerveja — Quando uma garrafa de cerveja “estupidamente gelada” estoura é porque ocorre uma anormalidade da água, que em estado sólido ocupa um volume maior do que em estado líquido (ver explicação no próximo item — figura 3.14). O interessante porém — e todo garçom sabe disso — é que, muitas vezes, a garrafa estoura na hora de abrir, quando já está fora da geladeira e a temperatura subiu. O estouro ocorre justamente pelo fato de o líquido se encontrar abaixo do ponto de fusão, em estado instável. Qualquer pequena perturbação, como a que acontece ao se abrir a garrafa, faz o líquido passar para o estado sólido (gelo). Mas existem truques de como e em que ponto segurar a garrafa para minimizar o impacto dessa perturbação.

O barulho da água que ferve — A temperatura da água fervente dentro de uma panela em fogão caseiro sempre passa ligeiramente acima do ponto de ebulição. A água torna-se instável e passa ao estado gasoso de forma explosiva: formam-se grandes bolhas que sobem no meio líquido, criando o barulho característico de água fervendo. No laboratório, isso pode atrapalhar experimentos; são colocados então pedacinhos de porcelana no meio líquido para facilitar a passagem desse líquido à fase de vapor, tornando-a menos explosiva (ver o procedimento do kit Água 2 — *Destilação*, da Experimentoteca). É que na superfície irregular do fragmento de porcelana formam-se pequeninas bolhas que sobem removendo o vapor, de maneira que as bolhas grandes não chegam

a se formar.



Figura 3.11: Nuvem de gelo formada por um avião a jato (foto: José Braz Mania).

As nuvens formadas por aviões em grande altitude — Nas altitudes em que trafegam os aviões de linha — aproximadamente 10.000 m — reinam condições ambientais semelhantes ao que mencionamos para corpos extraterrestres. A temperatura a essa altitude, em torno de -50°C , só permite existir gelo ou vapor. Com as mudanças de temperatura, são atingidas muitas vezes condições em que a água deveria estar sólida, mas em que ela continua gasosa, daí a atmosfera constituir uma solução supersaturada de vapor d’água. No entanto, como o ambiente é muito quieto, nada ocorre. A perturbação surge quando um jato atravessa a região a agitação criada com a passagem transforma o vapor d’água em nuvem de gelo. Quem observa do chão, vê o jato seguido de uma nuvem branca longa e reta (figura 3.11). Nota-se que a nuvem é relativamente grande, já que o avião, na altitude em que está, muitas vezes mal pode ser visto. Convém notar que tratamos aqui de um fenômeno atmosférico e não de uma eventual fumaça produzida pelos motores do avião.

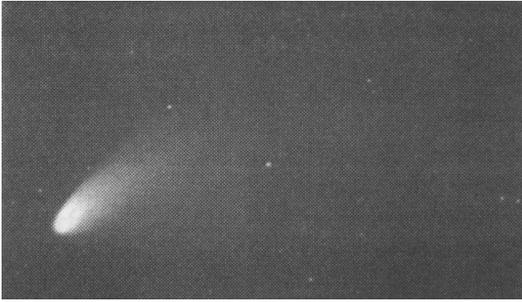


Figura 3.12: Imagem do cometa Hale Bopp feita por Ednilson Oliveira, em 25/4/97, no Pico dos Dias (Brasópolis, MG). A luz do Sol incide da direção do canto de baixo à esquerda e projeta a matéria para a direita, acima.

ÁGUA EM COMETAS E SATÉLITES

Toda vez que um cometa se torna visível, multiplicam-se na imprensa os comentários de que esses astros são feitos de “gelo sujo”. Os cometas passam a maior parte do tempo em regiões muito afastadas no Sistema Solar, a temperaturas muito baixas, e constituem basicamente uma esfera de gelo misturado a poeira espacial. No início de 1997, os jornais noticiaram a suposição de que esse material (gelo sujo) pudesse existir também em uma depressão muito profunda da superfície da Lua. Seria detectada a presença de pequenos depósitos de gelo espalhados em crateras nos polos da Lua, onde a luz solar nunca chega. Sabe-se inclusive que alguns dos satélites do planeta Júpiter são também formados por esse material. Porém, se o gelo possui pressão de vapor, como pode conviver com o vácuo extraterrestre? Esse gelo não sublimaria e o vapor formado não escaparia para o espaço?

Se esse fosse o gelo que encontramos em

nossa geladeira (-5°C), não seria realmente possível ele permanecer longo tempo exposto ao vácuo. Entretanto, o gelo em temperaturas baixíssimas (-80°C ou menos) possui uma pressão de vapor muito baixa, por isso a quantidade de vapor formada é muito pequena e não chega a constituir uma perda considerável para os astros.

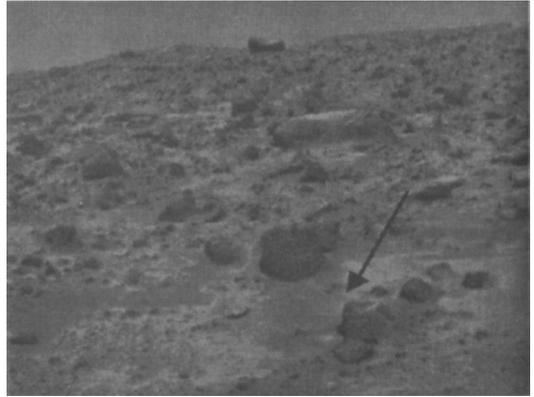


Figura 3.13: Paisagem marciana obtida pela sonda Pathfinder, em julho de 1997. Há traços que podem ser marcas de escoamento de água, supostamente ocorrido há bilhões de anos.

A exceção espetacular ocorre com os cometas. Quando eles se aproximam do Sol e passam perto do planeta Terra, chegam a regiões onde a temperatura sobe. Nesse caso, o gelo começa a sublimar e passa à fase de vapor. Diferentemente das condições em que se encontram as nuvens terrestres, não há ar atmosférico nessas regiões para reter o vapor, assim ele literalmente “vai para o espaço”. Os fótons — partículas que formam a luz — exercem sobre a matéria uma pressão pequena e difícil de ser detectada ou medida. No caso de átomos e moléculas, entre-

tanto, essa pressão não é desprezível. Como eles têm massa muito pequena, o impacto da luz pode arremessá-los para longe. E o que acontece com as moléculas de água e as partículas de poeira do cometa: elas se espalham pelo espaço e passam a refletir a luz, podendo ser vistas da Terra. A partir do cometa, forma-se uma cauda de milhões de quilômetros, um verdadeiro espetáculo no céu noturno.

Convém notar que, pelo que se sabe hoje, a água líquida no Sistema Solar ocorre só na Terra. Nos demais planetas ou satélites, como Marte, por exemplo, a água existe enquanto gelo ou vapor. Condições ambientais privilegiadas possibilitaram o surgimento da vida na diversidade que acontece em nosso planeta. Vale o alerta de que, no passado, deve ter havido água líquida em Marte, até que as condições ambientais mudaram de tal forma que se chegou ao mundo marciano de hoje – para nós, um mundo desolado. Na Terra, isso pode vir a acontecer. No atual estágio de desenvolvimento da tecnologia, o homem pode contribuir tanto para apressar quanto para retardar essas mudanças ambientais.

NOÇÕES TEÓRICAS SOBRE FASES

Quando uma substância líquida é resfriada, suas partículas tendem a se agrupar de forma desorganizada, uma característica dos líquidos. Ao atingir o ponto de solidificação, o líquido se congela, formando um sólido onde as partículas estão ordenadamente organizadas, num arranjo que se repete através de toda a estrutura.

Os sólidos possuem algumas propriedades semelhantes aos líquidos, como a incompressibilidade, a constância volumétrica e a

difusão lenta. Todavia, a maior parte das propriedades dos sólidos são peculiares a esse estado físico. Possuem forma definida, podem ser cristalinos ou amorfos e apresentar dureza e maleabilidade específicas. A tabela a seguir reúne os principais tipos de sólidos e suas características macroscópicas e microscópicas.

De maneira geral, uma substância apresenta-se sempre mais densa em estado sólido do que em estado líquido. Um caso que foge a essa regularidade é o da água, que apresenta maior densidade a 3,98°C quando ainda é líquida. Ao ser resfriada, ela pode solidificar a 0°C, contudo sua densidade diminui.

Isso explica o fato do gelo flutuar na água líquida, como podemos observar no caso dos icebergs. É bom que isso seja sempre lembrado no processo de ensino como um comportamento anormal da água em relação às outras substâncias, para que a generalização não ocorra levando a conceitualizações inadequadas.

O que explica essa diminuição de densidade no estado sólido é um modelo que admite um arranjo entre as moléculas de água, onde a existência de espaços vazios é maior do que no estado líquido.

Além do gelo, o ambiente terrestre é constituído por vários outros componentes que possuem substâncias no estado sólido: rochas, minérios, plantas, pedras, etc. Vamos nos reportar agora a alguns aspectos referentes ao solo, que representa o nosso eixo para a discussão sobre estado sólido.

○ SOLO

As rochas na superfície terrestre estão expostas à ação constante das variações térmicas,

Tabela 3.1: Características macroscópicas e microscópicas dos principais tipos de sólidos

	MOLECULAR	IÔNICO	COVALENTE	METÁLICO
Pontos de retículo	Moléculas	Íons Positivos Íons Negativos	Átomos	Íons positivos num "mar" eletrônico
Forças de ligação	"Forças de Van der Waals" dipolo-dipolo	Atração Eletrostática	Compartilhamento de elétrons	Atração elétrica entre íons positivos e negativos Modelo do "mar de elétrons"
Propriedades da substância	Muito moles, baixo ponto de fusão, voláteis e bons isolantes	Bastante duros e quebradiços, ponto de fusão regularmente alto e bons isolantes	Muito duros, ponto de fusão muito alto e não condutores	Duros ou moles, pontos de fusão moderado e muito alto, bons condutores

Tabela 3.2: Densidade da água a várias temperaturas

Temperatura(°C)	Estado	Densidade (g/ml)
0	Sólido	0.917
0	Líquido	0.999 8
3.98	Líquido	1.000 0
10	Líquido	0.999 7
24	Líquido	0.999 1
100	Líquido	0.958 4

dos ventos, das águas, de substâncias químicas e da espécie humana. Sob essa gama variada de fatores, elas vão se quebrando inúmeras vezes e os pequenos fragmentos assim gerados vão se depositando, levados pelo vento ou pela água, nos terrenos mais baixos da superfície terrestre formando o solo. O solo contém areia, silte, argila e restos de seres vivos (humus).

Existem vários tipos de solo, graças às variações nas composições químicas apresentadas em diferentes localidades do planeta. O quadro a seguir mostra alguns tipos de solo, sua composição e características:

As plantas adaptam-se a solos com características variáveis. Cada planta tem suas necessidades nutritivas próprias. Portanto, quando existe a falta de um ou outro nutriente, complementa-se por meio de fertilizantes e/ou calcários. A adubação do solo pode auxiliar as plantas no suprimento de suas necessidades, já que o plantio e a subsequente colheita de uma determinada cultura empobrece esse solo, por acabar retirando alguns de seus componentes químicos. A adubação espalha pelo solo os elementos químicos que as plantas retiraram. Como exemplo, podemos citar a terra roxa, que, se não

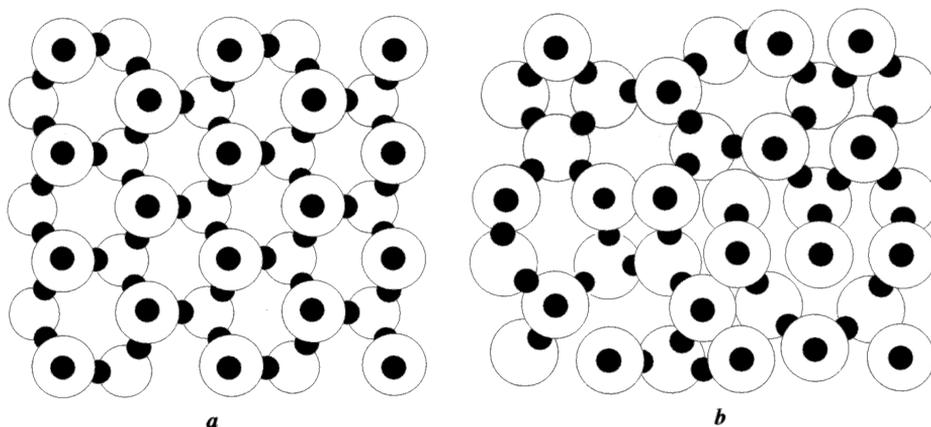


Figura 3.14: **(a)** estrutura do gelo; **(b)** estrutura da água. Nota-se que na água líquida as moléculas estão mais compactas o que resulta em densidade maior.

for adubada adequadamente, pode tornar-se imprestável para o plantio em trinta anos.

A presença da água no solo também deve ser adequada para que se torne bom para o plantio de uma determinada cultura. Se muito seco, ele impossibilita o crescimento dos vegetais, que precisam da água para se desenvolver. Por outro lado, um solo muito encharcado também não é adequado, pois o excesso de água pode apodrecer as raízes das plantas, atrapalhando seu crescimento e dificultando o trabalho de plantio e colheita.

MICROBIOLOGIA DO SOLO

O solo é definido como sendo a região da crosta terrestre onde a biologia e a geologia coexistem. De um ponto de vista funcional, o solo pode ser considerado como a porção superficial da Terra que proporciona substrato à vida vegetal e animal. As características do ambiente do solo variam com o local e o clima. Diferem em profundi-

dade, propriedades físicas, composição química e origem. Assim, qualquer controle químico de pragas deve levar em consideração a atividade biológica do solo e os riscos a que são expostos os delicados equilíbrios do ecossistema. Ao introduzimos pesticidas nas lavouras, questões como a degradabilidade do agente ativo, ação sobre microrganismos fixadores de nitrogênio ou decompositores de matéria orgânica, contaminação do lençol freático ou de rios e lagos devem ser levadas em consideração para que o preço de um benefício não seja tão alto quanto o comprometimento da qualidade de vida.

A interação dos microrganismos existentes no interior do solo com os demais seres que habitam a superfície, o ar e a água normalmente não é conhecida do agricultor que, não raramente, considera toda forma de vida do solo como sendo uma praga que deve ser exterminada em benefício de uma maior produtividade. A tabela ?? apresenta a produção de microrganismos em um solo agrí-

Tabela 3.3: Tipos de solo

Solo	Características	Tipo de composição
Terra roxa	Cor vermelha. Boa para agricultura	Abundância em ferro.
Orgânico	Cor preta, excelente para agricultura	Abundância em humus (material orgânico produto da decomposição de restos de seres vivos).
Arenoso-argiloso	Solo com características intermediárias entre o arenoso e argiloso	Mistura de argila e quartzo (areia).
Arenoso	Água penetra facilmente. Não é tão bom para agricultura quanto a terra roxa.	Rico em areia.
Argiloso	Pode ser utilizado para a agricultura e também para fabricar telhas, tijolos e objetos de cerâmica (solos de áreas de várzea).	Rico em argila.
Laterítico	Duro, impermeável. Não é bom para a agricultura.	Apresenta alto teor de ferro e alumínio, formando placas contínuas.

cola fértil.

Considerando a grande variedade de microrganismos e as grandes diferenças existentes entre ambientes de uma pequena área de solo, torna-se praticamente impossível precisar a população total de um solo fértil e toda a relação ecológica existente no meio.

Os principais organismos existentes no solo são:

Bactérias — A população de bactérias excede a população de todos os outros grupos de microrganismos, tanto em número quanto em variedade, que compreende as autotróficas e heterotróficas; as mesófilas, termófilas e psicrófilas; as aeróbicas e anaeróbicas, capazes de digerir a celulose e de oxidar

o enxofre; e as fixadoras de nitrogênio e proteolíticas.

Fungos — Diversas espécies de fungos habitam o solo, sendo mais abundantes nas proximidades da superfície, onde prevalecem as condições de aerobiose. Existem tanto sob a forma de micélios como sob a de esporos. Uma vez que o crescimento fúngico pode iniciar-se a partir de um esporo ou de um fragmento de micélio, torna-se difícil precisar o número desses organismos no solo. Os fungos são ativos na decomposição dos principais constituintes dos vegetais, especialmente da celulose, lignina e pectina.

Algas — Os tipos principais são representados pelas algas verdes, algas azul-verdes e as diatomáceas. Por realizarem fotossíntese, as algas predominam na superfície do solo ou nas regiões imediatamente abaixo da superfície. Em um solo fértil, as atividades bioquímicas das algas são diminuídas pelas desenvolvidas por bactérias e fungos.

Protozoários — A maior parte dos protozoários do solo pertence ao grupo dos

flagelados e das amebas. Os protozoários desempenham papel importante no equilíbrio das populações de bactérias, uma vez que estas constituem a base alimento dos protozoários.

Vírus — Ocorre no solo a presença de vírus bacterianos (bacteriófagos), assim como vírus de alguns vegetais e de animais. Os bacteriófagos assim como os protozoários, exercem o controle da população das bactérias no solo.

Tabela 3.4: Produção de microorganismos em solo agrícola fértil

Tipo ^a	Número por grama de solo
Bactérias	
Contagem direta	2.500.000.000
Diluição em placa	15.000.000
Actinomicetos	700.000
Fungos	400.000
Algas	50.000
Protozoários	30.000

a. Fonte: A. Burges. *Microorganism in the soil*. Londres: Hutchenson, 1958

DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

OBJETIVOS

Levantar as concepções prévias dos alunos a respeito da composição da matéria através de questões-problema que permitam a discussão e o intercâmbio de ideias entre os próprios alunos e entre os alunos e o professor.

A partir das ideias levantadas, trabalhar os **conceitos** levando em conta os seguintes critérios:

- a matéria é constituída de átomos e moléculas;
- a matéria ocupa lugar no espaço;
- a matéria não é contínua, isto é, apresenta espaços vazios;
- o ar se encontra dissolvido na água e no solo;
- a água se encontra dissolvida no ar e no solo;
- o vapor de água presente no ar se condensa a baixas temperaturas;
- o modelo corpuscular da matéria serve para explicar as diferenças entre os estados físicos.

Introduzir o conceito de **pressão atmosférica**, levando em conta que:

- a atmosfera exerce pressão em todos os lados do corpo, inclusive de baixo para cima;
- a força de gravidade é o que nos mantém presos à superfície da Terra, e não o peso do ar sobre nós;
- que a água exerce nos corpos, nela submersos total ou parcialmente, uma força de baixo para cima denominada empuxo;
- a rigor, na presença do ar, devido ao empuxo, um corpo fica um pouquinho mais leve do que se fosse pesado no vácuo.

ATIVIDADE Nº 1

Observando o ambiente

O professor poderá iniciar o assunto, levando os alunos para as cercanias da escola, no pátio, por exemplo. Lá, os alunos deverão observar o ambiente (como as coisas se apresentam). Poderá, solicitar aos alunos que recolham alguns objetos como folhas, papel, solo, latinhas de refrigerante, além de um pouco de água e um pouco de ar do pátio (para realizar esta tarefa, eles necessitarão de uma vasilha e de um saco plástico). Em sala de aula, os alunos deverão estabelecer, com o auxílio do professor, critérios para diferenciar materiais nos estados sólido, líquido e gasoso. Para ser considerado sólido, quais as propriedades que um material deve possuir? E para ser considerado líquido? E gasoso?

ATIVIDADE Nº 2

A existência do ar

O(a) professor(a) poderá iniciar a aula sobre o ar mostrando aos alunos um copo de vidro transparente e questionar se o copo está ou não vazio. Deverá, então, solicitar aos alunos sugestões de como verificar se o copo está ou não vazio, ou seja, como podemos evidenciar a presença de ar dentro do copo. O experimento mais simples seria o de emborcar o copo de boca para baixo em água, verificando a saída de bolhas de ar.

Depois dessa primeira discussão sobre a existência do ar, o(a) professor(a) pode verificar as ideias dos alunos sobre o fato do ar existir mas ser invisível. Por que será que ele é invisível? Há espaços vazios no ar? Utilizando uma seringa descartável de 5 mL (pode ser a seringa de 5 mL utilizada no kit Ar 2 — *Expansão e Contração Térmicas e Elásticas do Ar*, da Experimentoteca), comprima o êmbolo até a marca de 4 mL. Como podemos comprimir o ar? Anote na lousa as ideias dos alunos. Peça aos alunos que desenhem a situação em que o ar está comprimido. Uma sugestão é conduzir as discussões como fizeram Nussbaum e Novick⁶, em sua pesquisa sobre modelo de partículas para gases, relatada anteriormente. Na séries mais avançadas, como por exemplo, na 8ª série, o professor pode explorar a relação entre modelos atômicos e a constituição do ar.

É comum os alunos apresentarem uma ideia contínua de matéria, por isso, é interessante o(a) professor(a) discutir com eles a ideia de vazio ou de vácuo. O homem reluta à ideia do nada, do vazio (ver o histórico apresentado no item “A pressão atmosférica”).

A seguir, utilizando-se o kit Ar 1 — *Existência do Ar*, da Experimentoteca, o(a) professor(a) pode discutir com os alunos o fato do ar, mesmo tendo moléculas muito afastadas umas das outras e espaços vazios entre essas moléculas, ocupar espaço, por ser constituído de matéria. Observa-se, através do experimento, que o ar vai deixando o erlenmeyer à medida que água vai entrando pelo funil. Enquanto o dedo está tampando a saída do ar, a água não entra, pois o ar está ocupando todo o volume do erlenmeyer, além das pressões do ar no funil e dentro do erlenmeyer serem iguais.

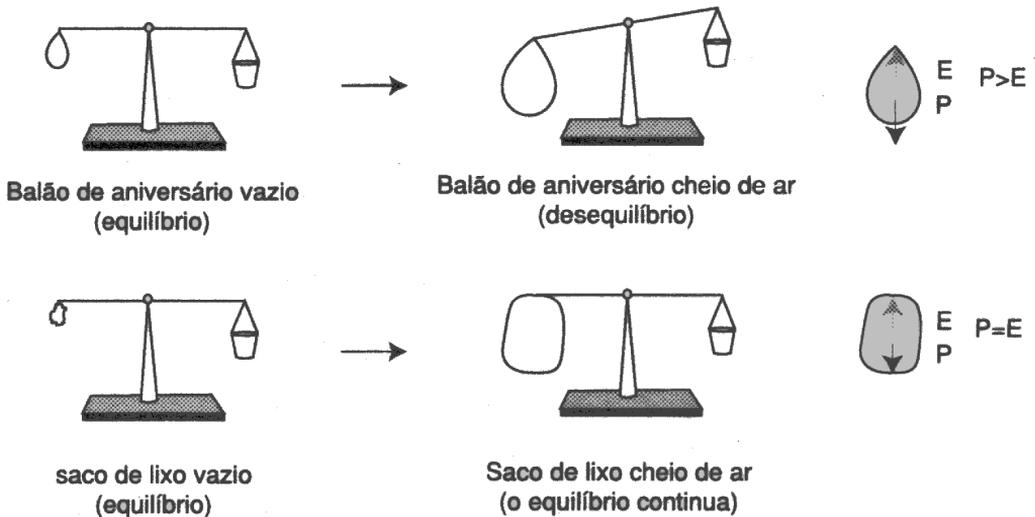
ATIVIDADE Nº 3

O ar tem peso?

É comum os alunos acreditarem na existência do ar, principalmente, por causa dos ventos, porém, como ele é formado por partículas invisíveis, não consideram que possa ter peso, ao contrário, acreditam que alguma coisa cheia de ar fim até mais leve do que o normal.

Para verificarmos que o ar tem peso podemos, numa balança de braços, colocar de um lado, um balão de aniversário vazio e de outro um copinho de plástico. O equilíbrio pode ser alcançado colocando-se areia no copinho de plástico. A seguir, enchemos o balão de ar e tomamos o cuidado em recolocá-lo no lugar em que estava anteriormente. A balança se inclinará para o lado do balão cheio de ar. Este fato demonstra que o ar pesa.

Entretanto, se substituirmos o balão de aniversário por um saco plástico de lixo pequeno (não elástico) como sugere Serafini⁷ e repetirmos a experiência, vamos verificar que a balança não se inclina para o lado do saco cheio de ar. Neste caso, o ar não tem peso?



O que ocorre é que no saco de lixo, o peso do ar é equilibrado pelo empuxo, isto é, pela força que recebe de baixo para cima, devido ao aumento de volume. O empuxo é uma força igual ao peso do volume de fluido deslocado. No nosso caso, o fluido é o ar. Então, apesar do saco ficar mais pesado com a presença do ar dentro dele, vai passar a receber do ar exterior uma nova força de baixo para cima equilibrando-o, o que faz com que a balança continue em equilíbrio.

No caso do saco de lixo cheio de ar, a densidade do ar dentro é igual a do ar exterior, portanto:

Peso do ar do seu interior = Empuxo (Resultante — vertical e para cima — das forças que o ar exterior faz no saco de lixo)

No caso do balão de aniversário, por ser elástico, vai receber uma quantidade de ar muito maior do que o saco de lixo. O ar (comprimido) no seu interior está com maior pressão do que o de fora e, portanto, suas densidades são diferentes. O peso do ar interno é maior do que o empuxo que o balão recebe, portanto a balança pende para o lado do balão.

No caso do balão de aniversário cheio de ar, a densidade do ar dentro é maior do que do ar exterior, portanto:

Peso do ar no seu interior > Empuxo (Resultante — vertical e para cima — das forças que o ar exterior faz no balão)

Serafini⁷ chama a atenção para o cuidado que se deve ter na escolha da experiência adequada. No caso específico desta experiência que comprova que o ar tem peso, o autor sugere que ao invés de balão de aniversário é preferível trabalhar com uma bola com câmara pouco cheia e com outra muito cheia, prestando atenção para que não haja praticamente qualquer mudança de volume entre elas. A diferença de pesos será notada, permitindo assim a comprovação de que o ar tem peso.

ATIVIDADE Nº 4

Experimentando a pressão atmosférica

O(a) professor(a) poderá, como sugestão, estar iniciando o assunto, solicitando dos alunos que desenhem, utilizando pequenas flechas, como imaginam a atuação da pressão atmosférica em nosso corpo. É comum, mesmo em livros de Ciências, a representação da pressão atmosférica como uma grande força que nos empurra para baixo. Há livros que trazem a figura de um grande peso colocado na cabeça de uma pessoa para indicar a ação da pressão atmosférica, o que não está correto.

A pressão só age de cima para baixo? Questione os alunos a partir dos seus desenhos. A seguir, o(a) professor(a) poderá estar realizando o seguinte experimento. Peça para eles fixarem um desentupidor de pia do kit Ar 5 — *Pressão atmosférica-B*, da Experimentoteca, inicialmente sobre uma mesa. Por que os desentupidores ficam como que “grudados” sobre a mesa? Questione os alunos, anotando as suas respostas. A seguir peça a eles que tentem fixar o desentupidor em outros lugares e em outras posições, inclusive sob o tampo da mesa. Se a ideia predominante for de que a pressão age de cima para baixo, questione-os como é possível o desentupidor ficar em equilíbrio na posição sob a mesa. A pressão age também de baixo para cima, ou seja, de todos os lados!

A seguir, o(a) professora) poderá estar realizando os experimentos dos kits Ar 4 e 5 da Experimentoteca, que tratam da pressão atmosférica.

ATIVIDADE Nº 5

Empuxo da água

O(a) professor(a) poderá iniciar a abordagem do tema empuxo perguntando aos alunos por que razão alguns objetos afundam e outros flutuam. Para responder a esta questão, o(a) professor(a) poderá realizar os experimentos apresentados a seguir, buscando sempre conhecer e considerar as ideias dos alunos.

Utilizando os materiais do kit Água 3 — *Flutuação e empuxo*, da Experimentoteca, acrescidos de outros que estiverem disponíveis, tais como moedas, clips, borracha, pedaços de isopor e gelo, peça aos alunos para identificarem, sem colocar na água, os materiais que eles consideram que afundam ou que flutuam, explicando o porquê.

A seguir o(a) professor(a) poderá pedir a eles que verifiquem se as previsões estavam corretas, mergulhando os materiais na água. Com exceção do caso de objetos feitos de aroeira, uma madeira muito densa, os alunos em geral acertam as previsões, dizendo que os corpos leves flutuam e os pesados, afundam. O professor pode aproveitar o momento para perguntar se corpos feitos de metal sempre afundam. Muitos alunos, a partir do trabalho prático realizado com moedas, clips e outros objetos de metal, afirmam que sim. Pergunte então, por que será que um navio, feito de aço, não afunda. Afinal, o que faz com que um corpo, feito de um material muito mais denso do que a água, flutue e não afunde?

Utilizando massinha de modelar, peça aos alunos que façam vários objetos, verificando a seguir se afundam ou não. Será que há uma forma que flutua? Em geral, sempre há alunos que modelam objetos em forma de barco. Por que será que um objeto em forma de barco flutua e um outro, de mesma massa e de mesmo peso, afunda? Então, para um corpo flutuar depende não só dele ser leve ou pesado, mas também da sua forma. Com o aumento de seu volume, diminui a sua densidade. Observe que estamos falando da densidade média do corpo e não da densidade, ou massa específica do material com que é feito o corpo.

Seguindo essa mesma linha, peça aos alunos que façam com a massinha de modelar uma bolinha maciça e a prendam com um barbante, suspendendo-a pelo dinamômetro (que pode ser encontrado no kit Física 2 — *Máquinas simples*, da Experimentoteca) e anotando o seu peso. Será que na água a bolinha tem o seu peso alterado? A seguir, peça a eles que a mergulhem na água, medindo novamente o peso. Por que será que são diferentes? Peça aos alunos para emitirem as suas ideias sobre o fato. E no caso da bolinha ser feita de tal forma que o seu centro fique cheio de ar, isto é, se a bolinha for oca o que deve ocorrer? Peça a eles que repitam o experimento analisando os resultados encontrados nos dois casos.

Deverão observar que a água exerce uma força de baixo para cima em todos os corpos, sejam eles leves, pesados, maciços ou ocos. Porém, essa força será tanto maior quanto maior o volume do corpo, pois o empuxo é determinado pelo peso do volume do fluido (água ou ar) deslocado pelo corpo. É justamente por isso que um navio não afunda. Ao deslocar um volume imenso de água, a força que a água fará de baixo para cima será igual ao peso da água deslocada; ou ainda: à medida que aumentamos o volume de um corpo, diminuimos a sua densidade, e um corpo menos denso que o líquido em que se encontra sempre flutua.

Observe que não é a área em contato com a água que determina se o corpo afunda ou flutua, mas o volume deslocado pelo corpo. Isso pode ser demonstrado fazendo-se uma placa retangular com a massinha de isopor. A área de contato com a água é grande, porém o volume de água deslocado é pequeno, então ela afunda.

O valor do empuxo tem relação com a densidade do líquido? Por que será que um navio flutua melhor em água salgada do que em água doce? Ou ainda: por que será que é mais fácil nadar no mar do que em uma piscina?

O experimento anterior, realizado com a bolinha maciça feita de massinha de modelar, pode ser repetido mergulhando a bolinha em uma água bem salgada. Peça aos alunos que observem os resultados obtidos com a água da torneira e com a água salgada. É claro que, se o empuxo é igual ao peso do volume de líquido deslocado, quanto mais denso for esse líquido, maior será o empuxo, isto é, maior a força com que o corpo será empurrado para cima pela água.

Através dos experimentos realizados pode-se observar que o empuxo depende do volume do fluido deslocado pelo corpo e da densidade do fluido. Por isso é que o empuxo do ar geralmente é desprezível quando estamos medindo a massa ou o peso de um corpo; isto é, devido à baixa densidade do ar, o valor do empuxo é muito pequeno. No caso de um balão, o empuxo é grande porque o volume deslocado é grande e a densidade média do balão é menor do que a densidade do ar. Se a densidade do balão é menor que a do ar, ele não deveria continuar ininterruptamente a subir? Como a densidade do ar diminui com a altura, o valor do empuxo também diminui à medida que o balão sobe. É por isso que a uma determinada altura o balão atinge uma posição de equilíbrio.

ATIVIDADE Nº 6

A presença do ar na água e no solo

Continuando a questionar os alunos, o(a) professor(a) pode perguntar a eles se a água que entrou no erlenmeyer (da atividade número 2) contém ar ou não. O mesmo debate sobre como os alunos imaginam o ar deverá ser feito com a água. A água contém espaços vazios? Contém ar dissolvido? Como os peixes respiram? Por que será que em aquários há um tubo que, acionado por um motorzinho, faz com que o ar penetre e borbulhe na água? Por que em aquários em que não há o motor, há plantas aquáticas? Anotar na lousa as respostas dos alunos e promover um debate com a classe sobre a importância que tem para os peixes o ar dissolvido na água. É comum os alunos imaginarem que os peixes retiram da molécula de água o oxigênio de que necessitam!

Quem não tem prática em lidar com peixes e aquários muitas vezes, por desconhecimento, acaba matando os peixes quando coloca muita comida e/ou ração na água. O desenvolvimento de bactérias acarreta um aumento do consumo de oxigênio da água do aquário, fazendo com que os peixes morram por asfixia.

E o solo, apresenta ar dissolvido? Solicite aos alunos que encham um copo com terra e apertem a terra para o fundo com uma colher. A seguir, coloca-se sobre a terra um pouco de

água. Peça aos alunos que observem o que acontece. Qual a conclusão a que eles chegam? Discuta com eles como as minhocas podem respirar dentro do solo.

ATIVIDADE Nº 7

Os espaços vazios da água

A partir de uma demonstração bastante simples, o(a) professor(a) poderá promover uma discussão entre os estudantes a respeito da possibilidade de existirem espaços vazios dentro da água. Essa demonstração consiste em medir, da forma mais precisa possível, uma proveta com 50 cm^3 de água e outra com 50 cm^3 de álcool. Aos alunos poderia ser colocada a seguinte questão: se misturarmos estas duas amostras líquidas, qual será o volume total da mistura? Eles provavelmente dirão ser óbvio que o volume da mistura será de 100 cm^3 . Contudo, ao efetuar a mistura eles poderão observar que ocorre uma contração de volume, ou seja, o volume da mistura é menor que 100 cm^3 .

O(a) professor(a) pode explorar essa situação e pedir aos alunos que desenhem representações do que eles imaginam que tenha acontecido com a água e o álcool na mistura. Todavia, é necessário ter-se clareza sobre o seguinte: o fato de ter acontecido a contração de volume não é explicado apenas pela existência de espaços vazios entre as partículas que constituem a mistura, mas também pela interação entre o álcool e a água através de pontes de hidrogênio. Contudo, essa interação pode não ser explorada se o grupo de estudantes deixar de levantar tal possibilidade. A oportunidade é bastante adequada para se discutir a existência de espaços vazios na matéria.

Pode ser promovida uma discussão a partir dos modelos desenhados nos moldes da pesquisa relatada por Nussbaum e Novick⁶ (ver item “Estados físicos e constituição da matéria na visão de estudantes”).

ATIVIDADE Nº 8

Estados físicos da água¹

A Experimentoteca apresenta um kit com esse título que pode ser utilizado para explorar as concepções prévias que os alunos tenham sobre os estados físicos da água. Ao observar a fusão do gelo e depois a fervura da água, o(a) professor(a) pode levantar as ideias do grupo, através das questões do roteiro: o gelo derrete mais rápido ou não ao receber mais calor? ; por que ocorre a diminuição do nível da água durante a fervura? ; como podemos explicar a umidade da superfície em contato com o vapor, ao encostar o vidro de relógio no vapor, provocando a condensação?

Essas questões podem apresentar respostas parecidas com aquelas verificadas na revisão bibliográfica de Andersson¹, já citada nm capítulo, e, a partir, delas é possível conduzir-se

¹kit Água 1 — *Estados Físicos da Água*, da Experimentoteca.

a discussão de tal modo que as concepções do tipo *desaparecimento* ou *deslocamento* possam ser desestabilizadas.

ATIVIDADE Nº 9

Decomposição do solo²

Esse kit da Experimentoteca pode ser utilizado para explorar com os alunos o fato de, no ambiente, a matéria se apresentar como misturas de substâncias em diferentes estados físicos. Assim, ao aquecer um pouco de terra e colocando o vidro de relógio próximo a ela, os alunos podem perceber a formação de pequenas gotas de água, o que evidencia a presença de água no solo.

Ao continuar o aquecimento, os vapores mudam de cor, mostrando a produção de outros gases diferentes. Essa produção de gases ocorre por causa da decomposição térmica de substâncias orgânicas presentes no solo.

O roteiro que acompanha este kit traz questões muito específicas a respeito da composição do solo, requerendo intervenções do(a) professor(a), já que parece impossível o(a) aluno(a) saber de antemão qual é, por exemplo, o componente que ao reagir com ácido produz um pequeno “chiado”, como consta no texto.

Como não estamos propondo que o(a)s aluno(a)s se envolva(m) num processo de aprendizagem por redescoberta de conceitos, o(a) professor(a) precisa mediar na elaboração das respostas, oferecendo outras informações e exemplos. Assim, por exemplo, no caso da reação entre carbonatos e ácidos, ele pode previamente mostrar aos alunos outros materiais, como um pedaço de mármore, que contém carbonatos, e seu comportamento em meio ácido. A partir daí, o item 4 do roteiro pode ser realizado e, então, a pergunta “Que elemento é esse que reage com o ácido?” passa a fazer mais sentido.

Outro ponto importante a ser levantado a respeito deste roteiro é o emprego da palavra elemento na questão citada acima. Em Química, a palavra “elemento” está relacionada com o conceito de *elemento químico que seria um conjunto de átomos com características específicas com um determinado número atômico*. Acontece que *elemento*, como está empregado no roteiro deste kit, não tem tal significado químico, ou seja, aí o seu sentido seria de componente, já que o carbonato não é um elemento, mas sim um conjunto de dois elementos químicos envolvendo quatro átomos: CO_3 .

²kit Solo 4 — *Decomposição do Solo*, da Experimentoteca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ANDERSSON, B. Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12–16). *Studies in Science Education*. 1990.
02. BASSALO, J. M. F. Nascimento da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 18, nº 2. Sociedade Brasileira de Física, junho, 1996.
03. DRIVER, R., GUESNER, E. & TIBERGHIEN, A. (orgs.). Mas allá de las apariencias: la conservación de la materia em las transformaciones físicas y químicas. In: *Ideas Científicas en la Infancia y Adolescencia*. Madrid: Ediciones Morata, 1989.
04. KIAULEHN, W. *Die Eisemen Engel — Geburt, Geschichte und Macht der Maschinen* (Os Anjos de Ferro — nascimento, história e poder das máquinas). Berlin: Ullstein, 1935.
05. MORTIMER, E. F. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. São Paulo, 1994. (Tese de doutorado- USP)
06. NUSSBAUM, J. & NOVICK, S. Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study. *School Science Review*, 62 (221), 1989.
07. SERAFINI, G. As inquietações de Sr. K. sobre o rigorismo dos conteúdos escolares. In: WEISSMANN, H. (org.); trad. Beatriz Affonso Neves. *Didática das Ciências Naturais: Contribuições e Reflexões*. Porto Alegre: Artmed, 1998.v

PARTE QUATRO

A decorative dotted line consisting of 30 dots in a horizontal row, followed by 10 dots in a vertical column on the right side, forming an L-shape.

FENÔMENOS RELACIONADOS COM O CICLO ENERGÉTICO

DIETRICH SCHIEL

HILDA B. U. PERUZZI

LUIZ HENRIQUE FERREIRA

MARIA GUIOMAR CARNEIRO TOMAZZELO

MARIA INÊS FREITAS PETRUCCI DOS SANTOS ROSA

MARILZA G. GAZZETTA

YARA LYGIA NOGUEIRA SAES CERRI

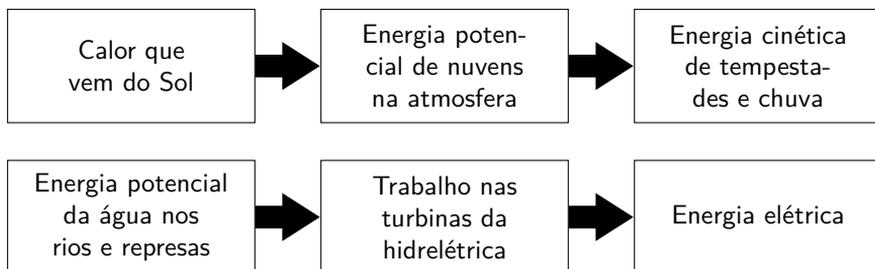
CONSIDERAÇÕES GERAIS

Há muitos movimentos naturais na natureza, mas, para o ser humano, aqueles que ocorrem com frequência e em ciclos têm importância especial. Toda vez que o homem usa **energia**, está aproveitando processos naturais, como a fotossíntese e o movimento do ar e da água. Nessas situações, acontece sempre armazenamento de energia ou produção de movimentos.

A **transferência de calor** (kit Física 5 — *Transferência de Calor*, da Experimentoteca) é uma das formas mais comuns de transportar energia. O calor se propaga por convecção, condução e radiação, que constituem vias de transporte de energia. Porém, a radiação é considerada a mais interessante para o homem, já que, por ela, a energia do Sol é transferida à Terra. A radiação se dá por meio de ondas eletromagnéticas e, conforme o comprimento dessas ondas, têm-se a radiação de micro-ondas (radar e fornos de micro-ondas) ou a infravermelha (calor irradiado por um ferro de passar roupa ou pelo Sol). Encurtando as ondas, chegamos à luz visível, espécie de radiação que impressiona a nossa visão.

No Sol, a energia térmica é gerada por processos nucleares, semelhantes aos usados nas bombas de hidrogênio. O calor irradia-se a partir desta estrela em todas as direções e atinge a Terra, podendo aqui ocorrer um número muito grande de processos pelos quais são obtidas outras formas de energia, todas importantes para os fenômenos presentes em nosso ambiente:

1. A energia solar aquece o ar, que se expande e **sobe em meio ao ar frio** (kit Ar 3 — *O Ar Quente Sobe no Meio do Ar Frio*, da Experimentoteca). Com isso, é aumentada a energia cinética do ar em movimento.
2. A energia solar transforma o **estado físico da água** (Experimentoteca Ag 1) de líquido para vapor. A água dos mares, por exemplo, atinge grandes alturas e forma as nuvens, nas quais a energia potencial da água é maior do que quando ela encontrava-se no mar. Desse modo, a energia solar garante a formação das chuvas, vitais para a existência de vida na Terra.
3. A energia potencial da água dos rios pode ser usada pela tecnologia para a geração de energia elétrica.
4. A energia solar gera processos vitais, originando produtos vegetais que podem servir de fonte de energia para o nosso organismo ou, como no caso da lenha e do álcool, para processos de aquecimento. O curioso desse aspecto é que dispomos não só da energia fornecida hoje pelo Sol, mas também daquela que ele irradiou há milhões de anos. Exemplo disso é o petróleo — uma das principais fontes de energia em nossos dias — que resulta do apodrecimento de vegetais e animais que viviam àquela época.



IDEIAS DOS ALUNOS SOBRE FENÔMENOS CÍCLICOS

Citamos I. A. do Amaral¹, que trata a influência das pré-concepções sobre o ciclo da água. Nesse trabalho, o autor menciona manifestações de alunos que podem surgir em sala de aula acerca das chuvas:

- as chuvas fortes só atrapalham as nossas vidas;
- a inundação na cidade ocorre porque há poucos bueiros, geralmente entupidos;
- chove por causa das nuvens escuras;
- se chover muito e não despejarmos mais esgoto no Rio Tietê, ele poderá se recuperar novamente;
- chove porque a água precisa percorrer seu ciclo.

Cada uma dessas manifestações traz concepções de ambiente, da ação do homem e, especificamente, do ciclo da água. Revelam, entre outros aspectos, o senso comum fragmentado (“Chove por causa das nuvens escuras”), a visão antropocêntrica do ambiente (“As chuvas fortes só atrapalham nossas vidas”) e a tentativa de explicação dos fenômenos por meio das aparências (“A inundação

na cidade ocorre porque há poucos bueiros, geralmente entupidos”).

Na tentativa de superar essa problemática, reiteramos a necessidade de um ensino não fragmentado e contextualizado na vida dos estudantes. Ao levantar previamente as concepções sobre o ciclo da água, o professor deve reunir uma lista de questões que evidenciam as características dos pensamentos dos alunos que norteiem o plano de ensino. Por fim, Amaral¹ apresenta alguns caminhos metodológicos com base no exame das revelações dos estudantes, na medida em que:

- absorver e problematizar o cotidiano da cidade e dos alunos em particular;
- abrir a questão para os diversos campos da Ciências Naturais;
- inserir os aspectos socioeconômicos;
- inserir explicitamente a problemática ambiental e tratar o ambiente tanto do ponto de vista natural quanto artificial;
- provocar comparações entre o conhecimento científico e outras formas de conhecimento;
- permitir avaliação das vantagens e desvantagens dos conhecimentos científicos e tecnológicos e respectivos papéis na sociedade moderna;

- deixar em aberto a possibilidade de diferentes modalidades didáticas;
- abrir a possibilidade de retorno crítico à realidade cotidiana dos alunos.

O CICLO DO AR

A forma esférica da Terra determina uma distribuição desigual da quantidade de energia radiante que a ela chega proveniente do Sol. Isso porque, quanto mais alta a latitude, maior a área da superfície terrestre sobre a qual os raios solares se distribuem.

Outro fator que contribui para o aquecimento **não homogêneo** do planeta é o fato de alguns materiais esquentarem com mais facilidade do que outros. Se determinada massa de ar se aquece mais do que outras ao seu redor, ela se expande, ocupando um volume maior. Com isso, fica menos densa e tende a subir, afastando-se do solo. Esse movimento vertical da massa de ar quente é acompanhado do movimento horizontal de outras massas de ar mais frias, que preenchem o lugar da primeira, dando origem aos ventos, que podem movimentar barcos à vela e cata-ventos. É a energia do Sol transformada em outro tipo de energia.

Os ciclos atmosféricos podem ser diários ou anuais. As brisas marinhas são um bom exemplo de ciclo diário. Durante o dia, a areia se aquece mais rapidamente do que a água. Consequentemente, o ar sobre a areia se expande e sobe. O ar sobre o mar — mais frio — ocupa o lugar do ar que subiu. Por isso, durante o dia a brisa marinha se dá no sentido do mar para a praia. À noite, porém o processo é inverso. Sem os raios solares a areia se esfria mais rapidamente do que a água do mar. O ar sobre o mar se expande e o ar que estava sobre a areia — mais frio —

tende a preencher o lugar do ar quente que subiu. A brisa noturna acontece, então, da praia em direção ao mar. Já os ciclos anuais são movimentos do ar que coincidem com as estações do ano.

Os ventos são, portanto, uma consequência do aquecimento diferenciado do planeta. Em 1686, o astrônomo inglês Edmund Halley relacionou a circulação geral da atmosfera com a distribuição heterogênea da radiação solar. Ele sugeriu que os ventos alísios — ventos persistentes que sopram, sobretudo na atmosfera inferior, em direção às regiões equatoriais — eram causados pela ascensão de ar aquecido perto do Equador, onde o calor solar é maior. Mas, embora tenha descoberto a causa dos ventos, Halley não conseguia explicar satisfatoriamente a sua direção. Devido ao movimento de rotação da Terra, as correntes oceânicas e as massas de ar em movimento tendem a se curvar em direção anti-horária no hemisfério norte e, no sul, em direção horária.

Esses movimentos são provocados pelas forças de Coriolis, particularmente importantes para o entendimento dos movimentos da atmosfera. Gaspard Coriolis, físico francês, foi o primeiro a explicar matematicamente, em 1835, o efeito da rotação da Terra sobre os ventos. Se não fossem as forças de Coriolis, os ventos soprariam radialmente para os centros de baixa pressão (fig. 4.1). Graças a elas, os ciclones assumem uma configuração que gira no sentido horário no hemisfério sul e, no sentido anti-horário no hemisfério norte.

A pressão na superfície é praticamente constante em toda a Terra. A uma determinada altitude, a pressão está relacionada à temperatura. Assim, nas regiões quentes do globo a pressão a alguns quilômetros de altura é mais elevada do que nas áreas mais

frias. Essas variações de pressão determinam o movimento dos ventos. O ar em movimento — relacionado, por sua vez, à pressão — transporta calor e umidade.

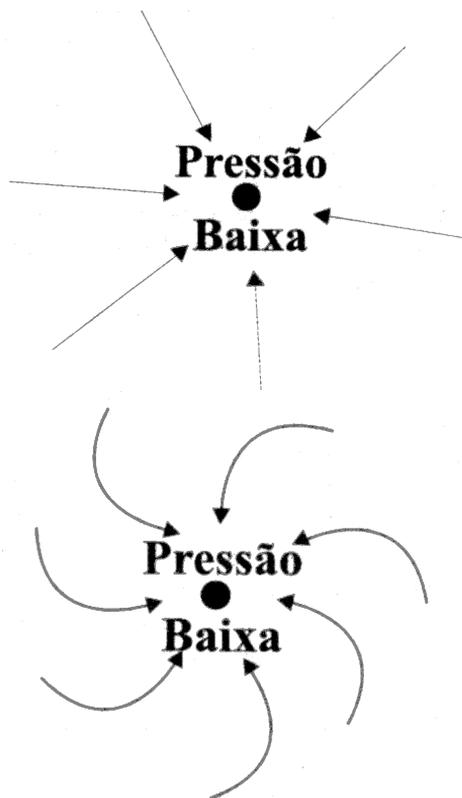


Figura 4.1: **(a)** Os ventos soprariam radialmente para os centros de baixa pressão se não fossem as forças de Coriolis. **(b)** Graças a elas, os ventos assumem uma configuração que gira no sentido horário (visto de cima) no hemisfério sul e, no sentido anti-horário, no hemisfério norte.

O CICLO DA ÁGUA

Na mitologia grega, algumas figuras representam imagens de deuses que carregam grandes jarros, derramando água em pequenos vales, formando os rios. Essas figuras simbolizam crenças antigas de que no interior da Terra existiriam imensos depósitos de água, escoando através dos rios para os oceanos, que assim manteriam o seu nível. Tais noções, hoje comprovadamente absurdas, foram refutadas pela primeira vez por Aristóteles. Ele argumentava que, se a Terra possuísse essas reservatórios internos, o volume total do planeta não seria suficiente para conter toda a água necessária à manutenção de rios, lagos e oceanos. Desse modo, no século III a.C., ele levantou a seguinte hipótese:

(...) as regiões montanhosas e elevadas semelhantes a uma esponja de poros reduzidos filtram a água e a destilam, gota a gota, em uma infinidade de pontos. Pois recebem uma grande quantidade de chuva que cai e elas esfriam o vapor que se eleva e o condensam de novo em água. (Aristóteles, citado por Branco²)

Já naquela época, o filósofo grego contribuiu com a noção de ciclo da água que, simplificada, sugeria que “a mesma água” corre pelos rios, chega ao mar, evapora, precipita-se de novo na forma de chuva ou neve e, através da infiltração no solo, pode voltar aos rios. Porém, mesmo com a contribuição de Aristóteles, a ideia dos grandes reservatórios subterrâneos de água prevaleceu por muito tempo.

Foi somente no século XVII na França que Edme Mariotte e Claude

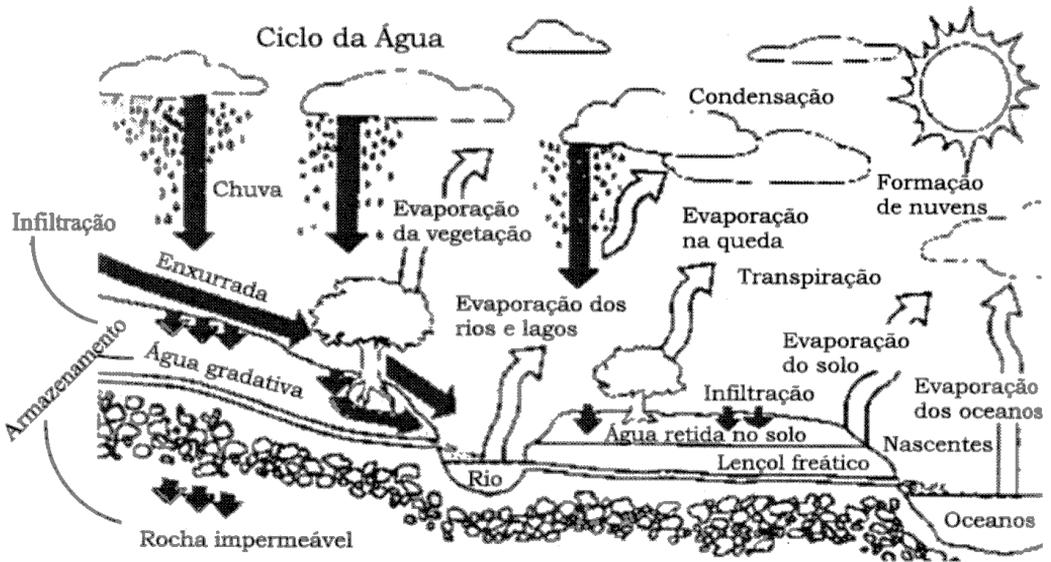


Figura 4.2: Ciclo da água.

Perrault, realizando medidas mais ou menos acuradas das precipitações pluviométricas e das vazões do Rio Sena, demonstraram que o volume das águas de chuva que caía sobre a bacia fluvial era comparável ao que escoava pelo rio durante o ano. (Branco², p. 27)

Por meio da evaporação e do escoamento, a água é reciclada continuamente entre os oceanos e continentes. Em seguida, é distribuída, na forma de precipitação, por rios, riachos e mananciais e armazenada em lagos, brejos, pântanos, lençóis subterrâneos, geleiras, nuvens e florestas.

Ao mesmo tempo que os raios do Sol evaporam a água, dão origem aos ventos, movimentando o ar. O ciclo da água depende do ciclo do ar, pois os ventos realizam parte do

trabalho de evaporação e também levam as nuvens para outros lugares. O ciclo da água deve-se também à força da gravidade, já que a água acumulada nas nuvens vem na direção do solo, atraída pela Terra.

O movimento das águas foi inicialmente utilizado para movimentar rodas de água e, hoje, seu ciclo é aproveitado nas hidroelétricas para gerar eletricidade.

O CICLO DO CARBONO A FOTOSÍNTESE

Os seres vivos são compostos por inúmeros elementos químicos, cada qual com um ciclo próprio. Entre eles, o carbono desempenha papel fundamental. O Sol participa da produção de alimentos por intermédio de organismos que contêm clorofila. A clorofila capta parte da energia do Sol e a utiliza para

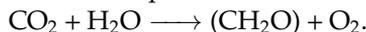
provocar reações químicas no interior das células, que transformam a água e o gás carbônico em açúcar e oxigênio. A glicose assim produzida é utilizada nas transformações estruturais das células e dos tecidos dos animais, valendo-se da queima nas células pelo processo de respiração celular. A glicose reage com o oxigênio, produzindo gás carbônico, água e energia. A fotossíntese nos organismos clorofilados e a respiração celular garantem a manutenção e a reprodução da vida dos animais e dos vegetais. O ciclo do carbono está contido nesse processo (IFUSP⁴).

Para responder à questão sobre como as plantas se alimentavam, os estudiosos buscavam, 300 anos atrás, uma similaridade com o processo verificado nos animais, que obtêm dos alimentos os nutrientes necessários à sobrevivência. Por isso, durante muito tempo acreditou-se que as plantas retiravam, igualmente, o seu alimento do solo. Só nos séculos XVII e XVIII, o assunto começou a ser melhor investigado. O primeiro pesquisador a fazê-lo foi o médico belga Van Helmont, que plantou um salgueiro em argila e, por cinco anos, “alimentou-o” só com água, concluindo então que o alimento provinha da água, e não do solo. No século XVIII, o químico inglês Priestley observou, estudando o fogo, que uma vela poderia ser queimada em um ambiente onde já houvesse ocorrido a queima de outra vela, desde que nele se colocasse um ramo de hortelã. Chegou a afirmar que a natureza restaurava o ar viciado através da vegetação, por deduzir que ela limpava e purificava a atmosfera (Haven³).

Ainda nesse período, o médico holandês Ingenhousz, inspirado nas ideias de Lavoisier sobre o estudo dos gases, afirmou que apenas as partes verdes das plantas restaurariam o ar; concluiu ele que o Sol sem as plantas não teria esse poder e as plantas, à

noite ou na sombra, contaminariam o ambiente, prejudicando os animais. E foi mais além, garantindo que a planta exposta ao Sol conseguiria retirar e armazenar apenas o carbono do dióxido de carbono, liberando o oxigênio.

Ainda com base nos princípios de Lavoisier, Saussure demonstrou que o carbono na matéria seca das plantas vem do dióxido de carbono e o restante, da água. Nessa época, foram identificados, como necessários à fotossíntese, o **dióxido de carbono**, a **água** e a **luz**, e sua fórmula pôde ser assim descrita:



Pensava-se que o dióxido de carbono ao se romper, através de reação com a água, liberava o oxigênio e cedia o carbono para a formação de carboidratos CH_2O . Somente em 1930 é que Van Niel propõe a tese de que a molécula de água, quando quebrada, liberava o oxigênio, o que acabou sendo demonstrado, anos mais tarde, por Hills.

Hoje sabemos que a fotossíntese é a utilização, pelas células vegetais, da energia solar para a biossíntese de componentes celulares. Nesse processo, a planta superior necessita de:

- **água**, absorvida do ambiente pelas raízes e transportada até as folhas mediante os vasos lenhosos;
- **dióxido de carbono**, que penetra principalmente pelas folhas, através de estruturas especializadas chamadas estômatos;
- **pigmentos**, sendo a clorofila o principal deles;
- **energia solar**, que desencadeia o processo, fornecendo a energia inicial.

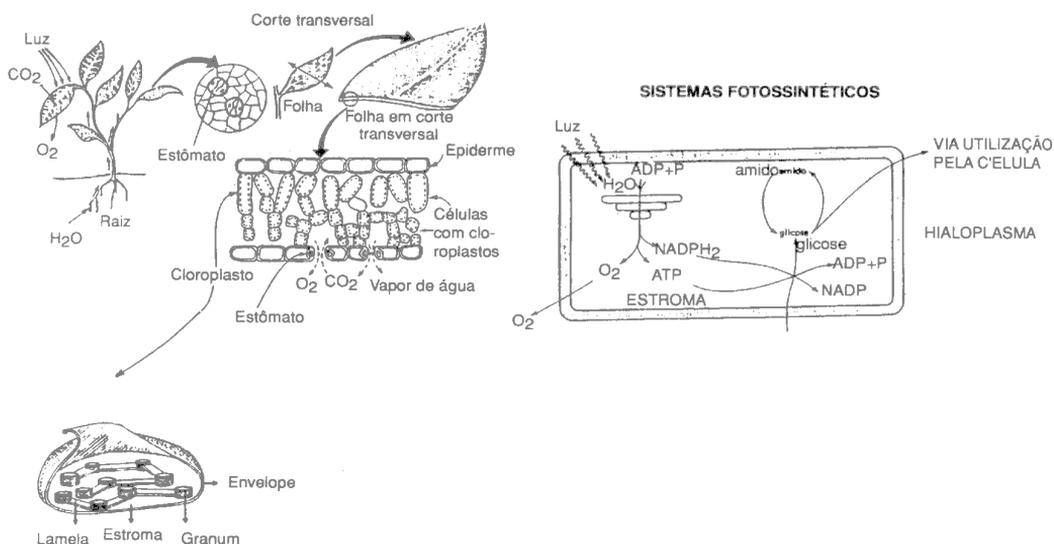
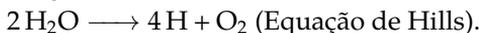


Figura 4.3: Esquema da folha e do cloroplasto em detalhes, mostrando as suas organizações.

Por ser um processo complexo, a fotossíntese pode ser dividida em duas fases.

Fotoquímica (reação de claro) — Essa primeira fase acontece na presença da luz solar, da qual provém a energia inicial captada pelos pigmentos fotorreceptores (clorofila), responsáveis pela quebra da molécula de água (fotólise), liberando o oxigênio e o hidrogênio:



O hidrogênio liberado une-se a uma substância receptora de hidrogênio, o NADP (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), formando o NADPH₂ (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato reduzido):



Ao mesmo tempo estão ocorrendo outras reações, como a fotofosforilação. A substância que sofre fotofosforilação é o ADP (adenosina difosfato), transformando-se em ATP

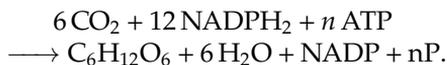
(adenosina trifosfato). Em suas ligações, o ATP armazena fosfato (grande quantidade de energia que pode ser utilizada para promover outras reações químicas):



Quando necessário, a molécula de ATP é hidrolisada (quebrada em presença de água), transformando-se em ADP e liberando fosfato e energia. Portanto, a etapa fotoquímica tem como produtos o **oxigênio**, o **NADPH₂** e o **ATP**.

Química (reações de escuro) — As reações dessa etapa não dependem da luz e a energia aqui é fornecida pelo ATP, produzido na etapa anterior. Elas realizam-se nos cloroplastos, especificamente em seus estromas, a partir da reação do CO₂ atmosférico ao NADPH₂, produzido na etapa anterior e atuando como doador de hidrogênio, com o que é formada a glicose. Dada a sua comple-

xidade, esse processo foi chamado Ciclo das Pentoses, ou Ciclo de Calvin (nome de seu descobridor), e resumido na seguinte equação:



Portanto, consideramos como produto dessa etapa a **glicose** e a **energia**.

A glicose se constitui nos vegetais como fonte de reserva na forma de amido.

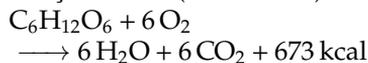
VEGETAIS COMO FONTE DE ALIMENTO

Uma vez ingerido, o amido é decomposto, na boca e no estômago, em unidades originais de glicose, transportadas ao fígado pela corrente sanguínea, onde são recombinadas em uma nova reação de polimerização para formar o glicogênio, que é a reserva energética dos animais. Quando o organismo precisa de mais glicose, o glicogênio é novamente decomposto para garantir a quantidade necessária de glicose às células. Observe que o glicogênio tem para os animais o mesmo papel do amido para os vegetais.

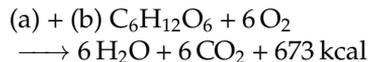
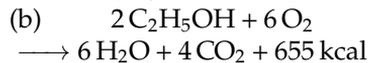
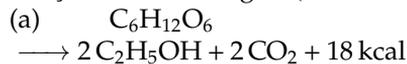
As células recebem a glicose pela corrente sanguínea e através da respiração promovem reações de oxidação (exotérmicas) — tendo como produtos finais a água, eliminada pela urina e pelo suor, e o gás carbônico, eliminado pelo aparelho respiratório — com liberação de energia térmica, fornecida originalmente às plantas na forma de luz solar.

As reações apresentadas a seguir representam o fenômeno que acontece no interior da célula. Observe que o gás carbônico e a água, que aparecem como produtos das reações de combustão, são as mesmas moléculas que surgem como reagentes na reação de fotossíntese apresentada anteriormente.

1. Reação direta (combustão):



2. Reação em dois estágios (fermentação):



Essas reações obedecem rigorosamente à primeira Lei da Termodinâmica, pois a energia liberada em ambas, na forma de calor, corresponde a 673 kcal, não importando em quantos estágios ocorra a reação. Vale observar que a glicose é fundamental não apenas por transportar energia solar para o interior de nossas células na forma de energia química, mas também porque é matéria-prima para a síntese de uma série de outras substâncias, como os aminoácidos, quando reage com compostos de nitrogênio. Estes, por sua vez, combinam-se para formar as proteínas, que constituem grande parte do corpo dos animais.

Uma outra parte da glicose transforma-se em gorduras, que são espalhadas por debaixo da pele, atuando como poderoso isolante térmico e podendo ser comparadas a uma “garrafa térmica” interna. Isso porque elas evitam perda de calor para o ambiente e, em última análise, diminuem a necessidade alimentar, pois os heterótrofos não assimilam todo o alimento que consomem. Cerca de 90% da quantidade total do alimento ingerido pelos herbívoros, por exemplo, podem não ser assimilados e sair do organismo como fezes. Nos carnívoros, essa assimilação pode chegar a 75% do alimento ingerido; o mais comum, entretanto, é um aproveita-

mento entre 30 e 50%. De acordo com as leis da termodinâmica, pode-se estabelecer para um heterótrofo:

- $E1 = E2 + E3$
- $E1$ = energia química ingerida por um heterótrofo;
- $E2$ = energia química assimilada por um heterótrofo;
- $E3$ = energia química das fezes produzidas por um heterótrofo.

Também em conformidade com as leis da termodinâmica:

- $E4 = E5 + E6$;
- $E4$ = energia química assimilada por um heterótrofo;
- $E5$ = energia química do crescimento de um heterótrofo, incluindo descendentes;
- $E6$ = energia calorífica de respiração.

A glicose, a celulose, o amido e o glicogênio pertencem todos a uma classe de compostos orgânicos conhecidos como **carboidratos**, que, portanto, constituem a fonte primária da maioria de nossos alimentos. De fato, nós nos alimentamos de cereais — que contêm amido — ou os oferecemos aos animais — que nos fornecem carne e gordura. Vestimos celulose sob a forma de linho, algodão, raiom e acetato de celulose. Construímos casas e móveis com celulose, no estado de madeira, e queimamos ainda a celulose, enquanto lenha, para extrair a energia ali depositada.

Pode-se dizer que, com certeza, os carboidratos nos fornecem subsídios essenciais

à vida, nas formas de alimento, abrigo, vestuário e calor. E, além das necessidades básicas, a civilização moderna depende dos carboidratos em escala surpreendente, particularmente da celulose enquanto papel. Tente imaginar como seria possível produzir, por exemplo, este livro ou qualquer outro documento caso o homem ainda não tivesse dominado a técnica de separação e purificação da celulose.

ANIMAIS COMO FONTE DE ALIMENTO

Aminoácidos e proteínas

O nome proteína origina-se de *proteios*, palavra grega que significa “primeiro”, já que essa substância, entre quase uma infinidade das que estão presentes na natureza, permite a geração e a manutenção da vida. A proteína é um dos principais constituintes dos organismos animais, pois permite que as diferentes partes desses organismos sejam mantidas em conjunto e, além disso, ainda dirige o seu funcionamento.

A proteína se encontra em todas as células vivas e é o principal constituinte da pele, músculos, tendões, nervos, sangue, enzimas, anticorpos e de muitos hormônios. Apenas os ácidos nucleicos, que comandam a hereditariedade, podem ser considerados moléculas tão importantes quanto essa substância, já que eles também comandam a “fabricação” das proteínas, entre outras milhares de funções nas células.

A proteína é uma molécula formada a partir de centenas ou até milhares de aminoácidos — moléculas menores que podem ser comparadas a “tijolinhos” do nosso corpo. O número de combinações possíveis para a formação de proteínas com as cerca de vinte espécies diferentes de aminoácidos

é quase infinito. A constituição e o funcionamento de um organismo animal necessita de dezenas de milhares de diferentes proteínas, sendo que, para cada espécie animal, são empregadas proteínas diversificadas.

O organismo humano utiliza aproximadamente cinco milhões de diferentes proteínas, extraídas dos alimentos vegetais ou animais ou ainda sintetizadas por ele próprio. Elas se dividem em duas grandes classes: proteínas fibrosas — insolúveis em água — e proteínas globulares — solúveis em água ou em solvências aquosas de ácidos, bases ou sais. As moléculas das proteínas fibrosas são longas e filamentosas, tendendo a se dispor lado a lado, com formação de fibras, como um macarrão espaguete dentro da embalagem. Já as moléculas das proteínas globulares encontram-se dobradas sobre si mesmas em unidades compactas, cuja forma se aproxima frequentemente de uma esfera, como um novelo de lã.

As proteínas insolúveis são as principais constituintes dos tecidos animais, pois, como aproximadamente 70% do nosso corpo são compostos por água, seria um sério problema a utilização em larga escala de proteínas solúveis. A esse grupo pertencem a ceratina (pele, cabelos, unhas, lã, chifres e penas), o colágeno (tendões), miosina (músculos) e a fibroína (seda).

As proteínas globulares desempenham uma variedade de funções relacionadas à manutenção e à regularização dos processos vitais, funções que exigem mobilidade e, como consequência, solubilidade. Nesse grupo estão todas as enzimas, muitos hormônios, como a insulina (do pâncreas) e a tiroglobulina (da tiróide), os anticorpos, responsáveis pela defesa do organismo, a albumina dos ovos, a hemoglobina, que transporta oxigênio dos pulmões para os tecidos, e a fibrina, responsável pela coagulação do sangue.

DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

OBJETIVOS

Proporcionar situações-problema para a identificação das ideias dos alunos sobre os ciclos da água, do ar e do carbono, levando em conta que:

- o ar quente se expande;
- o ar quente, menos denso, sobe em meio ao ar frio, mais denso;
- a água precisa de energia para mudar do estado sólido para o líquido e de líquido para vapor;
- a clorofila presente nas plantas capta energia solar para provocar reações químicas no interior das células.

ATIVIDADE Nº 1

A formação dos ventos

O kit Ar 3 — *O ar quente sobe no meio do ar frio*, da Experimentoteca, pode ser utilizado pelo(a) professor(a) para discutir com os alunos a causa dos ventos na atmosfera. Quando o ar é aquecido, aumenta a energia cinética média de suas moléculas, isto é, elas passam a ter maior velocidade e se expandem, ocupando espaços maiores. O(a) professor(a) poderá realizar o experimento Ar 2 - *Expansão e contração elásticas e térmicas do ar*, para trabalhar a expansão térmica do ar.

ATIVIDADE Nº 2

Correntes de convecção

O experimento a seguir (fig. 4.4), proposto pela equipe do *Earth Science Curriculum Project*⁵, possibilita ao professor discutir com seus alunos o movimento do ar do Equador para os polos, mostrando as correntes de convecção em um fluido, no caso a água, que, como a ar, tende a se mover e a tomar a forma do recipiente que a contém.

Despejar um pouco de água em um recipiente de pirex transparente e iniciar o aquecimento da água, colocando uma lamparina em um dos lados. Ao mesmo tempo, adicionar lentamente, do lado frio, um filete de corante.

O corante mostra que a água desce, desloca-se ao longo do fundo do recipiente, dirige-se para o lado aquecido, sobe novamente — pois, como vimos na experiência anterior, o ar e

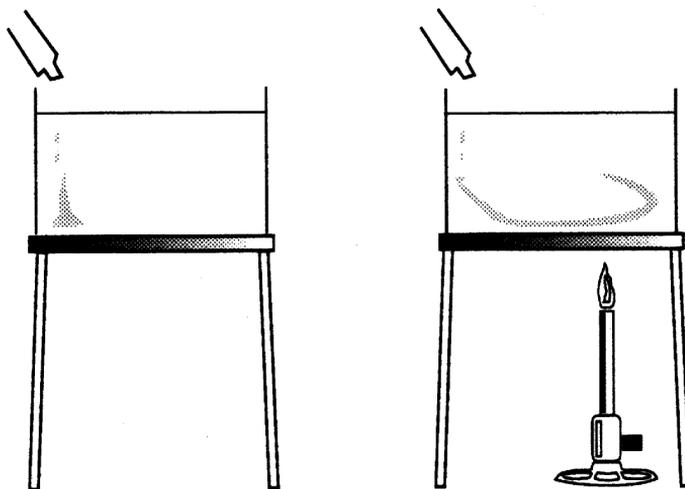


Figura 4.4: Correntes de convecção.

a água aquecidos sobem no meio mais frio, já que ficam menos densos — e reflui pela superfície até o lado frio, onde torna a descer, completando um movimento circular chamado circulação convectiva. O professor então questiona a classe sobre o lado que representaria o Equador e aquele que representaria os polos.

A causa imediata do movimento é a diferença de pressão resultante do aquecimento de um dos extremos da água do pirex. Um fluido mais frio tende a afundar, pois a ação da gravidade sobre ele é mais intensa, enquanto que o mais quente — menos denso — movimentar-se sobre o fluido mais frio. Esse movimento aumenta a massa de fluido no lado mais frio, provocando nele o aumento da pressão, ao mesmo tempo em que a pressão diminui do lado oposto, mais quente.

Com esse experimento tornando evidente os movimentos da água entre regiões mais e menos densas, pode-se fazer uma analogia com os movimentos do ar e perceber que a ação da gravidade é a responsável por eles, porque, assim como a água, o ar tem peso.

ATIVIDADE Nº 3

Destilação

A destilação pode servir de referência para que o(a) professora) discuta com a classe esse processo de purificação relativo ao ciclo da água na fase que diz respeito às chuvas. Tanto a passagem do estado líquido para o vapor — chamada, no caso da destilação, de *ebulição*, por

ser forçada, e, no ciclo natural, conhecida como *evaporação* — quanto a passagem do estado de vapor para o líquido — denominada *condensação* — envolvem mudanças de estado físico semelhantes.

Existe uma concepção errônea de que a condensação da água a purifica, o que faz meninos e meninas pensarem muitas vezes que as chuvas neutralizam o efeito da poluição na água. O trabalho de Amaral¹ mostra esse tipo de manifestação: “Se chover muito e não despejamos mais esgoto no Rio Tietê, ele poderá se recuperar novamente.” Como já foi discutido no início desse capítulo, a poluição atmosférica atual não permite que afirmemos em nenhum instante que a água condensada encontra-se em estado puro.

ATIVIDADE Nº 4

Fotossíntese

O assunto engloba várias atividades, com os seguintes objetivos:

- identificar os componentes do ambiente e classificá-los como bióticos e abióticos;
- diferenciar os animais dos vegetais com base em seus processos vitais;
- conhecer e diferenciar a função dos diversos órgãos das plantas superiores;
- identificar as estruturas encontradas na folha como o órgão principal onde o fenômeno acontece;
- identificar os materiais necessários para a realização da fotossíntese;
- perceber a importância e a abrangência do fenômeno para os seres vivos – pela constatação de seu produto – como fonte de energia para todos os organismos heterotróficos através das cadeias alimentares;
- compreender que a fotossíntese é fonte de 90% da energia consumida pelo homem ao usar carvão, petróleo e gás natural (material biológico transformado há bilhões de anos por organismos fotossintetizantes);
- reconhecer a importância do processo para a própria planta.

ATIVIDADE Nº 4.1

Identificando e classificando os componentes do ambiente

Leve os alunos para observar um ambiente qualquer, relatando *in loco* a composição desse lugar, ou seja, identificando os seus componentes. A partir dessa listagem, oriente-os para classificar os componentes vivos e os não vivos, citando os critérios ou a justificativa dessa classificação. Após esse debate, solicite que eles diferenciem os animais dos vegetais e, da

mesma forma, falem dos critérios ou da justificativa dessas diferenças. Focalize os processos considerados vitais tanto para animais quanto para vegetais. Pergunte a classe: “De onde os seres vivos retiram a energia para sobreviver?”

ATIVIDADE Nº 4.2

Identificando o processo de nutrição dos vegetais

Todos os processos vitais devem ser igualmente estudados. Nessa atividade vamos explorar aquele que é objetivo da aula — a **fotossíntese** —, ou seja, a produção do próprio alimento pelos vegetais clorofila dos. Com base na história dos estudos de fotossíntese, vimos que já houve épocas em que os próprios dentistas tinham ideias equivocadas sobre esse processo e que algumas delas ainda hoje são senso comum. Nossa intenção é que esses equívocos venham à tona em sala de aula, para serem debatidos à luz das explicações científicas.

Apresentamos a seguir algumas questões, cuja finalidade é provocar a expressão oral dessas ideias pela classe, apesar de considerarmos que elas não se esgotam nas aqui enumeradas. Enquanto professor(a) você deverá ficar atento(a) às respostas dos estudantes para provocar suas argumentações. Pergunte a eles (na sequência e no momento em que achar melhor):

- sobre como as plantas se alimentam;
- sobre como as plantas obtêm o “material” para produzir seu alimento;
- sobre o que elas precisam para produzir seu próprio alimento;
- se todas as plantas obtêm alimentos da mesma maneira;
- se tanto as plantas de cor verde quanto as coloridas produzem o alimento pelo mesmo processo;
- se a fotossíntese nas plantas é um processo semelhante à respiração nos animais,
- se podemos dormir com plantas no quarto, tanto durante o dia quanto à noite.

ATIVIDADE Nº 4.3

Observando os locais por onde a planta obtém seus nutrientes

Selecionando um dos vegetais vistos na atividade 4. 1, oriente os alunos para observar todas as partes desse vegetal e identificar suas características e respectivas funções. Os nutrientes necessários à realização da fotossíntese são absorvidos pela planta mediante os pelos absorventes da raiz. É o caso da água e dos sais minerais, conduzidos pelo caule até as folhas, que, por sua vez, absorvem gás carbônico e energia solar. Para instigar a observação desses fenômenos, propomos as seguintes atividades:

- com auxílio de uma lupa, observar a região dos pelos absorventes da raiz;
- utilizando o kit Seres Vivos 5 — *Metabolismo das plantas*, da Experimentoteca, pode-se compreender o papel do caule na condução dos nutrientes;
- utilizando o kit Seres Vivos 2 — *Microscopia*, da Experimentoteca, é possível observar, através de finos cortes, a histologia das diversas partes da planta e, em particular, da folha, e perceber a presença de **estômatos** em sua superfície. Pode-se até diferenciar a superfície inferior da superior, contando, em uma pequena área, o número de estômatos de cada uma delas. Os alunos poderão desenhá-los e compara-los depois a esquemas de fontes bibliográficas.

ATIVIDADE Nº 4.4

O papel da folha e do estômato na fotossíntese

A folha é o órgão da planta no qual o processo de fotossíntese, por excelência, se dá. Consequentemente, é onde os estômatos encontram-se em maior número. Para compreendermos o papel deles nesse processo, é necessário impedi-los de “trabalhar”. Assim, proponha aos alunos as seguintes questões:

- como se poderia impedir a entrada e a saída de gases e de água através das folhas (dos estômatos)? O que aconteceria?;
- de que forma daria para impedir que a luz solar fosse absorvida pela folha? O que ocorreria?;
- como conseguiríamos perceber a diferença, numa mesma folha, da ausência dessa absorção?

As sugestões dos alunos deverão ser experimentadas. Se não forem suficientes para responder às perguntas anteriores, propomos algumas atividades para auxiliar a reflexão.

1. Escolha duas plantas da uma mesma espécie (uma em cada vaso) e coloque uma delas na presença da luz solar e a outra, no escuro por pelo menos três dias. Se posteriormente houver diferença entre elas, anote. Retire de cada planta uma folha e, para diferenciá-las, faça um pequeno corte na borda de uma delas. Em seguida, ponha as duas folhas em um frasco com água fervente e, quando murcharem, passe-as para um outro com álcool. Leve esse frasco ao fogo em banho-maria e ferva por 10 minutos (o álcool aquecido dissolve a clorofila).

Retire as folhas e mergulhe-as em água à temperatura ambiente por até dois minutos. Escorra toda a água e cubra-as com uma solução de iodo, deixando-as mergulhadas por cinco minutos. Retire as folhas dessa solução, lave-as e coloque as duas sobre

um papel branco. Observe a coloração, diferenciando a que ficou no escuro da que permaneceu no claro.

O experimento mostra a necessidade da luz solar para que haja a produção de glicose na fotossíntese, que fica armazenada na planta sob a forma de amido. Por isso é importante que, anteriormente a essa atividade, os alunos tenham feito o teste do iodo como indicador da presença de amido (ao estudar a digestão, por exemplo, tema também sugerido neste livro).

2. Escolha quatro folhas da planta que ficou no escuro (sem arrancá-las do vaso) e marque cada uma com um pequeno corte na borda. Faça, por exemplo, um corte na folha 1, dois cortes na 2, três cortes na 3 e quatro na folha 4. Na folha 1, passe vaselina na superfície superior; na folha 2, vaselina na superfície inferior; na folha 3, vaselina nas duas superfícies e, na folha 4, não faça nada.

Deixe a planta na presença de luz por três dias. Retire, então, as folhas da planta e remova a vaselina das superfícies com algodão embebido em benzina ou removedor. Pingue uma gota de iodo em cada uma. Proponha as seguintes questões para ajudar a observação dos alunos:

- qual será o papel da vaselina na folha?;
- ela irá impedir a passagem de luz?;
- haverá diferença no teste de iodo entre as folhas 1 e 2? Por quê?;
- e entre as folhas 3 e 4? Por quê?

Compare os resultados obtidos e, mais tarde, discuta novamente o assunto a partir dos resultados encontrados. Embora não evidencie particularmente a necessidade de oxigênio, o experimento demonstra que os gases são fundamentais na realização da fotossíntese: a vaselina deixa passar a luz, mas é impermeável aos gases.

3. Utilizando o kit Seres Vivos 5 — *Metabolismo das plantas*, da Experimentoteca — experiência 2, os alunos poderão perceber dois fatos importantes. Inicialmente, a necessidade do gás carbônico no processo, pela presença do bicarbonato de sódio como fonte de CO_2 . Em segundo lugar, ao se posicionar a planta mais perto ou mais longe da fonte de luz, é possível constatar a acentuação ou diminuição da saída de gás.

ATIVIDADE Nº 4.5

A importância da água no desenvolvimento da planta

Pergunte aos alunos o que acontecerá a uma planta se ela não tiver água disponível. Caso haja dúvidas e necessidade de comprovação, tome duas plantas da mesma espécie e, de preferência, no mesmo estágio de desenvolvimento. Você pode conseguir isso pondo, por exemplo, feijões para germinar até o desenvolvimento completo de suas folhas. Coloque

as duas plantas (em vasos separados) num mesmo local, sob as mesmas condições. Meça o comprimento de ambas. Durante dez a 15 dias, submeta um dos vasos à rega constante, deixando o outro sem água.

A partir da observação frequente das transformações ocorridas, discuta com os alunos:

- se houve alteração no comprimento das duas plantas no final do experimento;
- quais as transformações visíveis (murchamento, mudança de cor e outras).

Considerando as respostas, converse com eles sobre as causas das alterações e, se achar pertinente, proponha a fórmula da fotossíntese.

ATIVIDADE Nº 4.6

Sistematizando observações e informações

Organize com os alunos os dados e resultados obtidos nos experimentos anteriores, sistematizando-os. Enfatize as atividades selecionadas nos objetivos dessa proposta, incorporando outras que tenham surgido durante o processo e que sejam relevantes à compreensão do fenômeno fotossintético. Possibilite o redimensionamento das reflexões suscitadas nas atividades nº4.1 e nº4.2, retomando os seus pontos essenciais. Incorpore outras, com o objetivo de contextualizar o processo, fazendo-o não mais de forma isolada, mas identificando a sua importância no ambiente, quer para os seres vivos quer para os não vivos, bem como para a própria planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. AMARAL, I. A. Ambiente, educação ambiental e ensino de Ciências. In: *Ciências na Escola de 1º Grau — textos de apoio à proposta curricular*. São Paulo: SE./CENP, 1990.
02. BRANCO, S. M. *Água: origem, uso e preservação*. São Paulo: Moderna, 1993.
03. HAVEN, H. P. et al. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 5ªed., 1996.
04. IFUSP (Instituto de Física da USP). *Trabalho Humano e Uso de Energia*. São Paulo: CESP, 1986.
05. *Investigando a Terra*. Versão brasileira. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1973. (Preparada pela Equipe do Earth Science Curriculum Project; adaptada para o Brasil pela FUNBEC)
06. MARZZOCO, A. e TORRES, B. *Bioquímica Básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1990.
07. ASTUDILLO POMBO, H. et al. Errores Conceptuales em Biologia — La fotosíntesis de las plantas verdes. Barcelona: Enseñanza de las ciencias, p. 15–16, 1984

PARTE CINCO



OS HABITANTES DA TERRA

DALVA MARINS GIUSTI CORRER
HELOÍSA HELENA VENDEMIATTI
HILDA B. U. PERUZZI
HORMINDA BENDINELLI
IRENE CARNIATTO
LEDA RODRIGUES DE ASSIS FAVETTA
LUÍS AUGUSTO DA SILVA VASCONCELLOS
MARIA ALICE FARIA RAMOS
YARA LYGIA NOGUEIRA SÁES CERRI

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Consideramos que o estudo de temas ecológicos no ensino de Ciências poderá contribuir, através do conhecimento de alguns conceitos fundamentais, para promover nos alunos a conscientização e consequente motivação com vistas a tomadas de posições e a busca de soluções para questões ambientais.

Para o desenvolvimento das atividades apresentadas neste capítulo, devem ser considerados alguns aspectos que relacionam o meio ambiente natural com o sócio-político-histórico-cultural, tais como: éticos, ecológicos, políticos, econômicos, sociais, legislativos, cultural e estéticos. Além disso, partilhamos a abordagem do MEC⁸ ao sugerir que elas devam ser de caráter interdisciplinar, contínua e permanente, além de procurar envolver o maior número de pessoas dos diversos segmentos sociais (ver parte seis, “A ação do homem no ambiente”).

Nossa proposta para as atividades de estudo do meio ambiente trazidas aqui neste capítulo parte justamente desses pressupostos já colocados anteriormente na parte dois, tendo como objetivos:

- conhecer um ambiente físico;
- identificar as ideias/concepções dos alunos sobre ambiente;
- discutir e organizar roteiros de observação, coleta de dados, registros do ambiente físico a ser estudado;
- identificar e caracterizar os diversos níveis de organização dos seres vivos;
- identificar as interações entre os seres vivos e as relações destes com o meio ambiente;

ESTUDO DO ECOSISTEMA

Antes de definirmos exatamente o conceito de ecossistema, fundamental para a compreensão da ecologia, podemos encontrar na figura 5.11 um outro conceito importante, o de **níveis de organização**, que pode ser entendido como um conjunto de entidades, sejam elas genes, células, ou mesmo espécies, agrupadas em uma ordem crescente de complexidade.

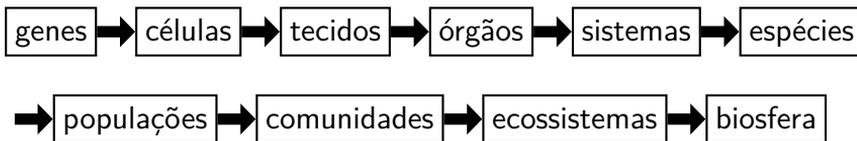


Figura 5.1: Níveis de organização da vida.

A Ecologia está voltada principalmente para o estudo a partir do nível de espécie até biosfera. É fundamental, entretanto, uma breve explicação de cada uma dessas divi-

sões abordadas em ecologia (unidades ou entidades):

Espécies — Dois ou mais organismos

são considerados da mesma espécie quando podem se reproduzir, originando descendentes férteis. Dessa forma, fica claro que, a menos que haja a intervenção humana, como no caso do jumento e da égua, naturalmente não ocorre reprodução entre indivíduos de espécies diferentes.

Entretanto, em casos excepcionais, duas espécies podem naturalmente se reproduzir, porém sua prole será estéril.

Populações — São formadas por organismos da mesma espécie, isto é, um conjunto de organismos que podem se reproduzir produzindo descendentes férteis.

Comunidades — Um conjunto de todas as populações, sejam micro-organismos, animais ou vegetais, existentes em uma determinada área constituem uma comunidade; também pode-se utilizar o conceito de comunidade para designar grupos com uma maior afinidade separadamente, como, por exemplo, comunidade vegetal, animal, etc.

Ecossistemas — Em um determinado local (com vegetação de cerrado, matailiar, caatinga, mata atlântica ou floresta amazônica — figura 5.2), chamamos ecossistema a todas as relações dos organismos entre si e com seu meio ambiente, ou, dito de outra forma, a todas as relações entre os fatores bióticos e abióticos. Ainda, dito de outro modo, podemos definir ecossistema de acordo com a figura 5.1: um conjunto de comunidades interagindo entre si e agindo sobre e/ou sofrendo a ação

dos fatores abióticos. Dentro do conceito de ecossistema, ainda cabe definir o conceito de **hábitat**, pelo qual entendemos o ambiente físico no qual ocorre uma determinada espécie ou mais de uma. Ex.: O hábitat do lobo-guará é o cerrado.

Biosfera — A Terra é composta por vários ecossistemas, sejam aquáticos, terrestres ou aéreos. A soma de todos esses ecossistemas denominamos biosfera. É nela que ocorre a vida em nosso planeta e é na biosfera, também, que a vida exerce seu poder de ação.

Muitas vezes, o termo bioma é utilizado como sinônimo de ecossistema, no entanto, enquanto este último implica inter-relações entre fatores bióticos e abióticos, o primeiro significa uma grande área de vida formada por um complexo de habitats e comunidades. Ex.: bioma Cerrado, bioma Mata Atlântica.

ONDE COMEÇA E TERMINA UM ECOSISTEMA?

E difícil dizer onde começa ou termina um ecossistema, ou seja, qual ou quais os seus limites. Entretanto, para uma melhor compreensão e mesmo para possibilitar investigações científicas existem algumas convenções adotadas. Assim, por exemplo, pode-se adotar inicialmente uma separação entre meios aquáticos e terrestres. Dessa forma, teríamos uma primeira distinção entre ecossistemas aquáticos e terrestres. Por ecossistema aquático entenderíamos lagos naturais e artificiais (represas) rios, mares e oceanos; já em

relação aos ecossistemas terrestres, florestas, desertos, tundras, pradarias, pastagens, etc.

Quanto às dimensões de um ecossistema, para efeito de estudo, geralmente são determinadas dimensões que não existem naturalmente. Assim, um vaso, um aquário ou mesmo uma cidade inteira são exemplos de ecossistemas criados pela ação humana. Fica claro, desse modo, que um ecossistema pode ter desde alguns cm^2 até milhares de km^2 !



Figura 5.2: As florestas tropicais são ecossistemas complexos, porém extremamente frágeis.

CADEIA E TEIA ALIMENTARES

A **matéria** está em constante ciclo dentro de um ecossistema. Dito de outra forma, tudo o que os seres vivos retiram do ambiente, de uma maneira ou de outra, é a ele devolvido. Além da matéria, a **energia** também passa por todos os componentes de um ecossistema, no entanto, enquanto a matéria circula, a energia flui, o que significa dizer que, ao contrário da matéria, ela não retorna ao ecossistema.

Como podemos notar, nos ecossistemas existe um constante fluxo de matéria e energia de um nível para outro até chegar nos decompositores, os quais reciclam parte da matéria total utilizada nesse fluxo. Denominamos cadeia alimentar esse percurso de matéria e energia, iniciado sempre por um produtor e que termina em um decompositor.

Obrigatoriamente, para existir uma cadeia alimentar devem estar presentes os produtores e os decompositores. Entretanto, outros componentes também estão nela presentes. Dessa forma, a melhor maneira de se estudar uma cadeia alimentar é através da identificação dos seus componentes, ou seja, de toda a parte viva (fatores bióticos) que a compõe. De uma forma geral, esses componentes podem ser enquadrados nas seguintes categorias:

Produtores — São todos os seres que fabricam o seu próprio alimento (**autótrofos**) através da fotossíntese, enquadrando-se aí principalmente as plantas, sejam elas terrestres ou aquáticas. Mas, além delas, são também autótrofos somente certas bactérias, capazes de fabricar seu próprio alimento através da fotossíntese ou da quimiossíntese.

Consumidores — Classificam-se assim aqueles que obtêm sua energia e alimentos de produtores ou de outros consumidores. Por não realizarem fotossíntese, são incapazes de fabricar seu próprio alimento (**heterótrofos**). Geralmente o termo consumidor é associado apenas aos animais. No entanto, qualquer organismo que não fabrique o seu próprio alimento é um consumidor. Um exemplo bem estra-

nho é uma planta carnívora, que, apesar de poder realizar fotossíntese, também pode se comportar como um consumidor quando captura insetos para se alimentar.

Decompositores — Eles encerram a cadeia alimentar: esses seres dividem de tal forma a matéria em partículas que a tornam disponível outra vez para os produtores.

Identificamos como **nível trófico** cada grupo de organismos com necessidades alimentares semelhantes quanto à fonte principal de alimento. Isso significa que consu-

midores primários somente se alimentam de itens de origem vegetal; consumidores secundários, por sua vez, são carnívoros, assim como os terciários. Cabe ressaltarmos, no entanto, que tanto os consumidores secundários quanto os terciários podem ocasionalmente alimentar-se de vegetais (frutos, sementes), não sendo, porém, esse o seu principal item alimentar — são os chamados omnívoros.

Eis, a seguir, as sequências possíveis de serem estabelecidas em um ecossistema aquático, uma lagoa, por exemplo, e em um ecossistema terrestre.

Um ambiente aquático pode ser exemplificado com a cadeia da figura 5.3.



Figura 5.3: Cadeia alimentar em ambiente aquático.

Por outro lado, se considerarmos um ecossistema terrestre; podemos exemplificar com a seguinte cadeia:



Figura 5.4: Cadeia alimentar em ambiente terrestre.

Pode-se notar, entretanto, que a cadeia alimentar não mostra o quão complexas são as relações tróficas em um ecossistema. Para isso utiliza-se o conceito de **teia alimentar**, que representa uma verdadeira situação en-

contrada em um ecossistema, ou seja, várias cadeias interligadas, ocorrendo simultaneamente. Os esquemas a seguir (figura 5.5) exemplificam melhor esse conceito de teias alimentares.

Fluxo de energia nos ecossistemas

A luz solar representa a fonte de energia externa sem a qual os ecossistemas não con-

seguem manter-se. A transformação (conversão) da energia luminosa em energia química — a única modalidade de energia utili-

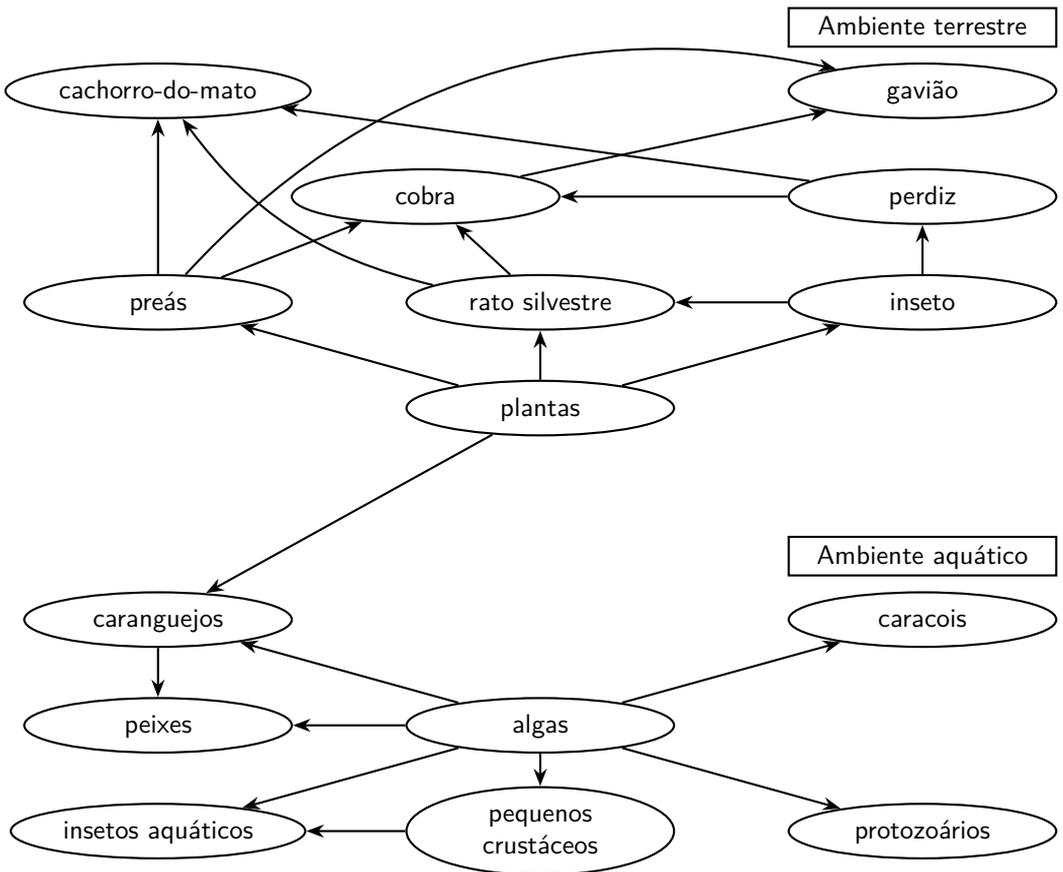


Figura 5.5: Esquema mostrando teia alimentar.

Tabela 5.1: Ambiente Aquático

Produtores	Composto por plantas superiores da margem, superfície e do fundo da lagoa e por algas microscópicas, as maiores responsáveis pela oxigenação do ambiente aquático e terrestre. A esta categoria formada pelas algas microscópicas chamamos fitoplâncton .
Consumidores primários	Composto por pequenos animais flutuantes (zooplâncton), caramujos e peixes herbívoros, todos se alimentando diretamente de vegetais.
Consumidores secundários	São aqueles que se alimentam do nível anterior: peixes carnívoros, insetos, cágados, etc.
Consumidores terciários	As aves aquáticas são o principal componente dessa categoria, cuja alimentação é composta por consumidores secundários.
Decompositores	Composta por fungos e bactérias essa categoria não pertence nem à fauna e nem à flora, alimenta-se, no entanto, dos restos destas.

Tabela 5.2: Ambiente Terrestre

Produtores	Formado por todos os componentes fotossintetizantes, produtores do seu próprio alimento (<i>autótrofos</i>), tais como gramíneas, ervas rasteiras, líquens, arbustos, trepadeiras e árvores.
Consumidores primários	São todos os herbívoros e granívoros; no caso dos ecossistemas terrestres, são os insetos, aves, roedores e ruminantes.
Consumidores secundários	Alimentam-se diretamente dos consumidores primários (<i>herbívoros</i>). São formados principalmente por carnívoros de pequeno porte.
Consumidores terciários	Enquadram-se aí os consumidores de porte maior, que se alimentam dos consumidores secundários.
Decompositores	Como no caso dos ecossistemas aquáticos, essa categoria não pertence nem à fauna nem à flora, sendo composta por fungos e bactérias.

zável pelas células de todos os componentes de um ecossistema, sejam eles produtores, consumidores ou decompositores — é feita através de um processo denominado fotossíntese. Apesar da energia também poder ser incorporada pelo processo de **quimiossíntese**, é a fotossíntese — seja ela realizada por vegetais ou por microorganismos — o único processo de entrada de energia em um ecossistema.

Estima-se que, de toda a luz solar que incide sobre a Terra, 34% são refletidos por nu-

vens e poeiras; 19% são absorvidos por nuvens, ozônio e vapor de água; dos 47% restantes que chegam à superfície do planeta, boa parte ainda é refletida ou absorvida e transformada em calor, que pode ser responsável pela evaporação da água e o aquecimento do solo, condicionando, dessa forma, os processos atmosféricos. A fotossíntese utiliza apenas uma pequena parcela (1 a 2%) da energia total que alcança a superfície. É importante salientar que os valores aqui citados são valores médios e não específicos de

alguma localidade. Assim, essas proporções podem variar — embora pouco — de acordo com as diferentes regiões do planeta.

Um aspecto importante para entendermos a transferência de energia dentro de um ecossistema é a compreensão da primeira lei fundamental da termodinâmica: **“A energia não pode ser criada nem destruída e sim transformada.”** Como exemplo ilustrativo dessa condição, cabe ser citada a luz solar, que, como fonte de energia, pode ser transformada em trabalho, calor ou alimento, em função da atividade fotossintética; porém, não temos condições alguma de destruí-la ou de criá-la.

Outro aspecto importante é o fato de que a quantidade de energia disponível diminui à medida que é transferida de um nível trófico para outro. Assim, dentro dos exemplos dados anteriormente de cadeias alimentares, o gafanhoto obtém energia química ao comer as folhas da árvore, porém essa energia é muito menor que a energia solar recebida pela planta. Essa perda nas transferências ocorre sucessivamente até se chegar aos decompositores.

E por que isso se dá? A explicação para tal decréscimo energético de um nível trófico para outro está no fato de cada organismo necessitar grande parte da energia absorvida para a manutenção das suas atividades vitais, tais como divisão celular, movimento, reprodução, etc. O esquema abaixo mostra as proporções, em biomassa, de um nível trófico para outro. Podemos notar que, à medida que se passa de um para outro, diminuem o número de organismos e aumenta o tamanho de sua biomassa.

SUCESSÃO ECOLÓGICA

Os ecossistemas não são entidades fixas, estáticas no tempo; ao contrário, estão em constante modificação. Como se fossem organismos vivos, passam por vários estágios, desde a juventude até a maturidade.

As comunidades guardam certas semelhanças com os organismos. Assim como os diversos órgãos de um ser dependem um dos outros, as espécies de uma comunidade também são interdependentes. A comunidade é atravessada por um constante fluxo de matéria e energia que a vão modificando.

Chamamos de sucessão ecológica os processos de mudanças gradativas na constituição das comunidades que se sucedem no ecossistema. A partir da instalação da comunidade pioneira, ocorre uma sequência de comunidades intermediárias e se estabelece a comunidade clímax.

Comunidade pioneira corresponde à chegada ao local dos primeiros organismos vivos que vão colonizar a região. Comumente esse papel é realizado pelas algas cianofíceas, que são autótrofas e possuem boa capacidade de assimilação do nitrogênio livre do ar. A presença dessas algas em terrenos rochosos é quase sempre seguida pela imediata instalação dos líquens, organismos pioneiros que se espalham sobre as rochas graníticas e, à custa de ácidos por eles eliminados, provocam rachaduras e desagregação dessas rochas, permitindo que a água penetre nas fendas, lave e arraste os grãos de sílica, formando a areia. Assim vai surgindo uma camada de solo que permitirá a implantação de musgos naquele local. Ali depois se instalam as samambaias, o capim e outras plantas, sucessivamente. A nova situação torna o ambiente convidativo para insetos, moluscos e outros pequenos animais — e vai

surgindo uma comunidade. Mais tarde, até aves e mamíferos também se instalarão, no momento em que já existirem plantas desenvolvidas e a comunidade estiver em franca evolução.

Quando a sucessão ecológica atinge o seu desenvolvimento máximo, compatível com as condições físicas do local, pode-se dizer que ela chegou ao clímax. É comum que as comunidades clímax evoluam e se transformem num processo que chamamos de sucessão secundária, isto é, uma comunidade clímax evolui para outra forma de comunidade clímax. Perturbações naturais — como inundações, vendavais, terremotos, deslizamentos e incêndios — são eventos de enorme influência para todos os ecossistemas, até para áreas selvagens pouco perturbadas pelo homem. O processo de sucessão é ao mesmo tempo contínuo e distribuído mundialmente.

Frequentemente o processo de sucessão não é unidirecional, em particular em seus estágios finais. Geralmente é simples a observação dos estágios iniciais de sucessão, mas de difícil interpretação os estágios finais. O homem, dada sua necessidade de alimentos, precisa principalmente dos estágios iniciais de sucessão, cuja produtividade líquida (quantidade de matéria orgânica ou de energia existente em cada nível trófico de um ecossistema) é grande. A única maneira do homem poder tornar um ambiente produtivo e, ao mesmo tempo, estável é conseguir uma boa mistura de estágios iniciais e finais de sucessão. Os estágios jovens podem ajudar a alimentar os estágios finais; os mais velhos, por sua vez, ajudam a neutralizar os efeitos climáticos extremos, como tempestades, enchentes, etc.

RELAÇÕES DOS SERES VIVOS ENTRE SI E COM O AMBIENTE

Como já vimos, em um ecossistema os organismos estão constantemente interagindo entre si. Assim, a existência de uma determinada espécie pode implicar prejuízo ou benefício de alguma outra; embora essas interações, mesmo quando negativas, façam parte do equilíbrio natural. Ex.: as populações de roedores, em todos os ambientes em que ocorrem, constituem alimento para várias espécies de predadores, do contrário, teríamos ratos por todas as partes do planeta!

De uma forma geral, as relações entre os organismos são classificadas em harmônicas e desarmônicas.

Nas **relações harmônicas**, pelo menos um dos organismos é beneficiado, sem, é claro, prejudicar o outro. Elas podem se dar entre a mesma espécie ou entre espécies diferentes. As que ocorrem entre a mesma espécie são classificadas como:

- a) **Colônias** — Nelas, os indivíduos são ligados fisicamente, ou seja, vários indivíduos formam o conjunto, que é a colônia, podendo ocorrer a divisão de trabalho ou não entre as partes. A caravela (celenterado) é um caso em que ocorre a divisão de trabalho; por sua vez, em recifes de coral, agrupamentos de bactérias e “bolor” do pão, por exemplo, não se dá as; divisão de trabalho.
- b) **Sociedade** — Os indivíduos nesse tipo de relação não são unidos fisicamente entre si. As sociedades são caracterizadas pela divisão de trabalho, como no caso dos cupins, formigas e abelhas.

Já em relação às relações harmônicas entre espécies diferentes, são as seguintes:

a) Mutualismo — Nessa interação, as duas espécies envolvidas são beneficiadas, sendo a associação obrigatória para a sobrevivência de ambas. Um dos casos mais interessantes é o da associação entre algas e fungos, formando os líquens: os fungos abrigam as algas e são por elas alimentados.

b) Protocooperação — As duas espécies envolvidas são beneficiadas nesse caso, porém podem viver de modo independente sem que isso as prejudique. Um exemplo é a nidificação coletiva de algumas aves, tais como as garças.

c) Comensalismo — Aqui, apenas uma das espécies se beneficia, sem, no entanto, prejudicar ou beneficiar a outra espécie envolvida. O urubu em relação ao homem é um bom exemplo, pois ele alimenta-se dos restos (lixo) produzidos por nós.

d) Inquilinismo — Assim como comensalismo, também nesse caso apenas uma espécie beneficia-se, sem no entanto prejudicar a outra. Pode ser citada a relação entre as bromélias (gravatás) e as orquídeas.

As **relações desarmônicas**, nas quais uma espécie, necessariamente, é sempre prejudicada pela ação de outra, são as seguintes:

e) Competição — É a relação na qual indivíduos da mesma espécie ou de espécies diferentes disputam os mesmos recursos (como espaço, alimento e luminosidade). Exemplos:

- por território: cães, lobos, pássaros;
- por luminosidade: plantas de uma floresta;
- por alimentos: insetos comedores de grãos e o homem.

f) Canibalismo — É uma relação entre indivíduos da mesma espécie, na qual um animal mata outro para se alimentar. A aranha viúva-negra e o louva-a-deus são exemplos. Em ambos os casos, as fêmeas devoram os machos após a cópula (ato sexual).

g) Parasitismo — Ocorre entre indivíduos de espécies diferentes, quando uma delas beneficia-se em prejuízo de outra. Aqui a espécie beneficiada é chamada parasita e a prejudicada, hospedeiro. Os parasitas podem viver sobre o corpo do hospedeiro (ectoparasitas: por exemplo, piolho e o homem, a pulga e o cachorro) ou dentro do corpo dele (endoparasitas: a lombriga e o homem, por exemplo).

h) Predatismo — É uma relação entre indivíduos de espécies diferentes em que um animal mata o outro para se alimentar. É o caso das aves de rapina, da onça e do próprio homem. Animais que se alimentam de plantas também são predadoras, como é o caso do gafanhoto, do boi, etc.

i) Amensalismo — Nessa interação, uma das espécies — sem que se beneficie nem se prejudique com isso — elimina substâncias que inibem o crescimento ou a reprodução de outra. São exemplos dessa relação as bactérias patogênicas inibidas pelos antibióticos e a

fauna marinha inibida por dinoflagelados, quando ocorrem as marés vermelhas.

j) Neutralismo — Nesse caso, as duas espécies são independentes, não tendo nenhuma delas influência sobre a outra.

A tabela a seguir, adaptada a partir de Odum¹⁰, mostra um quadro com uma outra forma de representação dos tipos de interações possíveis entre espécies diferentes.

ADAPTAÇÃO EVOLUÇÃO/SELEÇÃO NATURAL

Sabe-se hoje que, durante muitos anos, Charles Darwin sentia náuseas só de pensar em divulgar suas ideias sobre a origem e evolução das espécies, essas mesmas ideias que atualmente são consideradas um dos marcos do pensamento científico moderno — não só dentro das ciências biológicas como de todas as áreas de conhecimento. O motivo desse desconforto residia no fato de que a ideia de organismos modificando-se gradualmente, quando apenas os mais aptos é que permaneceriam em linha sucessória (**seleção natural**), chocava-se frontalmente com o pensamento, aceito até à época de Darwin, de que todos as criaturas vivas haviam sido criadas pela “Mão Divina” e, desde então, jamais modificadas (**criacionismo**).

Os pensamentos de Darwin foram eternizados com a publicação, em 1859, do livro *A Origem das Espécies*. A polêmica gerada por essa obra foi enorme, sendo hoje consenso geral no mundo científico a aceitação das suas teorias.

A seleção natural não tem metas predefinidas, mas ela impõe a preservação de indivíduos bem adaptados àquele ambiente

e elimina os demais. Portanto se o ambiente mudar e não houver entre os indivíduos características adaptativas às novas condições, a população poderá se extinguir.

Por mais contraditório que possa parecer, a extinção é o caminho natural de toda espécie. Milhares de espécies surgiram e desapareceram ao longo dos bilhões de anos de existência do nosso planeta naturalmente. Algumas, pela incapacidade de sobreviver a pequenas alterações em seus habitats. Outras, pela competição com espécies emergentes. Outras, ainda, em função de acontecimentos catastróficos que resultaram em grandes transformações dos habitats. E a maioria, pela conjunção de todos esses acontecimentos.

O maior problema para entendermos tal processo é exatamente a questão do tempo. Para o desaparecimento de uma espécie, pode ser suficiente um período curto de tempo. Porém, o surgimento de uma nova espécie, ou melhor dizendo, o processo que resulta no aparecimento de uma nova espécie pode ser decorrente de alguns milhares de anos.

A história da vida sobre a Terra está repleta de catástrofes de magnitude diversas. No período que teve início há cerca de 250 milhões de anos, ocorreram diversos cataclismos naturais, como erupções vulcânicas e queda de material de origem extraterrestre, provocando a maior catástrofe biológica sobre a Terra. Por volta de 90% das espécies dos oceanos desapareceram; no ambiente terrestre, dois terços das famílias de répteis e anfíbios extinguíram-se, o mesmo acontecendo com 30% das ordens de insetos. A partir desse período, a vida sobre o planeta sofreu uma grande alteração, com a modificação completa em quase todos os grupos de seres vivos.

Tabela 5.3: Tipos de Interações e suas características

Tipo de Interação	Espécies 1 ↔ 2	Característica da Interação
Neutralismo	0 ↔ 0	Não ocorre ação de uma espécie sobre outra.
Competição	- ↔ -	Ambas as espécies são atingidas negativamente, pois a competição por um determinado recurso leva-o à exaustão.
Amensalismo	- ↔ 0	Uma das espécies é afetada e a outra não.
Parasitismo	+ ↔ -	A espécie 1 (parasita) depende da espécie 2 (hospedeiro) para sua existência, afetando-o negativamente, porém sem causar a morte imediata deste.
Predação	+ ↔ -	A espécie 1 (predador) alimenta-se diretamente da espécie 2 (presa), eliminando-o.
Comensalismo	+ ↔ 0	A espécie 1 (comensal) beneficia-se da espécie 2 (hóspede) sem afetá-lo.
Protocooperação	+ ↔ +	Ambas as espécies são beneficiadas, mas não se trata de uma interação obrigatória.
Mutualismo	+ ↔ +	A interação é obrigatória e ambas as espécies são favorecidas.

Convenções: (0) não existe interação ou, se existe, não é significativa; (-) a interação é negativa; (+) a interação é positiva.

O desaparecimento de algumas espécies que sejam abundantes abre, na maioria das vezes, a oportunidade para que outras explorem esse nicho tornado vago. Adicione-se a isso alguns milhares de anos, ou mesmo milhões, e o planeta passa a ter uma gama de vida completamente distinta. Esses períodos com extinções em massa são cíclicos e têm provocado imensas modificações nas formas de vida na Terra, processo esse em permanente continuidade, mas que teve na evolução humana um importante agravante. Dada as intervenções promovidas pelo homem no planeta, esse processo natural e inevitável está sendo acelerado a uma velocidade jamais experimentada e com consequências imprevisíveis.

Por que e como conservar

Por que precisamos da natureza? Essa é uma pergunta aparentemente simples de se responder. A natureza é importante porque nos fornece matérias-primas para todas as nossas necessidades — alimentação, abrigo, vestimenta, lazer, etc. E por que necessitamos da natureza intacta? Essa já é uma pergunta um pouco mais difícil de se entender.

Na década de 70, um jornalista estrangeiro em visita à Amazônia, querendo enaltecer a importância da floresta, classificou-a como o *pulmão do mundo*, por julgar que seria a responsável pela manutenção da taxa de oxigênio da atmosfera. Essa afirmação está incorreta. Na verdade, o verdadeiro “pulmão do mundo” está nos ambientes aquáticos, onde encontramos as algas, estas sim com a vital função de manter, com sua ativi-

dade fotossintética, a taxa de oxigênio compatível com toda a vida no planeta. Entretanto, as florestas tropicais são importantes ecossistemas pela sua biodiversidade, além de outros fatores, tais como a manutenção de um regime pluviométrico e a temperatura das vastas regiões na qual ocorrem.

Além desse exemplo, muitos outros podem ser citados para demonstrar a necessidade de áreas intocadas:

Beleza cênica — As grandes paisagens naturais, tais como montanhas, florestas, campos, etc., são fundamentais para a nossa satisfação.

Áreas de lazer — Praias com excelente qualidade ambiental.

Biodiversidade — Da mesma forma que nas florestas tropicais ou em outras formações naturais preservadas existem plantas, essências, micro-organismos, animais, etc., que podem ser a solução para o combate a dezenas de doenças que assolam o mundo, essas mesmas áreas quando exploradas e devastadas podem liberar organismos que se encontravam em equilíbrio em seu ambiente natural. Como resultado de tais intervenções antrópicas, esses organismos livres das forças naturais (competição, predação, etc.) que os mantinham sob controle, acabam por se proliferar junto a aglomerados urbanos, por vezes de forma incontrolável, podendo gerar doenças muito graves, como é o caso do vírus Ebola.

Biodiversidade

Uma palavra que tem aparecido constantemente quando o assunto é conservação é **bi-**

odiversidade. E o que ela significa? Esse conceito deriva de um outro, fundamental à Ecologia: **diversidade** (as proporções entre os números das espécies presentes em alguma unidade da natureza). Uma das preocupações da Ecologia é inventariar todos os organismos de um determinado ambiente, do que resulta a máxima “Conhecer para preservar”. Inventariar significa registrar quantos espécies e indivíduos delas existem em um determinado ambiente em estudo. Isso equivale a se conhecer, por exemplo, quantas jaguatiricas (*Felis pardalis* — figura 5.6) existem em uma determinada área com Mata Atlântica no estado de São Paulo. Nesse caso, a diversidade implica saber não só o número de jaguatiricas, como também a proporção delas em relação aos demais felídeos e mesmo a todos os demais mamíferos da área em questão.



Figura 5.6: Jaguatirica (*Felis pardalis*), uma das espécies de felídeos brasileiros ameaçados de extinção.

É claro que isso não é um trabalho muito fácil de se realizar. Muitos grupos animais são extremamente difíceis de ser encontrados em seu ambiente silvestre. Por isso, para

detectar a presença de cada grupo existem técnicas diferenciadas. No caso dos mamíferos, a identificação de pegadas está entre os melhores métodos para a sua constatação (figura 5.7). Cada espécie tem uma pegada diferente e, dentro das espécies, é possível reconhecer individualmente os componentes de uma população. Já para aves, além da coloração da plumagem, o canto funciona como verdadeira carteira de identidade. Assim, como normalmente no Brasil se é capaz de reconhecer um bem-te-vi quando se ouve seu canto, sem precisar vê-lo, para pesquisadores treinados é possível identificar sem a visualização a maioria das espécies, se não todas, de um determinado local.



Figura 5.7: Pegada de lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), mamífero característico da região dos cerrados brasileiros.

Além dessas técnicas, existem dezenas de outras, como capturas com armadilhas para insetos, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Em relação às plantas, inventariar as espécies de um determinado local em muito é facilitada pela sua falta de mobilidade.

Entretanto, apesar de inúmeras técnicas de amostragem e o seu aperfeiçoamento, in-

clusive com a utilização de satélites para tais fins, é praticamente impossível se conhecer a diversidade de todos os grupos vegetais e animais de grandes áreas naturais, como as florestas tropicais. O que se dirá então, no planeta. Reside nessa constatação a principal importância do termo biodiversidade.

Portanto, enquanto diversidade significa o número de espécies e suas respectivas abundâncias, biodiversidade diz respeito ao total de espécies presentes, independente do número de indivíduos de cada uma delas. O número total de espécies, sejam elas microorganismos, plantas ou animais, não é completamente conhecido, embora existam listas sendo constantemente atualizadas por todo o planeta.

Para fins conservacionistas, ambos os conceitos são muito importantes, sendo um de interesse científico e outro utilizado como ferramenta para mobilização dos vários setores das sociedades. No entanto, muitas vezes é fundamental um estudo de diversidade para determinadas espécies. Resulta daí um outro conceito fundamental, o de espécies bioindicadoras.

Espécies bioindicadoras

Define-se *bioindicador* um organismo ou uma comunidade ecológica que, por ser tão estritamente associado a condições ambientais particulares, sua existência torna-se indicativo da existência destas próprias condições. As aves são geralmente os organismos mais utilizados como bioindicadores pois, entre os grupos animais, são frequentemente os mais conspícuos dentro de um ecossistema. Frequentemente por essa razão, tornam-se bons indicadores de mudanças.

Dessa forma, escolhendo-se algumas espécies bioindicadoras para serem preserva-

das, pode-se maximizar a conservação de uma determinada área como um todo, pois os recursos necessários à sobrevivência dessas espécies também são extensivos a outros organismos. É o caso, no Brasil, das araras-azuis, que, pela pressão da caça para o comércio e destruição do seu hábitat, encontram-se em uma situação crítica de conservação, tendo sido, inclusive, extinta uma das suas espécies.

Veja os exemplos a seguir:



Figura 5.8: *Anodorhynchus hyacinthinus* a maior das araras-azuis, fora de perigo imediato de extinção

1. Ararinha azul (*Cyanocopsitta spixii*) — É um dos quadros mais dramáticos do mundo atualmente: essa espécie chegou à situação melancólica de existir apenas um exemplar na natureza no município de Curaçá. Diversos esforços no mundo inteiro — até mesmo a criação, em 1985 do Comitê para Recuperação da Ararinha azul — foram e continuam sendo feitos para tentar reverter esse quadro. A partir de exem-

plares existentes em cativeiro (aproximadamente 30) espalhados por diversos países, está sendo tentado um repovoamento da espécie no seu hábitat natural, que é caatinga.

2. Arara-azul (*Anodorhynchus glaucus*), 72 cm — O último exemplar dessa espécie morreu na década de 20, no Jardim Zoológico de Paris. Não existem mais na natureza. Provavelmente essa tenha sido a primeira ave brasileira a ser extinta.

3. Arara-azul (*Anodorhynchus leari*), 75 cm — Existem hoje 132 exemplares em cativeiro e aproximadamente 60 casais na natureza, estes descobertos em 1978 na Estação Ecológica do Raso da Catarina, Bahia, pelo ornitólogo Helmut Sick. Essa espécie alimenta-se basicamente de coquinhos de licuri (*Syagrus coronata*), uma palmeira característica da caatinga, cujos frutos também são consumidos pelo homem e pelo gado. Além do consumo dos frutos, as boiadas acabam dificultando o crescimento de novas palmeiras pelo pisoteio do solo.

4. Arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) — É o maior representante da família dos psitacídeos (papagaios, araras, periquitos e afins). Está em melhores condições e fora de perigo imediato de extinção (1 m/50 cm). Vários aspectos positivos têm resultado das pesquisas e dos esforços para conservar essa espécie e seus exemplares:

- informações científicas, que podem ser utilizadas para outras espécies em situações semelhantes,

não só do Brasil como em qualquer parte do mundo;

- a preservação de outras espécies associadas aos hábitos alimentares das araras, bem como das espécies vegetais das quais elas se alimentam;
- a criação de unidades de conservação abrangendo os habitats das araras, preservando dessa forma centenas de outras espécies contidas nesses ambientes;
- assistência social para melhorar a qualidade de Vida das populações locais, para que interrompam o ciclo de caça e comércio de filhotes dessas aves.

Uma outra expressão utilizada para fins conservacionistas é o de espécie “guarda-chuva”. Ao contrário de espécie bioindicadora, que vai revelar mudanças ambientais, a “guarda chuva” garante reconhecida a preservação de muitas outras com hábitos (alimentares, comportamentais e/ou reprodutivos) semelhantes. Cabe lembrar aqui que espécies bioindicadoras não são somente aves; enquadram-se também nessa classificação outros grupos, como bactérias, fungos, algas, plantas superiores, insetos, peixes, anfíbios, répteis e mamíferos.

A caça ainda é um problema sério em todo o país, mesmo nas regiões onde ela não é um recurso de subsistência. (figura 5.9)

A maioria dos biólogos acredita que todos os animais têm evoluído

pelo processo de seleção natural, que então seria uma luta egoísta e impiedosa pela sobrevivência. Sendo assim, esta concepção nos leva a pensar a natureza como um campo de batalha onde dentes e garras garantiriam a vida do mais forte pela eliminação do mais fraco. Mas na realidade o que vemos? Muito ao contrário, vemos cooperação e colaboração, proteção e ajuda aos demais. Os pais cuidam de suas crias, algumas espécies alertam seus semelhantes para o perigo, os morcegos vampiros, animais execrados, salvam os companheiros da inanição. A luta egoísta pela sobrevivência e reprodução vai dando lugar à cooperação e à ajuda mútua porque isto, a longo prazo, significa vantagens para todos.

Para muitos animais, o fato de pertencer a um grupo que os auxilia e lhes fornece alimento em caso de necessidade lhes dá uma garantia maior de sobrevivência do que haveria numa existência solitária, mesmo que em algumas ocasiões essa associação implique ajuda e proteção aos demais. A cooperação pode ser lucrativa e, ainda que seja oriunda dos próprios interesses, não deixa de ser cooperação. Para nossa espécie, que se debate em conflitos e rivalidades, isto não deixa de ser reconfortante. (Dawkins⁵, p.34)



Figura 5.9: A fauna brasileira apresenta-se, de uma forma geral, extremamente vulnerável. A foto à esquerda mostra uma das espécies de tartarugas marinhas que vivem no litoral do Brasil. O afogamento em redes de pescadores e a coleta de ovos na praia quase levaram essas espécies à extinção. A foto à direita mostra a pata de uma capivara abatida para consumo.

Leitura Complementar

“PLANETA PERDE 70 ESPÉCIES DE VIDA POR DIA”

O Estado de São Paulo, domingo, 17 de dezembro de 1995

Biólogos alertam para destruição sem precedentes nos últimos 50 milhões de anos

DER SPIEGEL

Era uma vez a *Trilidea adamsi*, uma bela flor na selva neozelandesa, com formato de tubos vermelhos e frutas cor de fogo. É possível que nessa flor existisse uma substância capaz de curar a AIDS, o câncer ou um dermatite qualquer. Mas ninguém saberá ao certo. Em 1954, floresceu o último exemplar da espécie.

A flor sumiu aos poucos. A princípio, ocorreu uma diminuição do seu espaço vital. Os moradores nativos e os imigrantes europeus destruíram as florestas. Com o desaparecimento das árvores, sumiram também os pássaros que se encarregavam de espalhar as sementes. Finalmente, as plantas foram atacadas por uma raposa que os ingleses trouxeram da Austrália.

A morte desta flor neozelandesa foi o ato final de um drama que está se repetindo em milhares de outros lugares. Está ocorrendo uma mortandade em massa de espécies, sem precedentes nos últimos

50 milhões de anos; por hora morrem três espécies, calcula o biólogo evolucionista Edward Wilson. São mais de 70 espécies por dia, 27 mil por ano. Cada espécie representa um produto único e irrecuperável da vida, desenvolvido no decorrer de milênios.

Ameaça — Cerca de 25% das espécies estão ameaçadas de morte nos próximos 25 anos, segundo pesquisadores do National Science Board dos Estados Unidos. O ex-diretor geral de Agricultura e Alimentação (FAO), Edouard Saouma, diz que “o futuro da Humanidade pode depender do sucesso na defesa da multiplicidade de espécies e de como esse material pode ser usado sem prejudicar a natureza”.

As flores, da mesma maneira que os insetos e as cobras, levam consigo substâncias aromáticas, hormônios e venenos quando desaparecem. Cada uma dessas substâncias é um precioso medicamento em potencial. Além disso, com a perda de cada espécie, o homem prejudica o delicado equilíbrio biológico, que permite a multiplicidade da vida.

Como é possível salvar mi-

lhões de espécies ameaçadas pelo *Homo sapiens*? Justamente nos países onde a natureza mais precisa de proteção, a miséria dos habitantes é maior. E quem pode forçar os moradores do Terceiro Mundo, em nome de algumas libélulas ou papagaios, a desistir de pastos ou de campos agrícolas?

É por isso que mais biólogos exigem uma reforma radical na proteção da natureza. Segundo o botânico suíço Peter Edwards “a questão não é saber o que a proteção da natureza nos custará, mas o preço da destruição da biodiversidade”. Os pesquisadores veem aliados nos grandes grupos farmacêuticos. “Para a indústria farmacêutica, a natureza é uma mina de ouro”, comenta a pesquisadora Lynn Caporale, dos Laboratórios Merck. Sua empresa assinou um contrato com o Instituto de Multiplicidade Biológica (Imbio) de Costa Rica. Em troca de uma verba de US\$ 2 milhões, o Imbio coleta plantas e animais e envia seus extratos para o setor de pesquisas da Merck.

O SER HUMANO: UM ESTUDO BIOPSI-COSSOCIAL

Para se falar sobre corpo humano ao final do milênio, é preciso que se façam referências a algumas reflexões que, no decorrer e final do próprio século XX, foram levantadas por diversos estudiosos (filósofos, biólogos, historiadores, entre outros). Essas reflexões nos parecem relevantes para entendermos o ensino de Ciências no ensino fundamental e médio das nossas escolas.

Uma análise e identificação sobre como essa temática tem sido abordada pelos professores e livros didáticos nos levou a selecionar as seguintes considerações:

O corpo do homem, como o dos demais seres vivos, é constituído de partes que funcionam de modo integrado e harmonioso. Mesmo que cada parte tenha seu papel fundamental, o sucesso da vida depende da interação entre as células, tecidos, órgãos, aparelhos e sistemas. (Fontinha e Silva⁶, p. 115)

Seu corpo é uma unidade. Quando você respira, todo ele serve do oxigênio captado nos pulmões. Quando se alimenta, todo ele é nutrido. Quando anda, todo ele participa. Embora seja uma unidade, o corpo apresenta partes diferentes, cada uma especializada na função que realiza para o conjunto do organismo. Neste curso, analisaremos o corpo humano. Analisar significa dividir em partes e estudar cada uma delas. (Lembo, Moisés e Santos⁷, p. 1)

O corpo humano é, sob muitos aspectos, parecido com uma má-

quina. Tanto o corpo humano como a máquina realizam um trabalho. Cada parte do corpo tem sua própria tarefa. As partes trabalham em conjunto para manter o corpo vivo, da mesma forma que as partes de um automóvel trabalham juntamente para fazê-lo andar. Por exemplo, a pele protege o corpo humano como a pintura recobre e protege a chapa de metal de um carro. O alimento serve de combustível ao corpo como a gasolina ao motor. Como uma máquina, o corpo humano se desgasta e pára de funcionar se não for convenientemente cuidado. (Enciclopédia Delta Universal⁵, vol. 4, p. 2.331)

Essas afirmações demonstram uma visão de corpo humano constituído de peças mecânicas cujo conjunto forma a máquina humana, deixando de lado o homem que habita, que dá vida a esse corpo. Homem esse que não podemos traduzir em cabeça, tronco e membros mecânicos, mas o homem que pensa, que sente, que faz história. Essa é a concepção que o ensino de Ciências quer resgatar.

Capra¹ afirma que desde a Antiguidade, os objetivos da Ciência eram a sabedoria, a compreensão da ordem natural e a vida em harmonia com ela. A Ciência, como diziam os chineses, era realizada com propósitos integrativos, sempre ligada às necessidades da vida. Prevalencia a noção de um universo orgânico, vivo e espiritual.

Nesse mesmo sentido, a CENP³ aponta que:

O estudo do corpo humano tem sido realizado de forma fragmentada

e isolada. Frequentemente, separa-se corpo e mente, como se as funções do organismo não dependessem do intelecto, esquecendo-se que o corpo é um todo que funciona integradamente. No entanto, a criança possui uma visão globalizante do próprio homem, fortalecendo a tendência atual da ideia do homem como um todo articulado. (p. 1)

Em nossa cultura, tem sido encorajado o comportamento individualista, racional, sintetizado na célebre frase de Descartes *Cogito, ergo sum* — “Penso, logo existo”. Raciocinando assim, nos desligamos do meio natural e das interações que aí ocorrem.

A divisão entre espírito e matéria levou à concepção do universo como um sistema mecânico que consiste em objetos separados, os quais, por sua vez, foram reduzidos a seus componentes materiais fundamentais cujas propriedades e interações, acredita-se, determinam completamente todos os fenômenos naturais. Essa concepção cartesiana da natureza foi, além disso, estendida aos organismos vivos, consideradas máquinas constituídas de peças separadas. Veremos que tal concepção mecanicista do mundo ainda está na base da maioria de nossas ciências e continua a exercer uma enorme influência em muitos aspectos de nossa vida. Levou a bem conhecida fragmentação em nossas disciplinas acadêmicas e entidades governamentais e serviu como fundamento lógico para o tratamento do meio ambiente natural como se ele fosse formado de

peças separadas a serem exploradas por diferentes grupos de interesses. (Capra¹, p. 37)

O método analítico de Descartes contribuiu muito para o desenvolvimento do pensamento científico e para essa separação entre mente e corpo. Assim, ele afirmou que “não há nada no conceito de corpo que pertença à mente, e nada na ideia de mente que pertença ao corpo”. (Capra¹, p. 55)

A teoria reducionista, que se baseia no fato de que o organismo vivo pode ser estudado se forem reduzidos aos seus menores componentes, teve um avanço significativo em algumas áreas, como a biologia molecular, mas falham no estudo de processos integrativos. A medicina ocidental, que se baseia na teoria reducionista da biologia, tem falhas ao não conseguir analisar o indivíduo como um todo articulado.

É de Needham⁹ a afirmação de que, “em Ciência, o homem é uma máquina; ou, se não é, então não é absolutamente nada”. Mais tarde, abandonou o campo da biologia e se tornou um fervoroso defensor da visão de mundo organicista, que constitui a base do pensamento chinês.

Uma nova visão de Ciência e em sequência do corpo humano baseia-se nas interações entre todos os fenômenos físicos, químicos, biológicos, psicológicos, sociais e culturais. Percebe-se hoje que o corpo é um sistema. E, como qualquer sistema, são totalidades que resultam das interações entre as suas partes e elas podem sofrer influência do meio. Ao se dissecar em partes esse sistema, a noção da totalidade fica prejudicada.

A diferença entre a visão mecanicista da vida que trata os organismos vivos como máquina é que esta precisa de energia para funcionar, mas não precisa interagir com o meio

ambiente para se manter em funcionamento. Ao passo que os organismos vivos têm de se manter em contínua troca de energia e de matéria para permanecerem vivos.

O nível de organização dos organismos vivos envolve sistemas formados de órgãos, sendo cada órgão constituído de tecido e cada tecido, composto de células. Embora possamos estudar as partes individualmente em cada sistema, o corpo humano é mais que a soma de suas partes. É um ser vivo que pensa, age e sente emoções.

Nessa perspectiva, objetivamos o estudo do ser humano como um todo articulado entre si, fazendo parte do ambiente, interagindo com ele e modificando-o. As atividades que se seguem estão, portanto, levando em conta uma percepção de corpo e de homem numa perspectiva de se estudar o ser humano. Nesse sentido entendemos que trabalhar tais atividades com outras áreas do saber poderá, de fato, propiciar ao aluno a compreensão do seu corpo inserido num contexto político, social e cultural.

SISTEMA REPRODUTOR E SEXUALIDADE HUMANA

Reprodução é a capacidade de produzir descendentes e, com isso, garantir a perpetuação da espécie. Para ocorrer a reprodução na espécie humana há necessidade de dois gametas, ou células sexuais masculinas e femininas, que se juntam formando a célula-ovo que dará origem a um novo ser. Os gametas são gerados em órgãos denominados gônadas, também responsáveis pela produção de hormônios. As gônadas masculinas denominam-se testículos e produzem os espermatozoides; as gônadas femininas — os ovários — produzem os óvulos.

Apesar da sexualidade humana ser atualmente tema bastante discutido nos meios de comunicação, não se pode dizer que ela tenha chegado a ser debatida no âmbito escolar a partir de enfoque interdisciplinar.

Ainda hoje, os temas relacionados a reprodução e às doenças sexualmente transmissíveis são privilegiados nos livros didáticos; não há referências significativas aos aspectos ligados ao prazer e à troca de afetividade, numa clara tendência de reduzir o estudo da sexualidade humana aos seus componentes biológicos, pelo menos na área do ensino. (CASTRO et al², p. 15)

Para abordar a sexualidade humana no ensino de Ciências, sugerimos o estudo de algumas informações básicas da anatomia e fisiologia do sistema reprodutor e, principalmente, a vivência participativa dos alunos em sala de aula, para que se possa refletir e discutir esse assunto.

Sistema reprodutor masculino

É composto de:

1. **Testículos** — Dois grãos esféricos localizados no saco — ou escroto — e constituídos por túbulos enovelados — os túbulos seminíferos —, onde são produzidos os espermatozoides. Além de gerar os espermatozoides, os testículos possuem as células intersticiais de Leydig, que fabricam o hormônio testosterona, responsável pelos caracteres sexuais secundários no homem e pela formação dos espermatozoides.

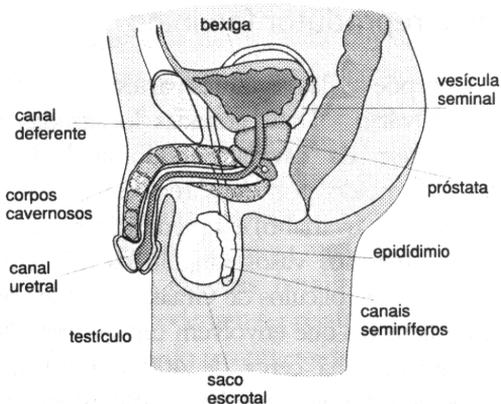


Figura 5.10: Sistema reprodutor masculino.

2. **Epidídimo** — Local onde os espermatozoides são armazenados. É formado por um túbulo enovelado de menor calibre onde os espermatozoides ficam reservados.
3. **Canal deferente** — De cada epidídimo sai um canal longo e fino que conduz o espermatozoide para o exterior. Partindo da parede do testículo, esse canal recebe o líquido seminal produzido pela vesícula seminal, atravessa a próstata, onde recebe o líquido prostático, e desemboca na uretra. A mistura do espermatozoide com o líquido seminal e o líquido prostático recebe o nome de esperma ou sêmen.
4. **Próstata** — Glândula que produz secreções.
5. **Duto ejaculador** — Continuação do canal deferente, desemboca na uretra, onde lança o sêmen.
6. **Glândulas bulbouretrais** — Também conhecidas como glândulas de Cowper,

são estruturas do tamanho de uma ervilha situadas abaixo da próstata, de cada lado da uretra.

7. **Uretra** — Começa na bexiga e vai até a extremidade do pênis. A uretra é comum aos sistemas urinário e reprodutor, portanto, serve para liberar a urina e o sêmen.

8. **Pênis** — Órgão genital externo masculino. Penetra no aparelho reprodutor feminino durante a relação sexual, instante em que se encontra rígido, por estar seu interior cheio de sangue. No clímax do ato sexual (orgasmo), o esperma é expulso (ejaculação), como resultado de contrações rítmicas da parede uretral.

Sistema reprodutor feminino

Compõe-se das seguintes partes:

1. **Ovário** — Duas gônadas localizadas na parte inferior da cavidade abdominal. Cada ovário é formado por duas regiões: a cortical externa (córtex ovariano) e a medula interna, esta contém numerosos vasos sanguíneos. Na parte cortical estão os folículos de Graaf, formados por células foliculares que envolvem um ovócito. No ovário humano há cerca de 400 mil folículos imaturos, sendo que entre 300 e 400 atingirão a maturidade durante a vida fértil da mulher, liberando os ovócitos contidos nos folículos. Os ovários produzem, além do óvulo, hormônios femininos, estrógenos e progesterona.

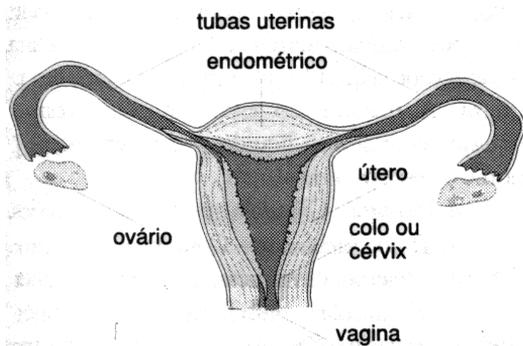


Figura 5.11: Sistema reprodutor feminino.

2. **Tuba uterina** — Dois longos canais que ligam a superfície dos ovários ao interior do útero. É na tuba que ocorre a fecundação, ou seja, a união do óvulo com o espermatozoide.
3. **Útero** — Órgão em forma de pêra, muscular e elástico, onde, durante a gravidez, se dá o desenvolvimento do embrião.
4. **Vagina** — Canal que comunica o útero com o exterior. Na mulher virgem, a entrada da vagina é parcialmente fechada pelo hímen.
5. **Genitália externa ou vulva** — Região que protege o canal vaginal, constituída pelos pequenos e grandes lábios, o clitóris e as glândulas vestibulares maiores.

Da fecundação ao nascimento

Durante o ato sexual, o homem está liberando, ao ejacular na vagina da mulher, entre 200 a 300 milhões de espermatozoides. Pelas superfícies úmidas do aparelho reprodutor feminino, os espermatozoides nadam

ativamente até as tubas uterinas, graças aos movimentos contínuos de seus flagelos. Se houver um óvulo no primeiro terço de uma das tubas, um espermatozoide, entre os milhões que foram lançados com a ejaculação, poderá fecundá-lo.

O óvulo mantém a capacidade de ser fecundado, principalmente nas primeiras 24 horas após a sua liberação pelo ovário. Já os espermatozoides mantêm a sua capacidade de fecundação no interior do organismo por cerca de dois ou três dias.

A união de um espermatozoide com um óvulo origina a célula-ovo — ou zigoto. A partir disso o zigoto começa a se dividir numerosas vezes. Começa a surgir um corpo formado por muitas células, que irá se alojar na cavidade uterina e se desenvolver ao longo de nove meses.

Da célula-ovo — ou zigoto, origina-se um embrião que, por volta do terceiro mês de gravidez, passa a ser chamado de feto.

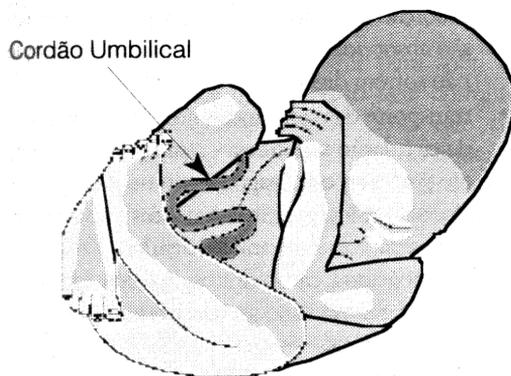


Figura 5.12: Feto humano.

Durante a gestação, o feto fica protegido pela bolsa amniótica, que contém o líquido amniótico. É através da placenta que ocor-

rem as trocas gasosas e nutritivas entre a mãe e o filho.

No final da gestação, a placenta vai diminuindo a produção de hormônios promotores do relaxamento do útero. Assim, o útero readquire a sua contratibilidade e passa a se contrair, pressionando o feto e empurrando-o em direção à vagina.

O feto, que nessa etapa se encontra com a cabeça para baixo, passa através da abertura do útero e da vagina, ganhando o meio externo.

A placenta desprega-se da parede do útero e é expulsa, quando então o cordão umbilical, que liga o feto à placenta, deve ser cortado.

O ciclo menstrual

Se o óvulo liberado pelo ovário não encontrar o espermatozoide na tuba uterina, não haverá fecundação. A mucosa uterina, que prolifera em média a cada 28 dias, desprende-se e é eliminada junto com o sangue acumulado na parede do endométrio. Esse sangramento é chamado de menstruação.

O primeiro dia do sangramento é o primeiro dia do ciclo menstrual. Durante o ciclo há uma variação na taxa de hormônios hipofisários e ovarianos, cujas concentrações no sangue determinam a fase do ciclo menstrual.

O conhecimento da época aproximada em que ocorre a ovulação permite estimar os períodos férteis da mulher. Entretanto a ovulação não ocorre necessariamente no 14º dia do ciclo, pois vários são os fatores que podem afetar a data provável da ovulação.

SISTEMA DIGESTÓRIO

Já na origem dos primeiros seres vivos, ou seja, da existência da primeira célula, esta, ao se isolar do meio através de uma membrana envoltória, passou a ter necessidade de desenvolver mecanismos que permitissem a passagem de substâncias do meio interno para o externo e vice-versa. Inicialmente, eram incorporadas substâncias muito semelhantes ao meio interno, pois assim as transformações exigidas para o aproveitamento desse material poderiam ser relativamente simples.

Ao longo do tempo essas substâncias foram ficando escassas no ambiente fazendo, com que esses primeiros seres passassem a absorver outras mais complexas, que, conseqüentemente, exigiam mecanismos igualmente mais sofisticados para que as reações químico-eletróstáticas no seu interior se processassem de forma mais eficiente.

As modificações/alterações ocorridas no ambiente selecionavam os seres vivos, que, ao longo de milhares de anos, foram se adaptando às mudanças e desenvolvendo no seu interior intensa reorganização estrutural. É o caso do surgimento de sistemas membranosos para delimitar porções com funções especializadas (organelas celulares), já que, da mesma forma, os agregados de moléculas químicas vinham se transformando, se unindo e se compactando, de modo a alterar sua forma para caberem em espaço mais diminuto.

Alguns cientistas assim admitem o surgimento das moléculas orgânicas complexas — por exemplo, as enzimas e os ácidos nucleicos —, como organizadores dessa crescente complexidade. Portanto, a regulação desses processos através de mecanismos enzimáticos é um fato importante da evolução

e deve ter iniciado muito precocemente. Na sequência evolutiva, isso se concretizou em termos celulares a partir do confinamento de enzimas, do restante do citoplasma, em sáculos/vesículas membranosas, especializadas em “digestão intracelular” — os lisossomos.

Com o surgimento dos indivíduos pluricelulares, cada vez mais, os seres vivos tiveram que se adaptar para melhorar os processos de transformação das substâncias do ambiente, digerindo-as e absorvendo-as.

Essa análise evolutiva, nos leva a entender melhor o processo digestivo que ocorre no próprio homem.

É um processo de transformação do alimento, tanto química (através da ação das enzimas ocorrem rupturas e formações de novas substâncias com propriedades diferentes das iniciais) quanto física (transformação da forma, enquanto as propriedades específicas se mantêm). Basta a digestão para que os alimentos/substâncias se reduzam a partículas bem pequenas de modo que possam ser absorvidas pelas células do organismo. Alguns alimentos, por já se encontrarem de forma reduzida, não sofrem digestão — é o caso da água, da glicose e dos sais minerais.

Para que o tubo digestivo desempenhe sua função, são necessários:

- movimentação — processos mecânicos de quebra, mistura e transporte dos alimentos;
- secreção de sucos digestivos e digestão do alimento — processos químicos de produção e ação enzimática, recrutando na quebra do alimento em partículas menores, ou seja, sua digestão;
- absorção de produtos digeridos — além deles, são absorvidas a água e outras substâncias que não sofrem digestão;
- transporte das substâncias absorvidas através da circulação sanguínea — essa absorção se dá, em parte, no estômago (como no caso do álcool e de alguns medicamentos); em maior intensidade, no intestino delgado (aminoácidos, carboidratos, lipídios, íons e água); e no intestino grosso, onde há absorção de água e íons.

Portanto, a digestão propriamente dita é uma das fases do processo digestivo, na qual processos específicos acontecem, resultando na diminuição de partículas alimentares, para posterior absorção pelo organismo. O processo digestivo culmina com a absorção dos produtos finais da digestão, bem como a água, íons e outras substâncias, e a eliminação de outras constituindo as fezes.

O caminho do alimento através do sistema digestório está esquematizado na figura 5.13, a saber: boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, reto e ânus. As glândulas anexas: salivares, fígado e pâncreas contribuem na digestão secretando sucos digestivos.

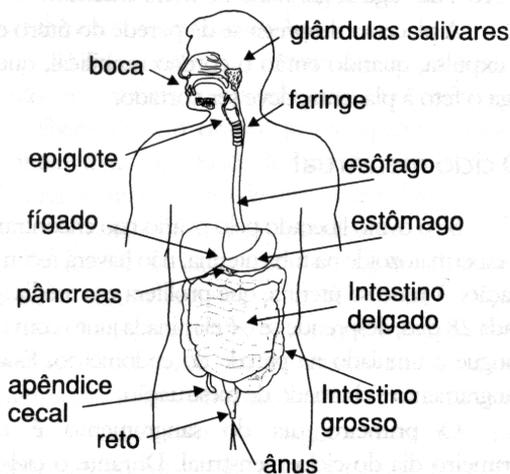


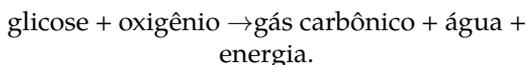
Figura 5.13: Processo digestivo.

SISTEMA RESPIRATÓRIO

O homem necessita respirar para sobreviver. Mas, se não for transportado pela corrente sanguínea (sistema circulatório), o ar que ele inspira não chegará às células. A consequente produção de energia e trocas metabólicas que ocorrem nas células resultam em CO_2 (gás carbônico), retirado de nosso organismo junto com o ar que expiramos.

A função do aparelho respiratório é colocar o ar em contato com o sangue, permitindo as trocas gasosas. Para que isso ocorra é necessário um mecanismo de expiração e inspiração com elevado grau de eficiência.

As células do corpo humano utilizam a glicose na obtenção da energia de que precisam, transformando-a em outras substâncias. Para tanto, elas necessitam de oxigênio. O processo de respiração pode ser assim resumido:



Como o gás carbônico não tem utilidade para as nossas células, ele é eliminado através do sangue. O calor do corpo deve-se à parte da energia produzida pelas células ao respirarem. Com a outra parte dessa energia, as células realizam sua atividade.

Chama-se *respiração* as trocas gasosas com o meio externo realizadas através das superfícies respiratórias do organismo dos animais. A respiração é essencial, dado que todos os animais precisam de oxigênio para o seu metabolismo celular e necessitam ainda eliminar o gás carbônico dele resultante.

Em sentido mais restrito, o termo respiração se aplica ao processo no qual se obtém a energia necessária à atividade celular. Essa energia é obtida a partir de compostos orgânicos.

A respiração dos animais é, com raras exceções, aeróbica. Nem todos eles possuem um sistema respiratório encarregado da respiração. São os tipos de estruturas respiratórias presentes nos animais que determinam os mecanismos de trocas gasosas que ocorrem nos seus organismos.

Nos mamíferos, para o ar chegar aos pulmões, ele penetra pelas fossas nasais, onde é filtrado e aquecido. A filtração é feita através dos pelos associados a presença de glândulas secretoras de muco localizados na parte interna das fossas nasais. O aquecimento é possível graças à intensa vascularização sanguínea existente nesse local. Das fossas nasais o ar passa à faringe, um tubo comum aos sistemas digestivo e respiratório.

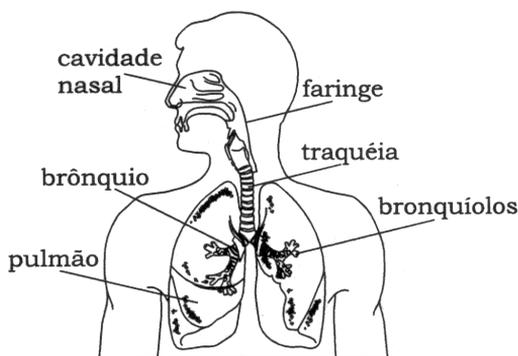


Figura 5.14: Sistema respiratório.

Após a faringe o ar atravessa a laringe e, depois, a traquéia. Na parte superior da laringe (glote), existe uma espécie de língua cartilaginosa — a epiglote — que se abre quando da passagem de ar e se fecha no momento da descida dos alimentos para o esôfago.

A traquéia humana é um tubo com cerca de 20 anéis cartilagosos, situado na frente do esôfago. Em sua parte inferior, ela se ramifica em dois brônquios, que penetram nos pulmões, para onde se dirige o ar. No interior dos pulmões, os brônquios transferem o ar até o interior de pequenos sacos, os alvéolos pulmonares (saquinhos de paredes delicadas, recobertas por uma rede de capilares sanguíneos onde ocorrem as trocas gasosas).

Nos capilares que recobrem os alvéolos, o sangue fica muito próximo ao ar. Essa proximidade permite que o gás oxigênio, presente no ar inspirado, passe para o sangue.

O homem não vive independentemente da natureza. Ele é parte da natureza e desse equilíbrio resulta sua saúde ou, ao contrário, a doença, resultante de um desequilíbrio. Portanto, se o homem viver num meio ambiente poluído/contaminado, certamente ele

será acometido de muitas doenças. Assim, não se pode falar de sistema respiratório sem falar em saúde e em meio ambiente equilibrado.

Pesquisas recentes apontam que na fuligem da cana queimada, existe em torno de 40 substâncias cancerígenas, inspiradas durante quase o ano todo por moradores das regiões de produção canaveira.

Não podemos nos esquecer do ocorrido no Nordeste brasileiro, onde, no início da colonização, deu-se a retirada do pau-brasil, seguida do estabelecimento da agricultura e de pastagens, responsáveis pelo desmatamento de toda a região. Essas alterações ambientais modificam os fatores climáticos, como por exemplo o afastamento das chuvas, fator decisivo para a condição atual do sertão nordestino.

Na Noruega, florestas de pinho foram totalmente mortas em um raio de 13 quilômetros ao redor de uma usina que libera flúor por suas chaminés.

No Brasil as indústrias lançam diariamente inúmeros produtos químicos no ar. Somando-se esses resultados em escala mundial, temos os problemas como o da chuva ácida e da destruição da camada de ozônio. Consequência disso é o aumento anual do câncer de pele, que tem atingido um número crescente de pessoas. Outra consequência imediata das inúmeras alterações ambientais é o crescimento de doenças respiratórias no homem.

Na África, a agricultura itinerante retirou as florestas primitivas e deu origem a grandes extensões de savanas. Essa transformação da vegetação original também aconteceu na Malásia, na Tailândia e no Camboja. A prática das queimadas transformou, irreversivelmente, a vegetação local. Em muitos casos, a consequência foi a diversificação total

desses territórios.

Na Tchecoslováquia, o ácido sulfúrico exalado das chaminés das fábricas agride plantas e já provoca perda de até 45% dos cereais e mais de 50% do milho e beterraba, plantada em grandes áreas para a fabricação de açúcar.

Entre os problemas adquiridos através do aparelho respiratório, cabe destacar ainda os causados particularmente pelo fumo: doenças cardiovasculares, coronarianas, hipertensão arterial, bronquite crônica, enfisema e câncer dos diversos órgãos. O hábito de fumar tem relação ainda com afecções

digestivas, endócrinas, oftalmológicas, obstétricas, otorrinolaringológicas, pediátricas (mães que fumam e passam os malefícios a seus filhos), urológicas, hematológicas, ortopédicas, nefrológicas, respiratórias, vasculares periféricas, ginecológicas e neurológicas, além de afetar o desenvolvimento da inteligência, impotência sexual, etc.

Portanto, relação entre qualidade de vida e qualidade ambiental é direta, merecendo atenção de cada indivíduo e, particularmente, dos governos em suas políticas de saúde e meio ambiente.

DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

ATIVIDADE Nº 1

Conhecimento físico do ambiente

Motive os alunos para realização da visita a um ambiente selecionado e conhecido previamente por você, problematizando aquele(s) conteúdo(s) a ser(em) estudado(s). No nosso caso, iremos direcionar as atividades ao desenvolvimento de: cadeia/teia alimentar, interações entre os seres vivos, sucessão ecológica e adaptações dos seres vivos.

Assim, discuta com os alunos o roteiro de observação e a forma de seus registros. Proponha, após a visita, representarem o meio ambiente observado a partir de questões-problemas fruto da própria observação, considerando sempre o ambiente sob três aspectos: como ele era ontem, como é hoje e como será amanhã. Sugerimos para essa representação as seguintes atividades:

- montagem de maquetas de um ambiente qualquer com sucatas;
- dramatização de uma situação que tenha como tema central o ambiente;
- criação de uma paródia musical;
- criação e produção de histórias em quadrinhos;
- montagens de cartazes a partir de recortes;
- produção de poesias e pequenos textos.

Essas representações devem ser cuidadosamente observadas e estudadas por você, pois poderão permitir a percepção das pré-concepções dos alunos sobre vários fatos e fenômenos, tais como: cadeia e teia alimentar, interações e transformações ocorridas no ambiente e com o ambiente ao longo do tempo, componentes do ambiente, fatores de conservação e destruição do ambiente, etc.

As representações deverão ser socializadas através da exposição/apresentação para a classe, identificando-se os temas/conceitos aí representados, que deverão ser selecionados conforme os objetivos previamente propostos.

ATIVIDADE Nº 2

Construindo um ecossistema

Nessa primeira atividade, é proposta a construção de um ecossistema artificial auto-sustentável. Ou seja, após a sua construção, não há mais a necessidade de se fazer qualquer tipo de intervenção.

Material:

- um vidro com tampa (uma garrafa ou um vidro de conservas);
- uma pinça de fabricação caseira (pode ser feita com bambu);
- pedras pequenas;
- terra e areia (em quantidade de acordo com a capacidade do vidro);
- plantas (dê preferência a plantas com necessidade menor de luz direta e de porte diminuto).

Procedimento:

1. Lave bem o vidro que irá utilizar, para evitar fungos e outros micro-organismos indesejáveis; preferencialmente, utilize detergente (biodegradável) e deixe secar ao sol.
2. Prepare uma quantidade de terra de tal forma que seu volume ocupe aproximadamente um quarto do vidro que você for utilizar. Peneire a terra e a deixe secar, conforme a umidade que estiver apresentando. O ideal é que ela fique bem seca.
3. Lave também as pedras e a areia.
4. Oriente os alunos para preparem os vidros da seguinte forma: coloque inicialmente uma camada de pedras, com aproximadamente 2 cm de altura; cubra as pedras com uma camada de areia da mesma espessura; coloque, então, 3 cm da terra peneirada.
5. Com o auxílio da pinça de bambu, ou outro instrumento que sirva para tal fim, lixe a(s) planta(s) no substrato preparado. Não existem muitas regras em relação ao arranjo das plantas dentro do vidro. O importante é não se esquecer que as plantas irão crescer e se desenvolver, embora lentamente, dentro do vidro.
6. Após o arranjo das plantas, coloque mais uma camada de terra de aproximadamente 5 cm e a compacte levemente, para que as plantas fiquem firmes no lugar.
7. Regue as plantas tomando cuidado para não encharcar. Com o auxílio da pinça, utilize um pedaço de pano ou algodão para limpar o interior do vidro.

Após esses procedimentos, feche o vidro. Você terá construído, então, o seu próprio ecossistema.

Observação: nos primeiros dias, o interior do vidro pode ficar embaçado, devido à respiração excessiva dos componentes vivos. Caso esse embaçamento dure por muitos dias, abra o vidro, limpe suas paredes internas e volte a fechá-lo.

ATIVIDADE Nº 3

Cadeia Alimentar

A partir de exemplos seus ou de situações representadas pelos alunos na atividade nº1, você pode iniciar a compreensão das suas ideias sobre o ambiente, detendo-se agora nas manifestações relativas aos conceitos de cadeia e teia alimentar.

Explore os elementos e a função dos componentes da cadeia e da teia alimentares. Para tanto, utilize o kit Seres Vivos 6 — *Cadeia alimentar* — 1. *Montagem de cadeias*, da Experimentoteca. Aplique o Jogo da Cadeia, conforme as instruções nele contidas, acrescidas dos seguintes questionamentos:

- um mesmo componente de uma cadeia pode interagir com o(s) de outra(s) cadeia(s)?
Para o entendimento dessa questão, solicite que os alunos façam a montagem de teias alimentares utilizando as mesmas fichas;
- o que acontece com os demais componentes (níveis tróficos) da cadeia quando o número de indivíduos de um deles é alterado?

Após ampla discussão dos motivos e consequências dessa alteração, utilize o kit Seres Vivos 6 — *Cadeia alimentar* — 3. *Dramatização: Controle Biológico*, da Experimentoteca. A mesma atividade proporcionará a percepção da utilização do controle biológico como mecanismo possibilitador da reestruturação de uma cadeia alterada.

Em seguida, poderá ser feita a atividade do kit Seres Vivos 6 — *Cadeia Alimentar* — 2. *Dramatização: Presa e Predador*, da Experimentoteca, que consiste na dramatização de uma cadeia alimentar, onde encontramos plantas, preás e jaguatiricas. Destaca-se nesse jogo também o conceito de decompositores, seleção dos mais aptos e conservação de energia.

ATIVIDADE Nº 4

Sucessão ecológica

Peça aos alunos que identifiquem situações em que o homem interfere no meio ambiente. Em seguida, discuta com eles se essas interferências afetam ou não a produtividade imediata. Pergunte-lhes:

- como num ambiente desnudo (rochoso) as plantas poderiam surgir?

- que tipo de vegetais iriam ocupar esse local?
- haveria uma sequência de animais que aí poderiam se instalar? Como?

Para complementar a discussão, realize as atividades propostas no kit Seres Vivos 9 — *Sucessão ecológica*, da Experimentoteca, conforme as instruções.

ATIVIDADE Nº 5

Interações biológicas

Utilizando os exemplos de cadeia construídos pelos alunos na atividade nº3 (kit Seres Vivos 6 — *Cadeia alimentar* — 1. *Montagem de cadeias*, da Experimentoteca), peça para identificarem a relação existente entre os seus elementos. Pergunte a eles:

- se podem dar exemplo(s) de interação(ões) entre os seres vivos que já presenciaram, quer na natureza quer através de fotos, TV, etc.;
- como se dão essas interações?
- há benefícios ou prejuízos para os indivíduos envolvidos?

O objetivo dessa atividade é enfatizar tanto as relações harmônicas quanto aquelas em que isso não acontece (desarmônicas). Para tanto, utilize o kit Seres Vivos 7 — *Interações dos seres vivos* — 2. *Relações entre os seres vivos e o ambiente*, da Experimentoteca.

Cabe resgatar o conceito de *ecossistema*, local onde estão ocorrendo as relações entre os seres vivos e os outros componentes do meio ambiente.

Utilizando os exemplos dados pelos alunos e os citados no esquema desse kit já preenchido, estabeleça junto com eles os principais tipos de relações que estão ocorrendo nesse ambiente esquematizado.

ATIVIDADE Nº 6

Adaptação

Solicite que os alunos selecionem alguns dos seres vivos que mais conheçam, relacionados à atividade realizada com o kit 7.2, e identifiquem as características deles. Além dos que eles próprios apresentarem, ajude-os a pensar, sugerindo observações sobre meios de defesa, alimentação, reprodução, tipo de ambiente em que vivem, coloração do corpo, forma, etc.

A partir dessas descrições, relacione-as com o fato delas favorecerem ou não a melhor sobrevivência do organismo no ambiente. Destaque você também algumas dessas características que julgar pertinentes como exemplo de adaptação selecionadas naturalmente pelo ambiente.

Para o entendimento de alguns outros mecanismos de adaptações, realize a atividade do kit Seres Vivos 8 — *Adaptações dos Seres Vivos*, da Experimentoteca.

ATIVIDADE Nº 7

Evolução

As adaptações são transformações que aconteceram/acontecem ao longo de várias gerações. Reportando-se aos exemplos estudados na atividade nº4, o(a) professor(a) poderá perguntar aos alunos:

- as características percebidas nesses seres vivos sempre se apresentaram dessa forma ou poderão ter sido diferentes?
- que evidências existem para provar que as características se transformam?
- qualquer transformação é passada/transmitida dos pais para os seus descendentes?

Para auxiliar essa discussão, é importante realizar as atividades propostas pelo kit Seres Vivos 1 — *Evolução* — 1. *Conhecendo as eras* e 2. *Medindo o tempo*, da Experimentoteca.

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 8 E 9

- reconhecer a necessidade do corpo estar em harmonia com o ambiente em que vive;
- conceituar nutrição e sua importância na preservação da saúde física, mental e social;
- identificar os efeitos de alguns vícios no organismo e suas implicações sociais.

ATIVIDADE Nº 8

Registrando situações do cotidiano

Para a construção da ideia de corpo humano como um todo articulado é importante que o aluno se perceba não só do ponto de vista biológico, mas como ser pensante, falante, cheio de emoções..., portanto, que vive num ambiente onde se relaciona com os outros humanos e os demais seres vivos do ambiente.

Sugerimos que cada aluno tenha um caderno onde registre situações vividas no seu dia-a-dia, dentro e fora da escola. Solicite aos alunos o porquê dos pais terem lhe dado o seu respectivo nome.

Agora é a vez de cada estudante olhar em um espelho grande para se enxergar de corpo inteiro e, depois, em um espelho pequeno, observando só o rosto, demoradamente. Ele deve escrever o que sente ao fazer isso (incentive-o para que libere a imaginação, escrevendo sem pensar muito, deixando as emoções aflorarem).

ATIVIDADE Nº 9

Identificando as partes do corpo

Divida a classe em grupos e solicite que um de seus componentes (apesar da escolha da pessoa ficar por conta de cada grupo, atente para que na classe haja esquemas dos corpos masculino e feminino) deite sobre um pedaço de papel kraft (papel jornal ou de embrulho) e que os colegas façam o contorno do seu corpo. Uma vez delineado o contorno, peça que desenhem os órgãos conhecidos por eles, colocando os respectivos nomes e, se possível, identificando a(s) função(ões) deles.

De posse desses esquemas, socialize-os entre a classe e possibilite que os alunos, a partir da comparação, redesenhem em conjunto um esquema do corpo humano, de modo que este contenha todas as partes registradas em cada grupo, incluindo as alterações que a classe julgou pertinente.

A partir de questionamentos, associe essa atividade à descrição individual realizada na atividade nº1, instigando-os a perceber que partes (órgãos) são responsáveis pela realização da maioria daquelas ações.

Se você tiver um esquema de corpo humano já pronto, mostre-lhes nesse momento, para as devidas aproximações entre ele e aquele que tenha resultado do estudo da classe, introduzindo os comentários devidos.

Solicite, então, que os alunos agrupem aqueles órgãos que realizam funções semelhantes. Novamente, através de questionamentos, ajude-os nessa classificação.

Nesse trabalho, não dará para tratarmos todos os sistemas do corpo humano. Sendo assim, de acordo com nossos objetivos, a partir dessa atividade vamos nos direcionar ao estudo de apenas alguns deles, tais como o reprodutor e a sexualidade humana, o digestório e o respiratório.

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 10 E 11

- Aproximar as concepções dos alunos do conhecimento científico;
- discutir os preconceitos e crendices a respeito das manifestações da sexualidade;
- promover responsabilidade e saúde sexual;
- incentivar o respeito, a liberdade de opção sexual;
- contribuir para a vivência do prazer, troca de afetividade e o enriquecimento dos relacionamentos;
- compreender o funcionamento anatômico e fisiológico do sistema reprodutor humano;
- ajudar os indivíduos a construir valores que orientem sua vida na sociedade.

ATIVIDADE Nº 10

Conhecendo o corpo por dentro e por fora

Partindo do esquema feito pela classe, selecione o sistema reprodutor tanto masculino quanto feminino. Solicite que cada aluno faça, agora numa folha tamanho sulfite, duas silhuetas humanas, uma masculina e outra feminina, colocando apenas os órgãos dos respectivos sistemas reprodutores.

Isso feito, reúna os alunos em pequenos grupos e, com os esquemas trocados entre eles, faça com que os grupos critiquem o trabalho uns dos outros, ressaltando ideias conflitantes entre os elementos.

Ao promover essa discussão, considere usar questionamentos desse tipo:

- as diferenças que você conhece entre um homem e uma mulher estão aí registradas?
- há outras que não estão ou não podem ser desenhadas? Quais?

É importante ressaltar as outras diferenças de caráter físico, sem ser os órgãos, e também as de caráter cultural e social, como por exemplo as vestimentas, maquiagem, postura, fala, influenciadas pelo meio em que a pessoa vive.

- essas diferenças são sempre as mesmas ou se modificam ao longo da vida?
- você notou mudanças no seu corpo? Quais são elas?
- ao notar essas diferenças, como você está se sentindo?
- está tendo muitos “grilos” com isso? Quais?
- você procura conversar com alguém a esse respeito?

Utilize o kit Corpo Humano 6 — *Modelos Anatômicos do Aparelho Reprodutor Masculino e Feminino*, da Experimentoteca, para auxiliar essa discussão.

Fique atento a outras questões que os próprios alunos possam apresentar e aproveite para deixá-los trocar informações entre si; apenas interfira mediando as falas quando julgar necessário complementar ideias ou contrapô-las. Através das dúvidas que forem surgindo, selecione as mais polêmicas, estabelecendo assim os conteúdos a serem trabalhados.

As principais dúvidas registradas pela literatura nesse campo são: nascimento do bebê, transformações no corpo, masturbação, gravidez na adolescência, métodos anticoncepcionais, homossexualidade, entre outros.

Sugerimos que você leve uma caixinha na qual os alunos possam depositar suas perguntas e dúvidas, sem que tenham de se expor sobre os seus sentimentos mais íntimos.

ATIVIDADE Nº 11

Teatrando

Formar casais entre os alunos e colocar a seguinte situação: vocês estão namorando há um ano e acabaram de receber a notícia de que a menina está grávida. O rapaz tem 16 anos e a menina tem 14 anos. O que fazer diante dessa situação?

Deixe que se formem grupos na classe para que os alunos conversem entre si e simulem um enredo teatral, escolhido pelo grupo, envolvendo essa situação apresentada. Para ajudá-los, sugerimos que você faça alguns questionamentos, tais como:

- Vocês vão se casar? Onde irão morar?
- Vocês assumirão a criança? Terão condições de sustentá-la?
- Se não quiserem a criança, o que farão com ela?

Faça com que cada grupo apresente sua dramatização e oriente a discussão após a apresentação delas. Feito isso, o(a) professor(a) poderá aprofundar alguns temas relevantes, como métodos anticoncepcionais, aborto, gravidez na adolescência e homossexualismo, entre outros que julgar importantes nesse momento.

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 12 A 18

- Proporcionar situações-problema para identificar e comparar os fenômenos e transformações físicas e químicas que acontecem no ambiente;
- identificar o caminho do alimento no organismo humano;
- identificar a função desses órgãos na digestão;
- identificar os fenômenos/transformações químicas e físicas que acontecem na digestão;
- perceber a necessidade da quebra dos alimentos;
- perceber a necessidade do “desmonte” dos alimentos em partes menores, para que atravessem a membrana plasmática, e do consequente aproveitamento de apenas parte desse material pelo organismo;
- perceber que nem todos os alimentos sofrem digestão.

ATIVIDADE Nº 12

Transformações no ambiente

Leve os alunos para observar *in loco* um ambiente qualquer, de modo que possam relatar as transformações que estejam acontecendo com os componentes desse local.

A partir da análise de tais transformações, oriente-os no sentido de diferenciarem as transformações químicas das físicas.

ATIVIDADE Nº 13

A digestão como transformação

Voltando a observação agora para o seu próprio corpo, e considerando o esquema e discussões da atividade anterior, solicite que os alunos identifiquem transformações ocorridas nos diversos órgãos e as classifiquem em físicas ou químicas. Dê destaque ao processo de digestão, uma vez que esse é o objetivo específico da atividade.

Após a compreensão de que a digestão é uma transformação, peça aos alunos que desenhem novamente em uma folha de papel sulfite a silhueta humana, traçando dessa vez a trajetória de um pedaço de pão e um copo de água ao serem ingeridos pelo organismo a partir da boca, indicando o nome de cada uma das partes pelas quais passam, até seu destino final.

ATIVIDADE Nº 14

A localização dos órgãos no sistema digestório

A partir dos esquemas anteriores, faça com que os alunos observem o resultado dos desenhos dos colegas. Oriente a classe para que sejam identificados os nomes e as posições dos órgãos apresentados em consenso por eles, bem como os sobre os quais haja discordância. Assim procedendo, complemente ou altere os esquemas conforme a necessidade de acerto.

ATIVIDADE Nº 15

O sistema digestório

Proceda o estudo detalhando os processos e a organização necessária de cada órgão do aparelho digestivo. Para tanto, sugerimos utilizar o kit Corpo Humano 1 — *Aparelho Digestivo* — 1. *Digestão do amido sob ação da saliva*, da Experimentoteca.

Inicie a aula, fazendo com que todos mastiguem um pedaço de pão, conservando na boca uma pequena porção sem mastigar. À medida que fazem isso, eles devem descrever o que vai acontecendo.

Divida a classe em grupos (até dez alunos); um dos componentes deverá pegar o seu pão mastigado/salivado e usá-lo como material para realização do experimento do kit utilizado nessa atividade, seguindo sua instrução.

Empregando ainda esse kit, solicite aos alunos que peguem novamente dois pedaços de pão, mastigando bem um deles e o outro, pouco. Proceda o experimento com os dois pedaços, conforme a instrução do kit.

A partir do resultado dos dois experimentos, inicie a comparação entre eles, buscando identificar as razões para as diferenças encontradas.

ATIVIDADE Nº 16

O caminho do alimento

Peça aos alunos que indiquem neles próprios onde se localiza o estômago. Faça-os rever a posição em que o haviam colocado nos esquemas feitos na atividade nº 2.

É comum que os alunos não representem o caminho do alimento a partir da deglutição até chegar no estômago ou, quando o fazem, que deixem de identificar essa parte do organismo como sendo o esôfago. Analise o caso da sua classe e estimule a discussão para que os alunos completem o que possa estar faltando.

Inicie o debate a respeito dos porquês até a identificação, por parte deles, de um movimento que não se altera, independente da posição do corpo — o movimento peristáltico —, responsável por “empurrar” o bolo alimentar para baixo.

ATIVIDADE Nº 17

A digestão no estômago

Utilizando o kit Corpo Humano 2 — *Aparelho Digestivo* — 2. *Digestão no estômago “in vitro”*, da Experimentoteca, organize grupos de alunos (não mais que dez por grupo) e, partindo da compreensão que eles tenham sobre a função do estômago, oriente-os para que realizem o experimento que se encontra nesse kit.

Havendo tempo e material, o ideal é que o mesmo experimento possa ser realizado com dois tipos de alimentos ricos em carboidratos (por exemplo, o pão) e em lipídios (por exemplo, toucinho/banha, sem a carne).

Compare os resultados dos experimentos, denominando os responsáveis por tais acontecimentos, ou seja: o papel do ácido clorídrico e da enzima pepsina na digestão que acontece no estômago.

ATIVIDADE Nº 18

A função do intestino

Parta do seguinte questionamento: por que os alimentos precisam ser digeridos? A partir das respostas apresentadas pelos alunos, simule essa situação, lançando mão de algumas peças do brinquedo Lego. Dê uma caixa de fósforo para cada grupo de alunos, juntamente com um objeto qualquer feito com peças de Lego agrupadas aleatoriamente (mas que apresente um tamanho maior do que a caixa de fósforo pode conter e cujas pecinhas sejam de tamanhos e cores diferentes).

Peça aos alunos que estabeleçam relação entre a figura feita com o Lego (como um alimento) e a caixa de fósforo (como uma célula). Após isso, pergunte-lhes:

- o que fariam para que aquele objeto possa entrar na caixa de fósforo?

Uma vez desmontada a figura, os alunos deverão tentar colocar todas as peças dentro da caixinha (é necessário que sobrem algumas: certifique-se de que a figura inicial seja construída com uma tal quantidade de peças que, quando desmontada, não caibam todas na caixa). Sobrarão, portanto, pecinhas.

Pergunte-lhes em seguida:

- se fosse no organismo, onde isso aconteceria?
- o que o organismo faria com as peças que sobraram?

Essas questões devem se colocadas para que o aluno identifique a função do intestino delgado e do grosso, como participantes do processo de seleção dos nutrientes, promovendo absorção de uns e eliminação de outros.

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 19 A 26

- Propor situações-problema para a discussão da qualidade da respiração versus poluição do ar;
- identificar os principais órgãos responsáveis pela respiração e as funções por eles exercidas;
- perceber a interação existente entre a respiração e as outras funções do organismo, como circulação, nutrição, crescimento e saúde.

ATIVIDADE Nº 19

Simulação de uma situação-problema

Apresente aos alunos uma situação-problema, como por exemplo a queimada de uma mata, solicitando que discutam as causas, consequências e a relação que essas situações podem ter com a poluição ambiental e a nossa respiração.

Peça que eles anotem os pontos mais importantes da discussão.

ATIVIDADE Nº 20

Aparelho respiratório: eliminação do gás carbônico pelo ar expirado

Procure problematizar com os alunos a presença do oxigênio no ar que inspiramos e a presença do gás carbônico no ar que expiramos. Você poderá usar o material do kit Corpo Humano 2 — *Aparelho Respiratório* — 1. *Eliminação do gás carbônico pelo ar expirado*, da Experimentoteca e realizar a experiência, não como comprovação, mas como situação-problema, de modo que faça com que os alunos pesquisem e tirem suas próprias conclusões.

O ar que expiramos contém bastante gás carbônico. Esse gás reage com o hidróxido de cálcio dissolvido na água, formando o carbonato de cálcio, que é insolúvel e torna turva a água de cal.

Questões propostas:

- será que o ar atmosférico também possui gás carbônico?
- como você pode descobrir isso?

ATIVIDADE Nº 21

Observando a água de cal

Deixe água de cal em um frasco, de um dia para o outro, e observe a película então formada.

ATIVIDADE Nº 22

Ar sem oxigênio

O objetivo é descobrir que o ar expirado possui pouco oxigênio.

Fixe uma vela no meio de um prato, depois coloque água nesse mesmo prato e acenda a vela. Ponha o copo de boca para baixo sobre a vela e cronometre o tempo que a vela leva para apagar. Depois deixe o copo esfriar.

Encha o copo com água, tampe-o com um pires e vire-o dentro de uma bacia com água. Não deixe entrar ar no copo e conserve o pires sobre ele.

Inspire fundo, segure o ar nos pulmões um pouco. Com um canudinho, sobre esse ar dentro do copo, retirando toda água. Acenda a vela, e coloque o copo com o ar de sua expiração sobre a vela. Anote o tempo que a vela demora para se apagar.

Por que a vela se apaga? Houve variação de tempo nos procedimentos? Por quê?

ATIVIDADE Nº 23

Segurando a respiração

Os movimentos respiratórios são involuntários e dependem do sistema nervoso, que é influenciado pelo teor de gás carbônico existente no sangue circulante. Quando esse teor atinge um determinado valor, não adianta segurarmos a respiração, pois ela ocorrerá involuntariamente.

Procedimento:

1. anote o tempo transcorrido entre uma inspiração e uma expiração. Faça isso algumas vezes e tire uma média entre os valores obtidos;
2. inspire normalmente e segure a respiração. Anote o tempo que conseguiu segurar;
3. inspire profundamente e prenda a respiração. Anote o tempo que conseguiu ficar sem respirar;
4. faça movimentos expiratórios e inspiratórios forçados durante 1 minuto e meio;
5. inspire profundamente e prenda a respiração. Anote o resultado.

Se ocorrer diferença nos tempos dos passos 3 e 5, tente explicar o porquê dessa diferença. Se você quiser permanecer mais tempo em mergulho, o que deverá fazer e a pressão?

ATIVIDADE Nº 24

Aparelho respiratório¹

Espirômetro de bolha de sabão.

Existe alguma maneira de medir a quantidade média de ar que expiramos?

Realizar a atividade do kit e discutir com os alunos os resultados obtidos.

¹kit Corpo Humano 2 — *Aparelho Respiratório* — 2. *Espirômetro de bolha de sabão*, da Experimentoteca.

ATIVIDADE Nº 25

Aparelho respiratório²

Atividade: pulmão artificial.

Para continuar trabalhando a capacidade respiratória, o(a) professor(a) poderá realizar a atividade do kit Pulmão Artificial.

ATIVIDADE Nº 26

Desenhando o sistema respiratório

Solicitar aos alunos reunidos em grupos que destaquem nos esquemas do corpo humano, feitos em papel kraft, os órgãos do sistema respiratório e completem os desenhos, caso seja necessário.

Discutir também o caminho percorrido pelo ar, sua ida e volta às células, assim como as semelhanças e diferenças com outros sistemas do nosso corpo.

²kit Corpo Humano 2 — *Aparelho Respiratório* — *Pulmão artificial*, da Experimentoteca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. CAPRA, FRITJOF. *O Ponto de Mutação*, tradução de Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 1994.
02. CASTRO, Maria Teresinha Lello et al. A sexualidade humana: como abordá-la no ensino de Biologia? In: *Ensino de Biologia: dos fundamentos à prática*, vol.1. São Paulo: SE/CENP, 1990.
03. CENP — Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas, Secretaria de Estado da Educação. TV Escola: Ensino à Distância: *Ciências — corpo humano*. São Paulo, 1994.
04. DAWKINS M. S. *O Correio da Unesco*, n° 4. São Paulo: FGV, abril, 1988.
05. *Enciclopédia Delta Universal*. Rio de Janeiro: Editora Delta.
06. FONTINHA, S. R. & SILVA, M. P. *Ciências: ambiente; componentes e interações*, vol 2. Rio de Janeiro: Editora Nacional.
07. LEMBO, A; MOISÉS, H. & SANTOS, T. *Ciências: o corpo humano*. São Paulo: Moderna, s/d.
08. MEC/SEMAM/IBAMA. Educação Ambiental. Projeto de Divulgação de Informações sobre Educação Ambiental, set./ 1991.
09. NEEDHAM, Joseph. *Man a Machine*. Nova York: Norton, 1928.
10. ODUM, E. P. *Fundamentos de Ecologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 4ªed. 1972.

PARTE SEIS



A AÇÃO DO HOMEM NO AMBIENTE

LUIZ HENRIQUE FERREIRA
MARIA GUIOMAR CARNEIRO TOMAZELLO
MARIA INÊS FREITAS PETRUCCI DOS SANTOS ROSA

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Se hoje for um dia comum no planeta Terra, os seres humanos irão adicionar quinze milhões de toneladas de carbono na atmosfera, destruirão cento e quinze mil metros quadrados de floresta tropical, criarão setenta e dois mil metros quadrados de deserto, eliminarão entre quarenta a cinquenta espécies, causarão a erosão de setenta e um milhões de toneladas de solo, adicionarão duzentos e setenta toneladas de CFCs à estratosfera e aumentarão sua população em duzentos e sessenta e três mil pessoas. Ontem, hoje e amanhã. Ao final de cada ano, o número total será simplesmente estonteante: uma área de floresta tropical do tamanho do estado do Kansas perdida, de sete a 10 bilhões de toneladas de carbono adicionadas à atmosfera, e a população total terá aumentado em noventa milhões de pessoas. (David Orr, citado por Grün⁸, p. 112)

A estrutura da civilização tem se tornado extremamente complexa. Estima-se que, no início da era cristã, havia cerca de 200 milhões de pessoas no mundo (Prandini⁹). Em 1750, a população mundial estava próxima a um bilhão de pessoas, cifra mantida até o final do século passado. Com o avanço da medicina e de novas tecnologias na agricultura, a sobrevivência humana no planeta tornou-se mais fácil, criando condições para que a população mundial esteja, hoje, em torno de seis bilhões de habitantes. Só neste século, ela cresceu em cinco bilhões de pessoas, apesar das guerras e epidemias. Nesse ritmo, prevê-se que os próximos 30 anos assistam

a um aumento de três bilhões, totalizando aproximadamente oito bilhões de habitantes no planeta.

A POLUIÇÃO DO AR

O filósofo grego Anaxímenes de Mileto (550–526 a.C.) considerava o ar, ou o sopro de ar, a substância primordial do universo (Gaarder⁶). Para ele, a água era o ar condensado e, se fosse comprimida, se transformaria em terra. Em sua visão, portanto, a terra, a água e o fogo surgiam do ar. Embora não acreditemos mais que uma substância básica esteja por trás de todas as transformações, como supunham os primeiros filósofos gregos, o ar continua sendo fundamental para os seres vivos.

Será que o ar que respiramos hoje é o mesmo respirado pelos nossos antepassados? Certamente que não, pois, afora os poluentes introduzidos na atmosfera, até mesmo a concentração de alguns compostos naturais foi alterada. Hoje respira-se, por exemplo, 600% a mais de cloro do que no ano de 1500 a.C. Com a industrialização, além da poluição natural, muitos poluentes estão penetrando na atmosfera em quantidades nunca antes experimentadas (figura 6.1).

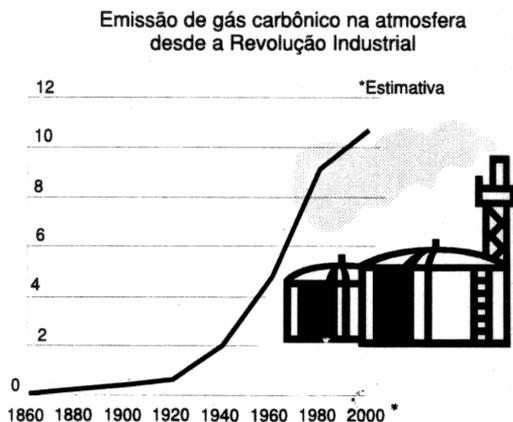


Figura 6.1: Emissão de gás carbônico.

Até o início da década de 70, a poluição do ar parecia estar restrita ao local da emissão do poluente. Todas as ações das indústrias consistiam em afastar e dispersar o poluente, utilizando altas chaminés. Percebeuse, no entanto, que alguns gases poluentes tinham uma ação de alcance planetário na camada da atmosfera denominada estratosfera. É o caso dos produtos químicos clorados — como os CFCs (cloro-flúor-carbono) —, que destroem a camada de ozônio, localizada entre 20 e 30 km de altura do solo. Sabemos que o ozônio da estratosfera age como um filtro aos raios ultravioletas, protegendo homens, animais, vegetais e o plâncton marinho.

Entretanto, o ozônio representa sérios problemas no nível do solo, contribuindo para a poluição do ar. Nas camadas inferiores da atmosfera, os hidrocarbonetos resultantes da queima de combustíveis fósseis reagem, na presença da luz solar, com o oxigênio, produzindo ozônio e outros tipos de oxidantes fotoquímicos. Tais produtos impõem ameaças à saúde humana e danificam flores-

tas, plantações e construções.

Os CFCs utilizados em bombas de aerossol, em espumas plásticas, como fluidos de refrigeração ou como solventes também agem no efeito estufa. O dióxido de carbono e outros gases, que estão se acumulando na atmosfera, permitem a penetração da luz do Sol, mas bloqueiam a radiação infravermelha (térmica) emitida pela Terra, impedindo que ela se disperse no espaço.

Esse efeito está começando a elevar a temperatura média global (figura 6.2). O aquecimento progressivo da atmosfera pode modificar o clima e erguer o nível dos mares. Assim, se nenhuma medida for tomada para reduzir os níveis de emissão do carbono, o crescimento contínuo da população, da economia e do consumo de energia poderão resultar em um aquecimento global de 1,6 a 4,7°C entre a temperatura do período pré-industrial e a do ano de 2030.

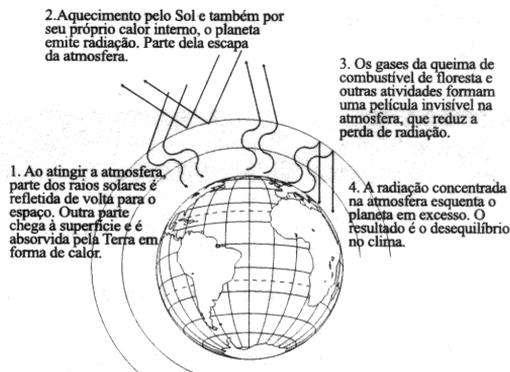


Figura 6.2: O efeito estufa.

Além do efeito estufa, o lançamento de vastas quantidades de partículas e gases tóxicos na atmosfera tem causado a precipitação ácida, que pode ocorrer na forma de

chuva ácida, granizo, neve, neblina e partículas secas, dizimando florestas, acidificando rios e lagos e poluindo o solo. De acordo com Vernier¹⁰ (p.31), “a poluição atmosférica era, ontem, a rua; hoje também é, em maior escala, o planeta, e, em menor escala, a nossa casa. Em suma, todo o nosso ecossistema.”

Se o *buraco* na camada de ozônio e as chuvas ácidas simbolizam a poluição do ar a longa distância, os cientistas têm mostrado interesse também pela poluição no interior de veículos e edifícios, uma vez que permanecemos dentro deles cerca de 80% do dia. São várias as fontes de poluição interior. Segundo Vernier¹⁰, a poluição causada pelos óxidos de azoto — encontrados nas cozinhas com fogão a gás — pelos compostos orgânicos voláteis — ceras, colas, inseticidas e tintas, o radônio, presente em rochas do subsolo, e materiais de construção — e pelo fumo, entre outros, será, nos próximos anos, um dos principais temas de pesquisa sobre ar.

Estudos recentes indicam ainda que os compostos orgânicos voláteis (COVs) que se misturam a outras substâncias químicas reativas, presentes no ar de um escritório ou de um edifício densamente povoado, são mais prejudiciais aos homens e às máquinas do que as substâncias originais (Baker₂).

POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

As alterações na atmosfera, produzidas pela emissão contínua de gases poluentes, modificam o modo de transferência da água dos oceanos para a Terra e, desta, de volta a eles. O aumento da temperatura, provocado pela poluição atmosférica, acelera tanto a evaporação quanto a precipitação, alterando todo

o ciclo da água. Com esse maior aquecimento, aumenta a quantidade de vapor na atmosfera, ampliando o efeito estufa e acelerando ainda mais o processo de aquecimento. O aquecimento da Terra provoca o derretimento das geleiras a descarga de gelo nos oceanos e a expansão do volume do mar. Segundo os cientistas, provavelmente o aquecimento dos oceanos aumente inclusive a violência dos furacões, já que o calor da camada oceânica parece ser o fator mais importante na determinação da velocidade dos ventos (Gore⁷). O uso indevido do solo — desmatamentos extensos, por exemplo — também provoca mudanças no sistema hídrico global. As florestas, principalmente as tropicais úmidas, armazenam mais água que os lagos, além de produzir nimbo (nuvens escuras carregadas de chuva), cujo vapor d'água provém da transpiração das plantas. Quando chove nas florestas tropicais úmidas, forma-se uma névoa fina, que começa a flutuar no céu, aumentando a umidade do ar e a possibilidade de chuva.

As florestas podem ainda atrair a chuva, ao produzir pequenas quantidades de sulfeto de dimetila, substância gasosa dispersa no ar. O gás sulfeto de dimetila sofre reação de oxidação no ar e transforma-se em minúsculas partículas de sulfato. Dispersas no ar, elas agem como pequenos “grãos” ao redor dos quais formam-se as gotas de chuva. Isso ocorre de modo semelhante à formação de pérolas nas ostras: em volta de um minúsculo grão de areia (Gore⁷, p.118).

Quando uma floresta é destruída, as chuvas acabam enfraquecendo e diminuindo a umidade do local. No período imediatamente posterior ao desmatamento, todavia, a região desmatada continua recebendo chuvas fortes o que acelera a destruição da superfície do solo, então desprotegida. Além

Tabela 6.1: Principais Poluentes do Ar. Fontes causadas pelo homem e efeitos ambientais

Poluente do ar	Principais fontes causadas pelo homem	Aquecimento estufa	Destruição do ozônio atmosférico	Deposição ácida	Névoa densa	Danos à vegetação
Dióxido de carbono	Combustíveis fósseis, desflorestamento.	+	+/-			
Metano	Campos de arroz, gado, depósitos de lixo, combustíveis fósseis.	+	+/-			
Óxido nítrico, óxido nitrogenado	Combustíveis fósseis, queima de biomassa.		+/-	+	+	+
Óxido nítrico	Fertilizantes nitrogenados, desflorestamento, queima de biomassa.	+	+/-			
Dióxido de enxofre	Combustíveis fósseis, fundição de minérios	-		+		+
Cloro-fluor-carbonetos	Propulsores aerossóis, refrigerativos, solventes, espumantes.	+	+			
Ozônio	Combustíveis fósseis.	+			+	+

disso, as áreas vizinhas à região desmatada são, às vezes, inundadas por enxurradas que a floresta, antes, absorvia. Os rios situados nas proximidades recebem sedimentos da camada de solo retirada, tornando-se pouco a pouco mais rasos e obstruídos, o que provoca inundações em suas margens.

Se o desmatamento na Floresta Amazônica continuar de maneira desenfreada, existe a possibilidade de ocorrer a interrupção do ciclo hidrológico na região e até mesmo de as chuvas serem levadas para o oeste, em direção ao Peru, Equador, Colômbia e Bolívia, deixando secas as áreas desmatadas. Essas previsões reforçam a ideia por nós defendida: a visão fragmentada do ambiente não contribui como educação ambiental para o ensino de Ciências. Assim, para que se possa avançar na melhoria da aprendizagem dos conceitos em Ciências no contexto escolar, é indispensável que se ensine os ciclos da água, do carbono, do oxigênio e

do nitrogênio de forma contextualizada (ao contrário de como, muitas vezes, vemos em livros didáticos).

A DEGRADAÇÃO DO SOLO

A cada ano, uma população estimada entre 40 e 60 milhões de pessoas morre de fome. Embora a produção de grãos tenha triplicado a partir do final da Segunda Guerra Mundial, desde 1984 ela vem caindo 14% ao ano. O uso de métodos insustentáveis na agricultura está causando sérias degradações e erosões às terras próprias para o cultivo. A utilização crescente de fertilizantes químicos, herbicidas e pesticidas resulta na poluição dos lençóis de água, prejudicando as pessoas e os animais.

A superfície da Terra pode ser comparada à pele (Gore⁷). Além de representar um limite entre dois meios — o interior do planeta e a atmosfera —, a sua saúde é vi-

Tabela 6.2: Principais poluentes das águas

SUBSTÂNCIA	FONTE	RISCO DE SAÚDE
Solventes clorinados	Desengraxantes químicos, manutenção de máquinas, intermediários na fabricação de outros produtos químicos.	Câncer.
Trihalometanos	Produzidos por reações químicas nas águas tratados com cloro.	Danos ao fígado e rins, possibilidade de câncer.
Policlorinatos bifenis (PCBs)	Restos de várias operações manufatureiras anti-quadas.	Danos ao fígado, possibilidade de câncer.
Chumbo	Bombeamento do óleo e soldamento dos sistemas de distribuição pública de águas, em moradias e outras construções.	Problemas nervosos, dificuldades no aprendizado, defeitos congênitos, possibilidade de câncer.
Bactérias patogênicas, vírus	Vazamentos nos tanques, esgotos sem tratamento	Doenças intestinais, doenças mais sérias.

tal para a saúde de todo o ambiente. Assim como se diz que a pele é o maior órgão do corpo, a superfície terrestre também é muito mais do que uma simples camada de solo e pedra, florestas e desertos, neve e gelo, água e seres vivos. Ela funciona como uma espécie de pele protetora vital. As áreas da superfície terrestre cobertas por florestas são fundamentais para manter a absorção do gás carbônico da atmosfera e para regular o clima. Já comentamos neste capítulo que as florestas desempenham papel essencial na regulação do ciclo hidrológico.

As florestas estabilizam e conservam o solo, reciclando os nutrientes com a queda das folhas, das sementes e com a decomposição dos troncos. Elas constituem nichos ecológicos de várias espécies animais, entre as quais as tropicais são consideradas a fonte mais importante de diversidade biológica do planeta. Porém, estão sendo queimadas para dar lugar a pastagens ou inundadas para originar hidroelétricas e suas árvores, serradas para a obtenção de madeira. Segundo Gore⁷, as florestas tropicais vêm desaparecendo a uma velocidade de 0,5 hectare por segundo, dia e noite, todos os dias do ano.

Se o desmatamento continuar nesse ritmo, quase todas as florestas tropicais terão desaparecido em meados do próximo século e os solos sob essas matas se tornarão áridos e extremamente vulneráveis à chuva e ao vento. Quando agredidas, as terras mais próximas aos desertos acabam entrando em um ciclo de seca. Isso acelera o processo de desertificação do planeta, fazendo com que aumentem cada vez mais as áreas de desertos. Além de tudo isso, o solo vem sofrendo outras agressões de extrema gravidade, como a ação dos defensivos agrícolas e do lixo.

LIXO E CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Os problemas ambientais ocorrem desde o início da vida na Terra. A afirmação parece contrariar a ideia que temos sobre a situação ambiental nos dias de hoje, pois, geralmente, associamos qualquer problema ambiental às atividades humanas, em especial àquelas surgidas após a Revolução Industrial (séc. XVIII). No entanto, é preciso que tenhamos clareza do que vem a ser um pro-

blema ambiental.

Alguns planetas têm ambientes tão diferentes do nosso que poderíamos classificá-los de “impróprios” para a vida, já que temperaturas muito elevadas (ou muito baixas), por vezes ausência de atmosfera, falta de água ou a presença de substâncias químicas corrosivas (como o ácido sulfúrico ou gás amônio) são fatores ambientais frequentemente identificados neles. Mas a cada descoberta, ficamos impressionados com as condições do local, sem que as classifiquemos de poluídas. Isso acontece porque os nossos conceitos de poluição e de problemas ambientais estão intimamente ligados à presença ou não de vida.

O que para nós — seres vivos — consideramos um problema ambiental, só é prejudicial por comprometer a manutenção da vida. Assim, podemos classificar de “problema” toda e qualquer forma de alteração de um fator ambiental que implique mudança não benéfica para os seres vivos. Essas mudanças podem ocorrer de forma natural, como a erupção de um vulcão, o choque de um meteoro com a Terra ou qualquer outra perturbação cuja causa nos fuja ao controle.

Fenômenos como esses se dão com frequência na história do planeta e têm causado mudanças irreversíveis no destino dos seres vivos. No entanto, a Terra sofre constantes mudanças que nos afetam diretamente, sem que tenhamos consciência de que elas estejam em curso. Isso porque, em muitos casos, os seus resultados levam milhares ou milhões de anos para que possam ser observados e também porque nos adaptamos as mudanças, mesmo as mais sutis.

Mas, então, por que condenar as atividades humanas que alteram o ambiente em que vivemos? Para responder a essa pergunta, é importante ter bem claro que o prin-

cipal fator de qualquer mudança seja talvez o temporal, isto é, em quanto tempo a mudança ocorre. Se, como resultado das nossas ações, a temperatura da Terra for alterada em 5°C lentamente — em um período de cem milhões de anos —, essa interferência causará, com certeza, mudanças irreversíveis, porém toleráveis. Entretanto, se o mesmo processo levar apenas cem anos, o resultado poderá ser catastrófico.

O fator temporal parece ser o principal responsável pelas mudanças observadas na composição das águas, na atmosfera, no solo e no clima do planeta. A própria natureza já promoveu desmatamentos, inundações, mudanças climáticas e de composição atmosférica e até grandes queimadas, que levaram à desertificação. Sempre que isso aconteceu em longos períodos, a vida se adaptou e pôde ser mantida. Assim, acreditamos que qualquer mudança poderá ser bem conduzida, caso aprendamos a controlar o fator temporal, que requer certamente um aprendizado acerca da modificação de nossos hábitos, em especial os de consumo.

LIXO URBANO E MEIO AMBIENTE

Com o advento da revolução industrial, o homem aprendeu a produzir, de maneira simples, grandes quantidades de qualquer coisa: ferramentas, utensílios, alimentos, medicamentos e muitos supérfluos. O grande aumento da produtividade de alimentos, associado às descobertas de medicamentos eficientes para combater uma infinidade de doenças, resultou em um considerável crescimento da população mundial. Esse fenômeno, por si só, já é causador de um grande impacto ambiental. No entanto, a mesma sociedade industrial que permitiu o

acesso ao alimento e ao medicamento desenvolveu os meios de produção, em larga escala, do que denominamos descartável. Até mesmo os nossos bens “duráveis”, como o automóvel, são descartáveis, se considerarmos o fator temporal.

Observando o ciclo completo que envolve a produção, a utilização e o descarte de um automóvel, podemos compreender melhor o impacto provocado. Esse ciclo tem início na retirada de minérios do subsolo, que, quando trazidos à superfície, alteram de alguma forma o nosso sistema. Para a extração de minério são desviados rios, destruídas vegetações e construídas estradas, entre outras mudanças ambientais necessárias ao empreendimento. Uma vez extraído, o minério deve ser processado em usinas siderúrgicas, que demandam grande quantidade de energia. Para isso, queima-se petróleo e constroem-se hidroelétricas.

O metal extraído do minério passa então por uma série de processos, que demandam energia e outras substâncias igualmente extraídas ou produzidas com os recursos naturais. Processado, o metal utilizado na construção de um automóvel, por exemplo, terá gerado mais resíduos do que sua massa. Esse processo não é diferente da produção de outros materiais, como plástico, vidro, tinta e borracha, necessários à industrialização completa do automóvel. Terminada a produção, a indústria continua a extrair recursos naturais e a produzir energia para que o automóvel possa funcionar. Mesmo quando não o utilizamos mais, estaremos lançando resíduos no ambiente e demandando energia para processar o que pode ser reaproveitado.

O ciclo, apresentado aqui de forma bastante resumida, está presente em todos os bens de consumo que tenham passado pelo

que chamamos de indústria moderna. A regra é geral e resume-se nas etapas de: *extração*, *industrialização*, *utilização* e *descarte*. Parece natural que, se conseguirmos controlar racionalmente uma dessas fases, as demais serão afetadas e indiretamente racionalizadas. Enquanto cidadãos, podemos dar significativa contribuição ao uso racional dos recursos naturais e, conseqüentemente, amenizar o impacto ambiental causado pelos nossos hábitos. Entre os maiores problemas que o nosso comportamento pode ajudar a evitar está a contaminação pelo lixo. Ela será melhor compreendida depois de um rápido estudo, feito a seguir, sobre seus principais componentes e o destino deles quando lançados ao ambiente.

MATÉRIA ORGÂNICA

Matéria orgânica é um termo geral para designar tudo aquilo que, em sua composição química, tenha substâncias orgânicas, ou seja, for composto por moléculas cuja base sejam os átomos de carbono e de hidrogênio. Todo o carbono acumulado na forma de matéria orgânica foi retirado do gás carbônico atmosférico da Terra primitiva, assim como o hidrogênio dessas substâncias foi retirado da água. O processo que levou ao acúmulo do carbono atmosférico em moléculas orgânicas teve início com o surgimento dos primeiros seres fotossintetizantes, os únicos a conseguir quebrar a ligação química entre o carbono e o oxigênio. Uma vez convertido em glicose, esse carbono pôde ser transferido a uma infinidade de outras moléculas com ou sem função biológica.

Assim, o carbono utilizado na síntese de outras moléculas tende a retornar, ao fim de seu ciclo, à molécula de gás carbônico.

O mesmo ocorre com o hidrogênio, inicialmente retirado da água e para ela retornando posteriormente. Portanto, a condição de equilíbrio consiste em um processo dinâmico de retirada e devolução do carbono à atmosfera e do hidrogênio à molécula de água, de forma que as concentrações desses elementos no ar e na água sejam praticamente constantes. Bastante complexo, esse ciclo envolve etapas nas quais trocas rápidas e lentas sucedem-se continuamente.

Nele, a matéria orgânica pode ser formada por moléculas de estabilidade e concentração variáveis no ambiente. De modo geral, atribuímos ao carbono orgânico acumulado em biomoléculas a menor estabilidade e, conseqüentemente, os ciclos de menor duração. Entre as diversas substâncias com tal característica, as perecíveis compreendem a maior parte da matéria orgânica descartada diariamente por nós, na forma de restos de comida, cascas, sementes ou simplesmente folhas. Outra função importante no ambiente é o do esgoto doméstico, que possui concentração bastante elevada de matéria orgânica, como detergentes, sabões, xampus ou mesmo excrementos. Esses resíduos tendem a atingir o solo, quando lançados em aterros sanitários, a água, no caso de serem lançados nos rios e lagos, e a atmosfera, quando presentes em substâncias voláteis ou quando estas são formadas durante a decomposição da matéria orgânica.

No solo, a matéria orgânica pode ser decomposta pela ação de microrganismos, que se alimentam dos nutrientes orgânicos, degradando-os até moléculas mais simples, como o gás carbônico, o metano e a água. No entanto, o processo pode ser lento e provocar acúmulos de substâncias com potencial para provocar doenças tanto nos animais quanto nos vegetais. Outra possibilidade é causar

simplesmente mal cheiro e atrair insetos e ratos, que acabam disseminando a grande população de microrganismos presentes no local. Isso acontece de forma pronunciada nos aterros sanitários onde, entre a grande variedade de bactérias presentes, há um número significativo de microrganismos patogênicos.

Durante a decomposição da matéria orgânica, uma parte considerável é liquefeita, podendo atingir o lençol freático e contaminar a água que alimenta poços e rios. Mesmo a parte que não se liquefaz corre o risco de contaminar as águas subterrâneas ao ser arrastada pela água da chuva, que, caindo no solo, migra lentamente até os depósitos ou rios no subsolo. Esse tipo de contaminação é comum em regiões próximas a aterros sanitários, que exigem frequentemente investimentos altíssimos e muito tempo de trabalho, quando há o interesse em recuperá-las.

O problema é agravado pela formação de moléculas estáveis durante a sua degradação. Mesmo um simples pé de alface chega a levar séculos para se decompor se a profundidade em que estiver localizado não permitir a troca de gases com o ambiente externo ou se houver substâncias conservantes em suas folhas ou raízes. As matérias orgânicas não perecíveis, como plásticos, borrachas, óleos minerais e graxas, têm um período muito longo de decomposição — de até milhares de anos — e não raro produzem substâncias tóxicas ou relativamente estáveis.

Na água, a matéria orgânica promove a proliferação de microrganismos de maneira descontrolada, causando o surgimento de doenças nas populações que dela dependem. A grande presença de microrganismos em águas com alto teor de matéria orgânica causa inclusive o consumo de pra-

ticamente todo o oxigênio dissolvido, causando a morte de peixes e outros animais aquáticos. Mesmo as substâncias biodegradáveis podem gerar danos irreparáveis ao ambiente, se lançadas nas águas em grandes quantidades.

Observe que, em todo ciclo, o fator tempo é muito importante. Por isso, ao promovemos a produção de matéria orgânica em larga escala — mesmo na forma de alimentos —, estamos alterando a velocidade de troca de carbono entre a matéria orgânica e a atmosfera e aumentando a concentração de gás carbônico atmosférico no final do ciclo. Esse aumento vem se acentuando na era industrial e tem como principal responsável a emissão de gases provenientes da queima de petróleo e de carvão mineral, formas estáveis de carbono acumulado durante o ciclo iniciado na fotossíntese.

METAIS

Assim como ocorre com os outros elementos da tabela periódica, os metais podem ou não ter ação tóxica sobre quem os absorve. A diferença entre ser tóxico — como o mercúrio — ou benéfico — no caso do ferro — está associada, entre outros fatores, a abundância ou à distribuição do elemento no planeta. É sempre bom lembrar que as atividades humanas não produzem ou destroem elementos químicos. Todo elemento químico da Terra está presente desde a formação do planeta, ligado ou não a outros elementos. A diferença na sua quantidade teve papel decisivo nos processos evolutivos, já que as diversas formas de vida precisaram adaptar-se à sua maior ou menor presença. Um elemento abundante e amplamente distribuído na crosta terrestre, como o ferro, por exem-

plo, teria sido provavelmente inerte ou incorporado pelas primeiras formas de vida, pois os primeiros seres vivos deveriam tirar proveito de uma matéria-prima tão farta ou simplesmente tolerá-la.

Se compararmos a Terra primitiva a um supermercado químico — com as prateleiras abastecidas pelos elementos da tabela periódica —, compreenderemos melhor a questão. As diversas formas de vida que se sucederam ao longo do processo evolutivo tinham suas compras limitadas nesse único supermercado. Assim, pelo fato de a manutenção da vida exigir matéria-prima na forma de elementos químicos, não seria interessante criar uma dependência com relação a elementos encontrados raramente nas prateleiras. Portanto, as “compras” eram realizadas em função dos estoques do supermercado.

Os elementos deixados de lado na prateleira não participavam das inúmeras reações químicas que a vida promovia e, consequentemente, não poderiam ser metabolizados de maneira a produzir um resultado satisfatório. Os menos abundantes precisaram ter seu uso racionalizado, para que o estoque nunca acabasse. Observe que, como os elementos podem ser reciclados, há saídas e entradas constantes de mercadorias nas prateleiras e isso tem importância *vital* em todo o processo.

A intensa procura pelos estoques maiores levou as diferentes formas de vida a dependerem quantitativamente mais de alguns elementos do que de outros, criando uma relação de sujeição em função da maior oferta, a ponto de excluir os elementos raros dos processos biológicos. Essa visita ao supermercado dos elementos químicos da Terra nos ajuda a compreender a dependência que temos de alguns deles. No entanto, é bom

lembrar que, dada a complexidade dos processos evolutivos, esse não foi o único fator determinante no sucesso da vida no planeta.

Quanto aos metais, fica mais fácil entender agora a razão de alguns problemas causados ao ambiente quando exploramos de maneira descontrolada suas reservas minerais. O mercúrio, por exemplo, não está disponível em quantidade apreciável nos diversos ambientes habitados da Terra. Sua ocorrência dá-se principalmente na forma de cinábrio (HgS) — minério de abundância relativamente baixa. Ao explorarmos suas reservas, trazemos à superfície aquilo que, no início, não estava nas “prateleiras” em quantidade apreciável e, portanto, não é metabolizado de maneira benéfica por nós. Na verdade, estamos alterando os estoques do “supermercado” muito rapidamente, fazendo com que as quantidades de cada elemento químico sejam modificadas para valores não considerados pelos diversos mecanismos do processo evolutivo.

Os seres vivos funcionam como um reator, no qual bilhões de reações químicas processam-se harmoniosamente entre si a cada segundo. Introduzimos matéria-prima no reator por meio da alimentação e da respiração e, como qualquer reator químico, devemos consumir reagentes na qualidade e na quantidade certas. Elementos como o mercúrio, o cádmio e o chumbo tornam-se cada vez mais presentes em nosso sangue e tecidos. No solo e na água, metais do tipo alumínio, cobre, estanho e zinco desequilibram os sistemas dominados pelos microrganismos, abalando suas diferentes populações e interferindo em um processo evolutivo inacabado.

A reciclagem de metais lançados no lixo não justifica o consumo exorbitante que fazemos de bens de consumo de vida curta

como, por exemplo, as latas de refrigerantes ou de cerveja. Reciclar é sempre uma forma de amenizar o problema, nunca de resolvê-lo.

BIODEGRADABILIDADE DO LIXO

O que é lixo? “São restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semi-sólido ou semilíquido (com conteúdo líquido insuficiente para que este líquido possa fluir livremente)” — ABNT¹.

O lixo urbano — sério problema para as administrações públicas e para todos os cidadãos — constitui-se em montanhas de materiais de diversas origens e que necessitam ser recolhidos, transportados, depositados e tratados de maneira adequada. A composição do lixo é variável em função do clima, das estações do ano, dos hábitos da população, da situação sócio-econômica, entre outros fatores. Por esse motivo, cada cidade do planeta produz um tipo de lixo específico, o que representa uma preocupação especial dos estudiosos sobre as formas de dar melhor destino ao lixo, em vez de lançá-lo simplesmente em aterros sanitários.

Em uma grande cidade como São Paulo, são produzidas 15.000 toneladas de lixo por dia, o que significa 1,5 kg diárias por habitante ou ainda 550 kg por habitante a cada ano. Em torno de 0,8% desse lixo é reciclado e o restante tem como destino os aterros sanitários, os rios, os terrenos desocupados e o ar. Segundo o grau de biodegradabilidade, a parte não reciclada classifica-se em:

- **facilmente degradável** (matéria orgânica);

- **moderadamente degradável** (papel, papelão e outros produtos celulósicos);
- **difícilmente degradável** (tecidos de pano, couro, borracha e madeira);
- **não-degradável** (vidro, metal, plástico, pedras, entulho e outros).

Mesmo os materiais facilmente degradáveis podem levar meses ou anos para serem consumidos no ambiente. Os restos de uma maçã por exemplo, levam em média de seis a 12 meses, caso sejam jogados em ambiente favorável à degradação; os plásticos demoram geralmente mais de cem anos e o vidro, alguns milhares de anos.

Os plásticos convencionais de origem petroquímica representam 20% do lixo urbano, o que significa cerca de 900 mil toneladas por ano, isso só no estado de São Paulo (Buena Neto³). Esse material tem ocupado grandes áreas em aterros sanitários, acumulando-se por mais de quatro décadas sem dissolver, dificultando a circulação de líquidos e gases e retardando a estabilização da matéria orgânica. Sua queima é desaconselhável em razão dos compostos tóxicos resultantes da combustão. Além disso, é conveniente que a indústria aja em conjunto com a sociedade em um programa de coleta seletiva de produtos a serem reciclados.

Programas como esse são, no entanto, ferramentas de atuação muito lenta e envolvem um trabalho cultural longo, o que dificulta o reaproveitamento dos resíduos plásticos a curto prazo. Uma das soluções para tal problema ambiental seria a redução da produção de materiais plásticos, inviável nos dias de hoje. Imaginem como seria a vida no dia-a-dia sem eletrodomésticos, televisores, automóveis, etc.

Uma nova solução tecnológica vem surgindo ultimamente: a utilização de polímeros biodegradáveis. Contudo, a investigação sobre o comportamento desse tipo de plástico é bastante recente e não há um número significativo de trabalhos publicados nem de grupos atuando nessa área de pesquisa. No Brasil, por exemplo, ainda não é possível encontrar comercialmente muitos tipos de polímeros biodegradáveis. Eles consistem geralmente em uma mistura de polietileno com amido, podendo ser decompostos pelos microrganismos que deles se alimentam. Existe ainda um outro tipo de plástico biodegradável feito de um material conhecido como ECO — um copolímero de polietileno com pequenas quantidades de monóxido de carbono. Esse material degrada-se facilmente na presença da luz.

SOLO E DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

O desenvolvimento de técnicas capazes de garantir uma produção agrícola em quantidade e qualidade suficientes é uma das mais antigas e importantes preocupações do homem. O crescimento de uma população, a erradicação de uma série de doenças e a garantia de sobrevivência de uma nação estão inevitavelmente ligados as políticas agrícolas e ao investimento — cada vez mais necessário — de tempo e recursos em pesquisas para melhorar o aproveitamento do solo e combater os competidores naturais do homem, que também se beneficiam das extensas áreas plantadas, sobretudo onde se pratica a monocultura.

Embora as terras férteis destinadas à agricultura tenham aumentado significativamente ao longo da história, o aumento da população mundial vem exigindo respos-

tas rápidas para os problemas que envolvem todo o ciclo de produção e armazenamento. No chamado Terceiro Mundo, onde o problema da fome é mais grave, as perdas agrícolas chegam a 35%; além disso, as políticas de exportação de produtos primários nos países carentes beneficiam as nações desenvolvidas com os gêneros de melhor qualidade.

A situação é ainda mais séria em países como o Brasil, onde a predominância de uma política de exportação faz com que o grande produtor rural invista todos os seus recursos — insumos, maquinários e mão-de-obra especializada — na produção de alimentos que não compõem a cesta básica da população. É o caso da soja e da cana-de-açúcar, destinadas à produção de álcool combustível, que não necessitam de terras férteis para o plantio. Nesse contexto, o pequeno produtor responde por quase a totalidade do alimento produzido e nem sempre contando com assistência técnica de órgãos governamentais ligados a esse setor da economia. Na região Sul, essa realidade é menos dura, pois o mercado consumidor é potencialmente maior e a agricultura, mais desenvolvida.

No Norte e Nordeste, no entanto, a predominância de latifúndios improdutivos e a necessidade de usar sistemas de irrigação fazem com que os índices de produtividade fiquem entre os menores do mundo. Isso piora a vida da população local, que apresenta incidências de subnutrição e de mortalidade infantil semelhantes às da Etiópia.

Diante desse quadro, uma das principais alternativas para o aumento da produtividade tem sido o uso de defensivos agrícolas, que promovem o controle químico da proteção de plantas contra doenças ou insetos. Em todo o mundo são utilizados aproximadamente 1.400 compostos químicos — deno-

minados pesticidas —, com milhares de formulações diferentes, e produzidos mais de dois milhões de toneladas de princípio ativo por ano.

O controle químico agrícola teve início na Grécia Antiga, quando agricultores adotaram o enxofre em pó como agente fungicida, cujo uso estendeu-se até o século XIX. Nessa época (1885), cientistas ligados à Universidade de Bordeaux desenvolveram uma mistura de sulfato de cobre e cal, visando controlar o míldio nas uvas francesas. A eficácia da chamada mistura *Bordeaux* foi mais tarde observada contra uma série de outras micoses. Novos compostos foram sendo desenvolvidos posteriormente, com base no uso de cobre, mercúrio, ditiocarbamatos, quinonas cloradas, naftoquinonas cloradas, quinolinolatos, compostos quaternários de amônio, glioxalidinas, fenóis nitrados, fenóis clorados, ftalimidias e compostos de cromo. Eles se mostraram especialmente eficazes no controle de doenças causadas por fungos, embora sejam ineficientes no combate de bactérias. No Brasil, foram largamente utilizados até a Segunda Guerra Mundial, quando a indústria de pesticidas tomou impulso com a obtenção da síntese de DDT e BHC, que passaram a ser empregados em quase todos os produtos agrícolas.

Atualmente, as doenças dos vegetais podem ser controladas por um método ou uma combinação de métodos diretos e indiretos. Os principais são:

Exclusão — Impede-se a entrada de agentes patogênicos em uma área na qual nunca foram introduzidos (quarentena).

Erradicação — Os agentes fito patogênicos são retirados ou destruídos por meio

químico, de fogo, etc. ou são removidos os hospedeiros suscetíveis.

Resistência — São desenvolvidas plantas com qualidades para dificultar a invasão por parte dos agentes patogênicos, impedindo-se assim a infecção, seguindo da plantação exclusiva dessas amostras resistentes.

Proteção — Os hospedeiros potenciais são protegidos com desinfetantes, fungicidas e inseticidas, assegurando-se uma nutrição adequada e um cultivo de acordo com práticas de horticultura apropriadas.

CONTROLE QUÍMICO NA AGRICULTURA

O controle químico tem por objetivo eliminar todo e qualquer tipo de enfermidade na vegetação, bem como insetos que consomem parte da produção, já que qualquer forma de plantação seletiva está sujeita à ação de grupos específicos de pragas. O consumo crescente de defensivos agrícolas encontra justificativa não apenas no aumento das áreas agricultáveis, mas, principalmente, na falta de rotatividade de culturas nas lavouras.

Em certas épocas, o surgimento de doenças causou grandes desastres em determinadas regiões. A praga da batata, por exemplo, destruiu a maior parte das lavouras de batata na Irlanda, em dois anos sucessivos (1845 e 1846), gerando fome, responsável pela morte de um terço da população irlandesa (aproximadamente 1 milhão de pessoas) e provocando a emigração de milhares de sobreviventes. Já o Ceilão foi um dos maiores produtores mundiais de café, até que, em 1870,

a ferrugem atacou os cafezais e o país perdeu a posição de destaque para outras nações como o Brasil. Sua economia jamais se recuperou.

Em 1916, a ferrugem do caule destruiu 300 milhões de alqueires de trigo nos Estados Unidos e no Canadá. Geralmente, a perda de uma grande produção de um alimento específico causa crise internacional nos preços de todos os alimentos. Esse fato pôde ser constatado na crise de 1970, quando a safra de milho norte-americana foi dizimada, durante o verão, pela micose chamada praga da folha do sul, resultando em enorme perda de ração para o gado de corte.

Além das perdas econômicas, das deficiências nutritivas e da fome — resultantes da diminuição da produtividade agrícola pelas doenças —, alguns agentes fitopatogênicos podem causar intoxicações alimentares. O fungo *Claviceps purpurea* chega a levar homens e animais à morte, devido à produção de alcaloides que contaminam cereais. Ingeridos, eles atuam no sistema nervoso, provocando também gangrenas e convulsões. Outro tipo de fungo patogênico capaz de ocasionar intoxicação é o *Fusarium sp.*, que produz a sarna do arroz e da cevada. Ele se desenvolve em rações estocadas, sintetizando produtos altamente tóxicos para porcos e outros animais.

Embora os mecanismos básicos de parasitismo e patogenicidade entre os vegetais sejam essencialmente similares aos que se conhece entre os animais, há algumas diferenças básicas. Por exemplo:

- uma vez que os vegetais são predominantemente imóveis, os agentes infectantes devem buscar seus hospedeiros;
- para sua disseminação, os agentes fitopatogênicos dependem de diversos fa-

tores ecológicos, como o vento, a água, os insetos e outros animais;

- pelo fato de as plantas não produzirem anticorpos, elas não se tornam imunes a uma infecção, ao menos no sentido como os animais o fazem.

Com base nessas particularidades, a indústria desenvolve e comercializa produtos de ação específica: acaricidas, algicidas, bactericidas, fungicidas, herbicidas, inseticidas, larvicidas, moluscicidas, nematocidas e ovicidas. Quanto à composição química, os pesticidas dividem-se em três grupos principais: compostos inorgânicos (de mercúrio, bário, enxofre e cobre), compostos de origem vegetal, bacteriana e fúngica (piretrinas, antibióticos e fitocidas) e compostos orgânicos sintéticos. Esses últimos, por sua vez, caracterizam-se principalmente como: **organoclorados** (hexaclorociclohexano, toxafeno, lindano, policloropineno, heptacloro, clorotalonil, etc.), **organofosforados** (diclorvos, triclorfon, fenitrothion, malathion, parathion, dimetoato, etc.), **carbamatos** (carbaril, pirimicarb, thiram, etc.) e **nitroderivados dos fenóis** (dinobuton, dinocap, nitrofen, etc.).

TOXICIDADE DOS PESTICIDAS

Os pesticidas são, em geral, agentes tóxicos causadores de uma série de doenças no homem e nos animais. Introduzidos no organismo, em quantidades pequenas, eles alteram o metabolismo, comprometendo as atividades vitais. O grau de toxicidade de um pesticida depende de uma série de fatores, tais como quantidade, modo de contaminação, tempo de ação, tipo e resistência do organismo e condições climáticas. As contami-

nações por pesticidas ocorrem basicamente de duas formas: ingestão de produtos contaminados e exposição ao produto em altas concentrações (que atinge particularmente o trabalhador rural desacostumado a utilizar equipamentos de proteção).

As medidas de toxicidade de um pesticida utilizam organismos vivos nos chamados biotestes, já os índices individuais para alterações no metabolismo são denominados testes. A relação dose/resposta, ou seja, o grau de resposta biológica em função da quantidade do agente tóxico administrado, continua sendo um dos mais importantes dados nesse campo. Ela permitiu o estabelecimento de um dos índices mais utilizados para expressar toxicidade aguda: a Dose Letal Média ou Dose letal 50 (DL₅₀). Esse parâmetro corresponde à dose capaz de determinar a morte de 50% de uma população nas condições da experiência.

As espécies mais utilizadas nesses experimentos são os ratos e camundongos, que recebem a substância em estudo via oral (DL₅₀ V.O.) ou via intradérmica (DL₅₀ I.D.). Sendo a letalidade uma das consequências mais expressivas da toxicidade, o índice de letalidade serve de base para previsão de riscos ao homem, desde que devidamente interpretada.

A tabela 6.3 apresenta as categorias de agentes tóxicos, de acordo com a sua DL₅₀ e a dose letal provável para um homem com peso de 70 kg. Com base na forma de contaminação, os agentes tóxicos classificam-se de acordo com a quantidade em mg/kg (tabela 6.4). Outros índices comumente adotados em toxicologia incluem:

- Dose Mínima Letal (DML ou DLLo): expressa a menor dose de uma substância introduzida no organismo por

qualquer via (exceto a respiratória), durante um determinado período de tempo, responsável pela morte no homem ou em animais,

- **Concentração Mínima Letal (LCLo ou CML):** representa a menor concentração de uma substância no ar responsável pela morte no homem ou em animais a ela expostos durante 24 horas ou menos;
- **Dose Mínima Tóxica (DMT ou TDLo) e Concentração Mínima Tóxica (CNT ou TCLo):** responsáveis por efeitos tóxicos.

A toxicidade de pesticidas varia de acordo com a classe do composto, mas, em geral, os efeitos causados no organismo por compostos da mesma classe são similares.

Defensivos organofosforados — Na intoxicação por defensivos organofosforados, são identificadas três síndromes:

colinérgica — transtornos na visão, vômitos, cólicas, diarreia, broncospasmo com aumento de secreção, tosse, constrição torácica, etc..

neurológica — ansiedade, confusão mental, convulsões, colapso, coma e depressão dos sistemas respiratório e circulatório.

nicotínica — fasciculação muscular, câimbras, palidez e hipertensão arterial.

Defensivos organoclorados — Nessa classe estão alguns dos pesticidas mais combatidos, por apresentarem problemas ecológicos e persistência residual. Nos

casos de acidentes sérios, após o intervalo de uma hora e meia a duas, surgem sintomas neurológicos de irritação, como desordem nervosa na língua e nos lábios, nervosismo (tensão), fotofobia e vertigens, alterações do equilíbrio, tremores, convulsões e coma.

Carbamatos — Os carbamatos provocam sintomas semelhantes aos causados pelos organofosforados, porém, sua ação ocorre principalmente na inibição enzimática, em especial sobre a acetilcolinesterase.

O problema da intoxicação por defensivos agrícolas preocupa as autoridades de saúde. Embora as intoxicações graves não ocorram com frequência, o consumo diário de pequenas doses desses compostos, que contaminam toda uma variedade de alimentos, tem efeito cumulativo. Ele ocorre devido à transferência de pequenas quantidades ao longo da cadeia alimentar e que podem causar:

Mutagênese ou mutagenicidade — Capacidade de uma substância de produzir uma mutação no sentido de uma alteração no material genético do organismo.

Teratogênese — Ocorre nos sistemas em desenvolvimento. São alterações na formação de células, tecidos ou órgãos e consequentes más formações congênitas. O teratogênio, ou agente teratogênico, é aquele capaz de exercer esse efeito.

Carcinogênese — Desenvolvimento de tumor, neoplasia ou câncer. É provocada por fatores bioquímicos ou pela

Tabela 6.3: Categorias de Tóxicos de Acordo com DL₅₀ e Dose Letal Provável para o Homem com 70 Kg de Peso Corporal

Grau de toxicidade	Categoria	DL ₅₀ Rato	Dose Letal Provável para um homem de 70kg de Peso Corporal
6	Supertóxico	< 5 mg/kg	1 pitada; < 7 gotas
5	Extremamente tóxico	5–50 mg/kg	7 gotas – 1 colher de chá
4	Muito tóxico	50–500 mg/kg	1 colher de chá – 28 g
3	Moderadamente tóxico	0,5–5 g/kg	28g – 0,5L ou 0,5 kg
2	Pouco tóxico	5–15 g/kg	0,5–1L
1	Praticamente atóxico	> 15 g/kg	> 1 L

Tabela 6.4: Classificação de Tóxicos Baseada na DL₅₀ para Rato

Categoria	DL ₅₀ Rato (mg/kg)			
	Oral		Cutânea	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Extremamente perigoso	< 5	< 20	< 10	< 40
Altamente perigoso	5–50	20–200	10–100	40–400
Moderadamente perigoso	50–500	200–2.000	100–1.000	400–4.000
Discretamente perigoso	> 500	> 2.000	> 1.000	> 4.000

ação de substâncias estranhas ao organismo, que promovem a reprodução descontrolada de células.

CONCEPÇÕES POPULARES SOBRE PROBLEMAS AMBIENTAIS, DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE

Em 1997, o Ministério de Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), em parceria com o Museu de Astronomia e Ciências Afins (NIAST) e o Instituto de Estudos da Religião (ISER), realizou a pesquisa “O que o brasileiro pensa sobre o meio ambiente, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade”, composta de duas etapas: uma pesquisa de opinião com 2.000

entrevistas domiciliares e outra, de natureza qualitativa, onde foram entrevistadas lideranças de seis diferentes segmentos (governamental, empresarial, científico, parlamentar, movimentos sociais e movimento ambientalista).

Os dados aqui apresentados são resultados parciais e dizem respeito à pesquisa de opinião pública. A intenção dos coordenadores do programa é que esta pesquisa seja reaplicada em intervalos regulares — a cada quatro ou cinco anos — de modo a permitir e atualizar a pauta de questões e também monitorar as tendências e oscilações de opiniões.

Os resultados foram comparados aos dados obtidos em pesquisa semelhante, reali-

zada em 1992, pelo ISER e pelo MAST, com o apoio do Ministério (na época Secretaria de Meio Ambiente da Presidência da República), sendo que 49% das questões foram reaplicadas. Novas questões foram introduzidas mais ligadas aos temas desenvolvimento e sustentabilidade, consagrados pela Agenda 21 (aprovada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, a Agenda 21 é uma espécie de receituário abrangente para guiar a humanidade em direção a um desenvolvimento ao mesmo tempo justo e ambientalmente sustentável).

A pesquisa indica que, em relação a 1992, cresceu pouco o nível de informação do brasileiro sobre problemas do meio ambiente: 95% alegam nunca terem ouvido falar da Agenda 21, principal compromisso assumido por 179 países na Rio-92. Seu conhecimento da chamada "agenda ambiental global" é diferenciado, dependendo do tema. O maior índice de conhecimento fica com o "efeito estufa" (46%) e o mais baixo, com a "perda de biodiversidade" (21%). Os problemas ambientais mais fixados pelo brasileiro são o desmatamento e a contaminação dos recursos hídricos. Como em 1992, os empresários são considerados os vilões do meio ambiente.

De modo geral, quando se trata de fazer sacrifícios que resultem em melhoria do meio ambiente, os brasileiros preferem mudar hábitos e atitudes a despendar dinheiro (pagar imposto especial para despoluição, comprar produtos mais caros desde que menos agressivos ao meio ambiente, etc.).

Os resultados indicam que as responsabilidades atribuídas à esfera federal do governo começam a diminuir, aumentando, em contrapartida, as responsabilidades atribuí-

das à esfera municipal. Os dados mostram claramente que o brasileiro começa a perceber e apoiar a descentralização de poderes e a valorizar as ações locais. A pesquisa também revela que há grande disposição da população para o trabalho voluntário, sobretudo entre os jovens. A população mostra-se favorável a participar de programas de reciclagem de lixo, reflorestamento e eliminação de desperdícios de água e energia. Os brasileiros, de modo geral, acreditam que a educação ambiental é a chave para a mudança das relações entre os homens e a natureza.

Outro estudo, feito na Espanha, em 1991, sobre as concepções dos espanhóis acerca de problemas ambientais revela que a maioria da população deste país vincula tais problemas a questões distantes de suas verdadeiras causas. A mesma interpretação superficial aparece no momento de os espanhóis refletirem sobre a gravidade das agressões ao meio ambiente, ainda que as respostas mostrem certa associação das consequências disso sobre as gerações futuras.

Os resultados indicam que; quando se fala em problemas ambientais, 68% das pessoas pensam nas indústrias e nos resíduos por elas lançados no ar e na água. Questionadas sobre os motivos que as levam a acreditar na gravidade das agressões ao meio ambiente, 58,1% mostram-se preocupadas com a saúde da população. Um dos dados que mais chamam a atenção é que 74,5% dos entrevistados acreditam que a população não tem consciência de que degrada o meio ambiente, enquanto que 41,5% afirmam já ter-se perguntado, pelo menos uma vez, se a sua própria atividade deteriora o ambiente. (Diaz⁵).

Tanto no Brasil como na Espanha, os índices apontam que, de modo geral, os problemas ambientais acabam encarados como

“coisa dos outros”, e não responsabilidade direta de cada pessoa.

CONTRIBUINDO PARA MELHORAR A SITUAÇÃO

Não é fácil adotar uma postura de consumo racional, já que a nossa sociedade valoriza muito o hábito do consumo. No entanto, aqui estão algumas dicas para que você possa contribuir, enquanto cidadão, para a melhoria desse quadro:

- procure comprar produtos (refrigerantes, água mineral, cerveja e outros) que

utilizam embalagem retornáveis;

- reduza o consumo de produtos de vida útil muito curta, como sacolas plásticas de supermercados e papéis de embalagem, e escolha aqueles de vida mais longa, sempre que houver essa opção;
- reaproveite tudo o que for possível: sacos plásticos, vidros, papéis, metais e sobras de alimentos, entre outros;
- prefira o que pode ser reciclado;
- economize água e energia elétrica, que também são produtos de consumo.

DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

OBJETIVOS

- Fazer os alunos perceberem que a visão antropocêntrica de ambiente acarreta consequências desastrosas para o planeta, ao envolver a mera utilização de recursos naturais e o posterior descarte de resíduos;
- trabalhar a ideia da visão integrada de ambiente, estabelecendo relações entre poluição atmosférica, poluição das águas e degradação do solo;
- oferecer aos alunos a oportunidade de perceber o considerável consumo de oxigênio provocado pela queima de compostos orgânicos. Esse tipo de reação química é um dos grandes responsáveis pelas condições de poluição em que se encontra a atmosfera;
- discutir o fenômeno de tensão superficial a partir da observação dos efeitos da adição de poluentes, como os detergentes, que modificam as propriedades físicas da água;
- mostrar e discutir com os estudantes os efeitos do descarte indiscriminado de materiais não-degradáveis no ambiente;
- debater a importância da variedade de espécies (biodiversidade).

ATIVIDADE Nº 1

Concepções sobre meio ambiente e problemas ambientais

O(a) professor(a) poderá iniciar o capítulo sobre a ação do homem no ambiente investigando as ideias dos alunos a respeito do meio ambiente e dos problemas ambientais. Algumas perguntas poderão ser feitas para posterior análise das concepções prévias dos estudantes sobre a temática:

- o homem é um ser superior aos outros seres vivos, animais e plantas?;
- as agressões que o homem comete contra o meio ambiente são graves? Por quê?;
- as pessoas têm consciência de que estão degradando o meio ambiente?;
- você ou alguém de sua família desenvolve atividades que podem deteriorar o meio ambiente? Quais?;
- quais são os principais problemas ambientais do seu bairro e/ou cidade?;

- esses problemas o preocupam? Por quê?;
- a que você atribui esses problemas?;
- quais seriam as soluções para esses problemas?

A partir das respostas, o(a) professor(a) poderá agrupar as ideias dos alunos em algumas categorias:

Antropocêntrica, egoísta e utilitarista — Acredita que tudo ao redor deve estar a serviço do homem, que a depredação aos recursos naturais e a eliminação de espécies são o preço natural do progresso;

Biocêntrica — Faz menção de que o homem é indissociável do ambiente e está unido aos demais seres vivos por interesses comuns;

Ecologista — Propõe a retirada de uma indústria para solucionar os problemas ambientais de uma determinada região, sem pensar nas consequências econômicas, como desemprego, por exemplo;

Repressora e controladora — Sugere multas e sanções, mudanças na legislação e fiscalização efetiva sobre os causadores dos problemas ambientais;

Catastrofista e derrotista — Não acredita que possa haver soluções, não vê perspectivas, é pessimista quanto ao futuro;

Utilizadora racional — Refere-se à necessidade da preservação do ambiente para a sua utilização futura e faz menção à utilização racional dos recursos disponíveis;

Inatista — Atribui os problemas ambientais às características inatas e intrínsecas aos seres humanos;

Irresponsável — Não acredita que os problemas sejam realmente sérios ou não vê as questões ambientais como problemas; acha que a ciência, o homem ou a própria natureza darão conta dos problemas e encontrarão soluções;

Outras ideias.

O(a) professora) poderá então colocar os resultados para a classe e discutir as principais tendências.

ATIVIDADE Nº 2

Estilo de vida e meio ambiente (adaptado de Caduto⁴)

Tomando por base a hipótese de que alguns bens, importantes para uma vida confortável, são menos necessários que outros, quando se leva em conta as consequências ao meio ambiente, o(a) professor(a) irá dividir a classe em grupos e solicitar que os alunos façam uma lista de objetos fundamentais para se viver bem, assinalando, contudo, aqueles que o grupo estaria disposto a excluir dessa relação.

- Quais objetos aparecem mais frequentemente nas listas como essenciais para se viver bem?
- Que razões têm os alunos para colocar essas coisas como necessárias? Discuti-las com eles.
- Há objetos que os estudantes excluiriam da lista? Por quê?
- Essas listas seriam iguais às de outras culturas?

A partir das contribuições dos grupos, elaborar uma lista única com os objetos prioritários, discutindo a pertinência da inclusão de cada um deles. Questionar em que medida a relação contribuiria para a deterioração dos recursos naturais?

ATIVIDADE Nº 3

Meios de transporte e emissão de gases (adaptado de Caduto⁴)

O objetivo dessa atividade é introduzir a discussão sobre as consequências para a Terra da emissão de CO₂ e sobre as formas alternativas de transporte. O(a) professor(a) poderá dividir a classe em grupos e solicitar a eles que, com base nas observações de uma rua perto da escola ou de outra mais conveniente, verifiquem quantos veículos passam ali por hora e o número de passageiros transportados em cada um deles (se possível, coletar os dados em horário de pico).

Os alunos poderão tirar daí algumas conclusões a respeito da forma como as pessoas utilizam os veículos e discutir sobre os tipos de poluentes lançados pelos veículos movidos a gasolina, a diesel e a álcool e os problemas decorrentes da emissão desses gases na atmosfera. O(a) professor(a) poderá solicitar uma pesquisa acerca dos problemas ambientais ligados à emissão desses gases e do efeito estufa. E promover o debate sobre as seguintes questões ou outras que achar convenientes:

- quais as alternativas possíveis para mudar os hábitos de transporte da população e, conseqüentemente, diminuir a emissão de gases?;
- quais as dificuldades de implantação de tais alternativas?

Além de os veículos emitirem gases poluentes, as indústrias e a queima de carvão mineral e de florestas contribuem para o aquecimento global. Paralela a uma pesquisa de ordem geral, os alunos devem buscar informações sobre a poluição do ar no bairro e na cidade:

- quais os maiores poluentes e as principais indústrias e usinas poluidoras?;
- que fazer para diminuir ou evitar a poluição do ar?

Os resultados da pesquisa serão expostos em painéis na sala de aula ou apresentados a outros alunos da escola.

ATIVIDADE Nº 4

Combustão em recipiente fechado

O kit Ar 6 — *Combustão em recipiente fechado*, da Experimentoteca pode ser utilizado para mostrar a importância do gás comburente — que é o oxigênio presente na atmosfera — para a realização de reações de queima. Com essa atividade, discute-se com a classe quais os efeitos das queimadas sobre o meio ambiente. É importante salientar os aspectos negativos do consumo excessivo do oxigênio e da grande liberação de gás carbônico na atmosfera, que podem provocar maior incidência de chuva ácida e aquecimento global, além de causar sérios problemas respiratórios nos seres vivos.

ATIVIDADE Nº 5

Qualidade da água

Os núcleos de Ciências que possuem o kit de análise de água podem utilizar os equipamentos e soluções químicas para avaliar a qualidade da água de um ribeirão próximo à escola. O(a) professor(a) solicitará aos alunos um **mapeamento ambiental** do bairro a que pertence a escola ou de outro que julgar conveniente. Mesmo sem indicadores como pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, é possível realizar um trabalho sobre a qualidade de água, investigando junto a órgãos públicos:

- a incidência de doenças causadas pela água;
- uso da água (quais as atividades industriais instaladas às margens do rio ou ribeirão);
- os tipos de plantas cultivadas nas margens;
- a relação da população com o rio (histórico da ocupação do lugar — se possível, organizar painel com fotos antigas do lugar conseguidas com moradores).

Debater, em seguida, as atitudes individuais que poderiam melhorar a qualidade da água do rio, entre elas:

- não jogar lixo nas margens;
- não jogar óleo de cozinha na água;
- utilizar o mínimo de detergente, caso não se disponha de detergente biodegradável;
- não deixar lixo nas guias das calçadas;
- não destruir e/ou danificar a mata ciliar.

ATIVIDADE Nº 6

Tensão superficial da água

Essa atividade, bastante simples, ilustra e serve para discutir o fenômeno da tensão superficial.

Material utilizado: copo de vidro, lápis, lâmina de barbear e pedaço de giz.

Procedimento: coloque água no copo até pouco mais da metade e espere que a superfície fique tranquila. Raspe um pedaço do giz com a lâmina de barbear, deixando o pó cair sobre a superfície da água. Observando-se abaixo da superfície líquida, nota-se que, embora algumas partículas tenham caído no fundo do copo, a maioria permanece na superfície.

Sem tocar o copo, “perfure” agora a superfície da água com a ponta fina de um lápis e mostre o que acontece com o pó de giz. Agite o líquido todo e observe novamente. No início, a grande maioria das partículas de giz permanece na superfície, em virtude desta se comportar como uma película (tensão superficial). Já quando a membrana é “perfurada”, muitas partículas afundam, pois ela está rompida nesse lugar. No momento que todo o líquido é agitado, a membrana se rompe em muitos pontos e a maioria das partículas vai ao fundo.

Um complemento a essa atividade é o kit Água 4 — *Tensão Superficial*, da Experimentoteca, que permite discutir também o efeito da adição de detergente à água, diminuindo a tensão superficial.

ATIVIDADE Nº 7

Materiais que se decompõem no solo

Essa atividade pode ser desenvolvida a partir do material do kit Solo 5 — *Decomposição de materiais no solo*, da Experimentoteca e é bastante interessante, pois possibilita a discussão sobre os problemas decorrentes da poluição do solo e da falta de conscientização das pessoas quanto ao descarte de materiais utilizados no dia-a-dia.

O roteiro do kit sugere que o(a) professora) faça os testes de degradação com insetos, vidro, pregos e folhas. É importante incluir também pequenas amostras de plásticos na terra dos vasos, já que vivemos na chamada “idade do plástico” e, como discutido anteriormente, eles representam sério problema quando descartados.

ATIVIDADE Nº 8

Economizando detergente

Para determinar o fator de diluição do detergente, de maneira que a remoção eficiente do óleo nos utensílios domésticos economize esse material, o(a) professor(a) poderá propor à classe a atividade detalhada a seguir. Material necessário: seringa de injeção descartável de 10 mL, seringa hipodérmica, frasco de detergente, 20 copos de vidro (ou outro tipo de recipiente) iguais, 50 mL de óleo de cozinha, água corrente e esponja de lavar louça.

Procedimento: utilize a seringa hipodérmica para colocar 0,5 mL de óleo de cozinha em cada um de um total de dez copos. Espalhe o óleo nas paredes dos copos com um dos dedos, de forma a “sujar” todos eles uniformemente. Nos dez copos restantes, coloque 50 mL de água e identifique-os com números de 1 a 10. Com a seringa descartável de 10 mL, acrescente e dissolva uma quantidade diferente de detergente a cada copo: 0,5 mL no copo nº 1; 1,0 mL no copo nº 2; 1,5 mL no copo nº 3, e assim por diante. Monte uma tabela como esta:

Tabela 6.5: Diluição de Detergente

Copo nº	Volume de Detergente (mL)	Eficiência (B=Bom, M=Médio, R=Ruim)
1	0,5	
2	1,0	
3	1,5	
4	2,0	
5	2,5	
6	3,0	
7	3,5	
8	4,0	
9	4,5	
10	5,0	

Com a solução água + detergente do copo nº 1, umedeça a esponja e lave um dos copos com óleo. Anote o resultado na tabela, na coluna “eficiência”. Em seguida, lave bem a esponja com água corrente e repita o procedimento em outro copo sujo, utilizando a solução do copo nº 2. Faça a lavagem de todos os copos com cada uma das soluções, tomando sempre o cuidado de lavar a esponja entre cada limpeza.

A partir de qual quantidade de detergente, a limpeza se torna eficiente? Calcule a concentração necessária para uma boa limpeza e estime quantos litros de detergente são desperdiçados em nossas casas a cada ano.

Os detergentes comerciais são vendidos na forma concentrada, podendo ser diluídos em água sem perder a eficiência. Utilizados na remoção da sujeira das louças, eles atuam

sobre a gordura e o óleo, principais componentes da sujeira. Como a gordura e o óleo são insolúveis em água, é necessário torná-los solúveis com a adição de uma substância que promova o arraste dessas moléculas através da água corrente. Já os resíduos sólidos de alimentos e substâncias solúveis em água — como o sal e o açúcar — são removidos sem a necessidade de sabões ou detergentes.

ATIVIDADE Nº 9

Economizando embalagens

Nesse experimento, o(a) professor(a) promove um debate sobre as embalagens usadas principalmente na comercialização de alimentos, solicitando aos alunos que tragam algumas delas e perguntando de que materiais são feitas e se são biodegradáveis. O objetivo é mostrar como é possível economizar embalagens de vidro, plástico e papel que descartamos no lixo e ainda economizar dinheiro com essas embalagens. Material necessário: embalagens vazias de maionese, massa de tomate, refrigerante, sabão em pó e outros produtos (com tamanhos diferentes e mesma marca) e balança com precisão de 1 grama.

Procedimento: lave, seque e pese os vidros de maionese e anote os seus pesos. Repita o procedimento para cada uma das embalagens, tomando o cuidado de não molhar as de papel. Nestas, faça uma boa raspagem dos resíduos presentes. Caso você não disponha de balança, peça aos alunos para realizar a pesagem em balanças de supermercado (o resultado é razoável).

Para fazer os cálculos do desperdício, siga o exemplo: considere um produto vendido em embalagens de vidro com os diferentes pesos líquidos de 250 g, 500 g e 1.000 g.¹ A embalagem de 250 g desse produto pesa 150 g (só a embalagem), a de 500 g pesa 220 g e a de 1.000 g, 350 g. Portanto, podemos comprar 1 kg (ou 1.000 g) do produto de três maneiras diferentes:

- 4 embalagens de 250 g;
- 2 embalagens de 250 g e 1 embalagem de 500g;
- 1 embalagem de 1.000g.

Se comprarmos 1 kg do produto como no primeiro caso, após utilizá-lo, estaremos jogando 600 g ($4 \times 150g$) de embalagem no lixo. No segundo caso, jogaremos 520 g ($2 \times 150g + 220g$) e, no terceiro, jogaremos 350 g de vidro no lixo. Nas três situações, consumimos a mesma massa de produto, gerando no entanto quantidades diferentes de resíduo. A diferença de desperdício de embalagens chegou a 250 g de vidro (entre a primeira e a terceira situações). Tal desperdício tem um custo para a indústria na forma de matéria-prima,

¹Aqui vale um lembrete: o que observamos na embalagem, a rigor, não é o peso do corpo, mas a sua massa — “grama” é unidade de massa, e não de peso. Na linguagem popular, porém, usamos a palavra “peso” quando estamos, na verdade, nos referindo à massa.

energia, estocagem, transporte e trabalho, certamente repassado ao consumidor. Compare o preço de produtos oferecidos em embalagens de tamanhos diferentes e comprove a existência de diferenças significativas decorrentes da embalagem.

Pesando as diversas embalagens que jogamos no lixo; encontraremos resultados muito parecidos com os do exemplo citado e, se considerarmos o que pagamos a mais em uma compra mal feita, concluiremos que pagamos — e caro — para contribuir com a degradação do ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Resíduos sólidos — classificação: NBR 10004, 1987.
02. BAKER, H. A revolta do escritório. Caderno Mais! *Folha de São Paulo*, 20/7/1997.
03. BUENO NETO, C. L. Plásticos biodegradáveis. São Paulo, 21/05/97. (Palestra proferida no workshop *Caracterização, Degradação e Reciclagem de Polímeros*, realizado na FIESP e patrocinado pela ABPol.)
04. CADUTO, M. Guia para la enseñanza de valores ambientales. *Educacion Ambiental* nº 13, del Programa Internacional de Educación Ambiental UNESCO-PNUMA. Madri: Libros de la Catarata, 1992.
05. DIAZ, A. Pardo. La educación ambiental como proyecto. *Cadernos de Educación*, 18. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1995.
06. GAARDER, Jostein. *O Mundo de Sofia*. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.
07. GORE, A. *A Terra em Balanço — ecologia e o espírito humano*, tradução Elenice Mazzilli. São Paulo: Augustus, 1993.
08. GRÜN, Mauro. *Questionando os pressupostos epistemológicos da educação ambiental: a caminho de uma ética*. (dissertação de mestrado em Educação—Universidade do Rio Grande do Sul). Porto Alegre, 1995.
09. PRANDINI, F.L. e col. O gerenciamento integrado do lixo municipal. In: *Lixo Municipal — manual de gerenciamento integrado*. Coordenação Niza S. Jardim. São Paulo: IPT, 1995.
10. VERNIER. *O meio ambiente*. Tradução de Marina Appenzeller. Campinas: Papirus, 1994.

PARTE SETE

O MUNDO VISTO POR
MEIO DA FÍSICA

DIETRICH SCHIEL
MARIA GUIOMAR CARNEIRO TOMAZELLO

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO PELOS FÍSICOS

A Física estuda os fenômenos naturais da matéria, buscando estabelecer relações de causa e efeito entre eles. Mas, no mundo que nos cerca, tais fenômenos são um tanto complexos; assim, para se entender as razões daquilo que ocorre na Natureza, é quase impossível iniciar um estudo levando-se em conta a forma com que esses fenômenos se apresentam no ambiente. É por isso que, para explicá-los, o físico recorre a modelos simplificados.

Para entender, por exemplo, o comportamento dos gases na forma em que ocorrem no ambiente natural, encontraríamos grande dificuldade. Então, os físicos inventaram o *gás perfeito* — uma substância teórica (que de fato não existe), cujo comportamento obedece a equações matemáticas bastante simples. Nota-se que o comportamento dos gases reais aproxima-se em muitos casos do gás ideal. Em outros, é necessário adicionar um refinamento para entender esse gás, o que, com base na lei dos gases perfeitos, acaba sendo relativamente fácil. Nas situações em que há grande divergência, acrescentam-se fenômenos suplementares que expliquem os desvios observados com relação ao modelo mais simples. Dessa maneira, consegue-se aos poucos produzir uma interpretação cada vez mais próxima da realidade.

O astrônomo e físico italiano Galileu Galilei — um dos primeiros cientistas a raciocinar da forma como hoje se faz na Ciência — encontrava dificuldades em estabelecer como ocorria o movimento real observado. Assim, criou um modelo imaginando

um movimento dificilmente concebido em sua época: aquele que ocorre sem a força de atrito. Uma vez entendido esse movimento, ele introduziu o conceito de atrito como força adicional.

Em procedimentos como esse, os físicos depararam-se às vezes com dificuldades quase insuperáveis. Para compreender, por exemplo, o comportamento da luz, o melhor modelo em algumas situações é o de partículas que se deslocam e se chocam contra obstáculos; em outras, uma onda que se propaga no espaço. Declarado o impasse, a saída foi manter os dois modelos, cada qual situação mais conveniente para cada uma das situações. A pergunta óbvia “qual dos dois seria o modelo correto?” simplesmente não foi respondida. Existem inclusive modelos matemáticos que usam os dois modelos físicos de forma combinada; mas, mesmo assim, não respondem tal questão.

Com essa metodologia de trabalho, os físicos vêm alcançando bastante sucesso na compreensão da Natureza e isso tem produzido uma forma peculiar de raciocínio naqueles que estudam ou aprendem Física: a convicção de que a Natureza pode ser entendida e de que é possível encontrar causas para os seus fenômenos, seja de modo direto ou indireto (com modelos simplificados). O raciocínio que leva à compreensão e ao entendimento é o pensamento básico do físico; sua pergunta mais importante é “por quê?” e a conclusão dela pode ser traduzida pela expressão “sacou?” — ou seja, “entendeu o que está por trás?”.

O interessante é que, em outras Ciências, por mais óbvio que pareça, muitas vezes a pergunta “por quê?” não leva obrigatoriamente a uma conclusão relevante. Assim, se

indagarmos na Biologia por quê a vaca tem chifres, a resposta será dada com base na teoria da evolução, que é muito menos relevante do que o fato de entendermos, por exemplo, como a vaca se relaciona com outros animais, os seus hábitos alimentares ou a descrição de sua anatomia. Nesse caso, mais importante do que a procura metódica das causas daquilo que se vê é a observação sistemática e cuidadosa do sistema biológico e a compreensão de como as coisas se relacionam, sem a pretensão de explicar necessariamente por que tudo isso ocorre.

REFERENCIAL/SISTEMAS DE REFERÊNCIA (EIXOS CARTESIANOS)

No. dia-a-dia vivenciamos, muitas vezes, situações em que necessitamos de uma referência para que as nossas afirmações e/ou indagações façam sentido. Uma pergunta do tipo “sua escola fica à direita ou à esquerda” tem algum sentido? Quais informações você precisaria para respondê-la? Ou ainda: “nesse momento, é noite ou dia na Terra?” Observe que a resposta vai variar de acordo com o local do nosso planeta em que a pergunta for feita, já que quando, por exemplo, no Brasil é dia, no Japão é noite!

As expressões “para baixo” e “para cima”, usadas frequentemente, são conceitos relativos ou absolutos? Faz algum sentido dizer que os japoneses estão de cabeça para baixo e nós, brasileiros, de cabeça para cima? Se a Terra fosse plana, poderíamos considerar a direção vertical como um conceito abso-

luto; porém, com a esfericidade da Terra, necessitamos reconhecer a relatividade da direção vertical.

E quanto ao deslocamento de um corpo, esse também é um conceito relativo, que depende de um referencial? Imagine um objeto caindo de um avião em movimento. Para um observador dentro do avião, o objeto descreve, ao cair, um movimento retilíneo e sua trajetória é uma reta. Já para um observador situado na Terra, o movimento desse objeto será curvilíneo e sua trajetória, uma parábola. Entende-se trajetória como a linha que une todas as posições pelas quais um ponto passou, tendo a forma geométrica dessa linha também um caráter relativo. Haverá, então, um movimento real para a pedra?

De acordo com isso, quando afirmamos que um corpo se deslocou, queremos dizer que a posição desse corpo **em relação aos outros corpos** alterou-se. Concluindo: o movimento de um corpo, visto por um observador, depende do referencial no qual o observador está situado.

A ideia de movimento associa duas grandezas fundamentais da Física: comprimento e tempo. Se um objeto está se movimentando na Terra, ele ocupa posições diferentes no espaço em instantes diferentes. É possível medir o tempo com um relógio e a posição pode ser expressa em geral por três números. Uma vez fixado um sistema de referência constituído por três eixos cartesianos¹, fazemos corresponder a um ponto genérico P do espaço as coordenadas P_x , P_y e P_z , respectivamente sobre os eixos x , y e z . O movimento ocorre no espaço e também no tempo.

¹O filósofo francês René Descartes (1596–1650) — que gostava de traduzir o seu nome para o latim, chamando-se **Cartesius** — introduziu o sistema de eixos coordenados conhecido como coordenadas cartesianas, três eixos perpendiculares entre si (fig.7.1). Um ponto determinado é localizado através das projeções sobre os eixos. As projeções podem ser medidas em metros, quilômetros ou qualquer outra unidade de medida, dependendo do caso.

Para descrevê-lo, portanto, precisamos efetuar medidas tanto de comprimento quanto de duração. Resumindo: um sistema de referência compõe-se de três eixos cartesianos, um instrumento de medida de comprimento (tipo trena ou régua) e um relógio.

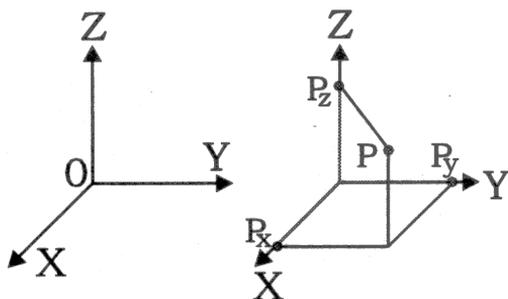


Figura 7.1: Eixos cartesianos.

MOVIMENTO: VELOCIDADE — MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

Quando vemos nas estradas placas com a indicação “80 km/h”, podemos perceber que a velocidade representa uma relação entre duas grandezas: espaço e tempo. Se o móvel mantiver uma velocidade constante em uma estrada retilínea, a distância percorrida por ele será diretamente proporcional ao tempo de viagem. Dizemos então que o seu movimento é **retilíneo uniforme**.

Nessa unidade, vamos estudar o movimento de um móvel ao longo de uma reta — do eixo x , por exemplo, do sistema de eixos cartesianos. Para descrever as diversas posições do móvel, fixamos uma posição inicial, em relação à qual as distâncias serão medidas. Ela pode ser o marco zero da reta.

Suponhamos um carro movendo-se em uma estrada reta, com o velocímetro mar-

cando sempre 80 km/h. Sabemos então que, em uma hora, o carro percorrerá 80 km; em duas, fará 160 km; em três, 240 km, e assim por diante. Que cálculo nos dá as distâncias percorridas? Observe que a distância resulta do produto da velocidade pelo tempo ou pela equação $d = vt$ (ela pode ser utilizada mesmo se a trajetória não for retilínea, basta que a velocidade seja constante). Se o carro saiu do marco zero no instante também igual a zero, teremos a situação representada na figura 7.2.

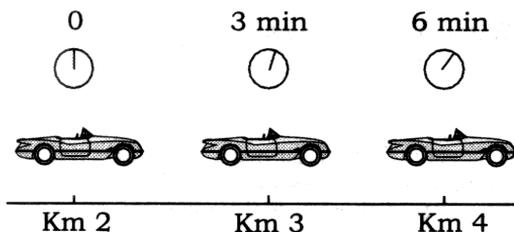


Figura 7.2: Movimento.

Para desenhar um determinado gráfico, precisamos escolher dois segmentos que representem as unidades de medida das grandezas no eixo horizontal (tempo) e no eixo vertical (espaço). Observe que a linha obtida pelo ligamento dos pontos espaço-tempo **não** é a trajetória do carro, que é retilínea, pois partimos do pressuposto que a estrada em que ele está se movimentando é uma reta (fig. 7.3). A velocidade do movimento retilíneo uniforme coincide com a inclinação da reta, isto é, a velocidade será dada por $\Delta s / \Delta t$. Para um mesmo gráfico, portanto, quanto maior a inclinação da reta, maior será a velocidade. É importante, porém, ressaltar que dois gráficos de um mesmo movimento, feitos em **escalas** diferentes, pode-

rão ter inclinações diferentes, sendo a velocidade a mesma.

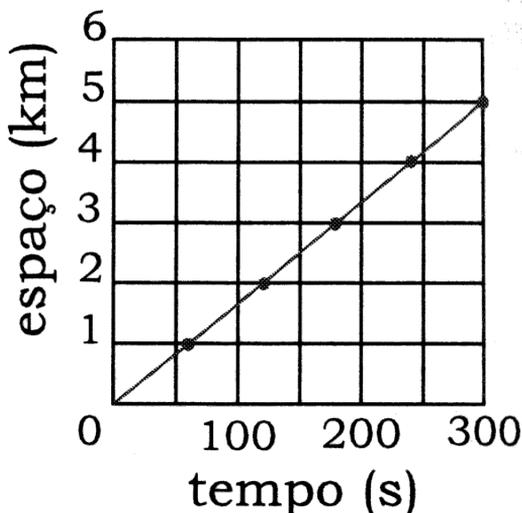


Figura 7.3: Escalas.

AS MÁQUINAS SIMPLES E O SEU PAPEL NA VIDA DIÁRIA

Máquinas são aparelhos que geralmente têm por finalidade multiplicar uma força aplicada, facilitando a execução de algum trabalho. Para realizar um **trabalho**, é preciso aplicar uma força e para aplicar uma força, é necessário fornecer **energia**. Como esses conceitos são importantes no estudo das máquinas simples, interessa revê-los em classe.

Em geral, os alunos associam **força** com **força muscular**, relacionada às ações de puxar e empurrar, indicando aqui a necessidade do contato entre os corpos. Eles resistem à ideia da existência de forças que agem à distância ou forças de campo, por exemplo a força gravitacional. Consideram também o ar como responsável pela permanên-

cia dos corpos na face da Terra (o ar é que empurraria os corpos para baixo) e acreditam que o campo gravitacional restringe-se e confunde-se à camada atmosférica (acreditam que, se a camada de ar que nos envolve desaparecesse, todos sairiam “levitando” pelo espaço).

Forças entre corpos separados e distantes apresentam dificuldades conceituais sobre as quais o matemático e físico inglês Isaac Newton já tinha consciência. Em 1692, ele fez um famoso comentário sobre o conceito de força à distância: “É inconcebível que a matéria inanimada, bruta, possa, sem a mediação de alguma coisa que não é matéria, atuar sobre e afetar outra matéria sem contato mútuo, como deve ser, caso a gravitação lhe seja essencial e inerente”.

Em 1644, Descartes também rejeitou a ideia de vácuo ao considerar, em seu livro *Princípios de Filosofia*, o espaço como *plenum*, cheio de matéria de mesma espécie e em movimento, que seria definido por Deus. Como não se admitia a ideia de força de ação à distância e considerando-se que a interação de sistemas físicos só podia ocorrer por contato, Descartes foi levado ao conceito de **éter** — o seu *plenum* — e, conseqüentemente, formulou a teoria dos vórtices para explicar a gravitação.

Atualmente, tratamos o problema da ação à distância mediante o conceito de campo. No caso do Sol e da Terra, por exemplo, o Sol estabelece uma condição física no espaço determinada como campo gravitacional. Esse campo produz uma força sobre a Terra e, analogamente, a Terra provoca um campo gravitacional que exerce uma força sobre o Sol.

Todas as diversas forças que se observam na natureza podem ser ex-

plicadas, até hoje, em termos de quatro interações fundamentais entre as partículas atômicas elementares: 1 — Forças gravitacionais; 2 — Forças eletromagnéticas; 3 — Forças nucleares fortes e, 4 — Forças nucleares fracas. A maioria das forças que observamos quotidianamente entre os corpos macroscópicos, por exemplo, as de contato e as de atrito ou as exercidas por molas ou por cordas, são o resultado de forças moleculares exercidas pelas moléculas de um corpo sobre as de outro; estas forças moleculares são, em si mesmas, manifestações complicadas das forças eletromagnéticas. (Tipler², p. 117)

Enquanto estamos realizando um trabalho, sempre há uma força sendo deslocada por uma certa distância. É o caso do emprego de uma força necessária para se elevar um corpo, empurrando-o sobre um plano inclinado. O trabalho realizado envolve o produto da força pelo deslocamento. Para manter constante esse produto, pois a energia é conservada (já que ela nunca é criada ou destruída, embora possa passar de uma forma para outra), podemos diminuir o deslocamento, mas assim teremos de aumentar a força. Como o interesse é sempre **diminuir** a força aplicada, é preciso deslocá-la por uma distância maior, distribuindo-se assim, ao longo dela, uma quantidade menor de força. É por isso que, quanto maior for o comprimento dessa rampa, menor será a força necessária para elevar o corpo.

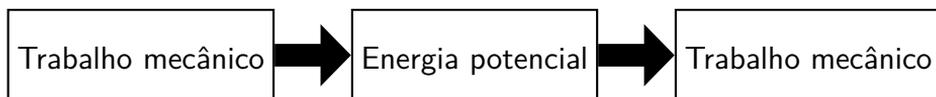
ENERGIA E TRABALHO

Na experiência sobre máquinas simples (kit Física 2 — Máquinas simples, da Experimen-

toteca), constatamos que, levantando-se um peso grande a uma pequena altura ou um peso pequeno a uma grande altura, gasta-se a mesma quantidade de energia. Isso quer dizer que, levantando-se um objeto pesado, a **força** que o suspende **realiza trabalho** e esse trabalho é transformado em **energia potencial** do objeto deslocado. Em outras palavras, um objeto situado em uma grande altura tem mais energia potencial do que quando localizado em uma pequena altura.

Diminuindo a altura do objeto, percebemos que ele realiza trabalho (podendo deslocar — empurrar ou levantar — outro corpo). A energia potencial *pode* (daí a origem da palavra *potencial*) ser transformada em trabalho, mas não é sempre que isso acontece. A energia surge aqui como uma forma de “guardar” o trabalho realizado. A energia potencial pode ser representada pela expressão $E_p = F \times d$ (onde F é a força que atua sobre um corpo e d , a distância em que ela atua). No Sistema Internacional de Medida, a unidade de energia (joule) é obtida pelo trabalho de uma força de 1 newton multiplicada pela distância de 1 metro: $1 \text{ joule} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$.

Em nosso exemplo (primeira equação), d é a altura à qual o corpo é elevado; F é o seu peso. Observe que uma força grande que se desloca pouco e uma força pequena que se desloca muito podem realizar trabalho igual, produzindo a mesma energia potencial. Dessa forma, na experiência sobre máquinas simples, o corpo pequeno, que desceu, perdeu energia potencial para realizar trabalho, levantando o corpo grande, que ganhou energia potencial.



PARÊNTESES FILOSÓFICO

Façamos agora uma analogia: uma pessoa trabalha hoje para comer amanhã. Para isso, ela guarda o dinheiro que recebe pelo trabalho até o dia seguinte, quando paga o almoço. Hoje ela *fez* uma coisa útil, trabalhando; amanhã ela *ganha* algo vantajoso, a comida. No intervalo, *guarda* o produto do trabalho na forma de dinheiro. O trabalho foi *transformado* em dinheiro. Esse dinheiro *pôde* ser transformado em comida — mas nem sempre isso acontece.



É importante ressaltar ainda que a questão do trabalho/dinheiro, presente nas relações humanas, é muito complexa e nem sempre lógica (há quem não trabalha e tem dinheiro e vice-versa). Por outro lado, as leis que estabelecem as relações entre força, trabalho e formas de energia podem ser difíceis e complicadas, mas sempre obedecem à lógica das leis da Natureza. Portanto, o caso aqui citado de algo que se transforma e, ao mesmo tempo, mantém o valor deve ser entendido com certa cautela. Isso também vale para o uso da palavra *trabalho* que, na vida cotidiana, tem um significado bem mais vago do que na Ciência, onde é definido de forma rigorosa.

Usamos essa situação para exemplificar uma transformação que não envolve alteração da matéria. A transformação de trabalho em energia é diferente da modificação de uma lagarta em uma borboleta ou de gelo em água. Transformar significa mudar de forma. Na linguagem cotidiana, usa-se também o verbo *virar*, que envolve a interessante ideia de que estamos girando algo e vendo seu outro lado, ou melhor, os dois lados de um mesmo objeto. Veja os exemplos: à meia noite, o cavalo do príncipe *vira* abóbora. O sertão vai *virar* mar e o mar vai *virar* sertão.

A ALAVANCA

A alavanca é considerada a mais antiga máquina simples. Ela consiste basicamente em uma barra que pode girar sobre um ponto de apoio. São alavancas: a vassoura, a escova de dentes, o martelo, o abridor de latas, a tesoura, o pé de cabra, o grampeador, a pinça, o quebra-nozes, os espremedores de alho e de batata, a gangorra, o alicate, o carrinho de mão, etc. De acordo com a posição relativa do ponto de apoio, da força resistente e da força potente (aplicada para equilibrar ou deslocar a força resistente), as alavancas costumam ser assim classificadas:

interfixa : o ponto de apoio encontra-se entre a potência e a resistência, como na tesoura;

interpotente : a força potente está entre o

ponto de apoio, por exemplo, na pinça;

inter-resistente : a resistência situa-se entre a potência e o ponto de apoio, como no quebra-nozes.

A roldana e o plano inclinado também são máquinas simples. A associação dos três tipos básicos — alavanca roldana e plano inclinado — permitiu a construção de outras

máquinas, como a cunha o parafuso e a roda dentada. Já a roldana (rodas com um sulco por onde se passa uma corda) pode ser:

fixa : apenas inverte o sentido da força aplicada;

móvel : diminui a força de ação pela metade.

TERMOMETRIA: O CALOR COMO FORMA DE ENERGIA

Em Mecânica, para descrever os estados de equilíbrio e os movimentos dos corpos, são necessárias três grandezas fundamentais: massa, comprimento e tempo. Iniciaremos agora estudos de uma série de fenômenos, chamados efeitos térmicos, cuja descrição envolve uma quarta grandeza fundamental: a **temperatura**.

Desde crianças, experimentamos sensações de frio e quente, utilizando o nosso tato. A temperatura de um corpo é relacionada com o fato de o corpo estar mais quente ou mais frio, ou, muitas vezes, nos **parecer** mais quente ou mais frio. Quando encostamos as nossas mãos em objetos de uma mesma sala e feitos com materiais diferentes — as pernas de metal de uma mesa e o seu tampo de madeira, por exemplo —, temos a sensação de que eles possuem temperaturas diferentes. Acontece que o metal, sendo um bom condutor térmico, transfere maior quantidade de calor da nossa mão para as pernas da mesa do que a madeira para o tampo. Por isso é que o metal parece estar a uma temperatura menor.

Além do nosso tato nos levar a cometer erros de avaliação de temperatura, muitas palavras que usamos no dia-a-dia são empregadas de forma completamente diferente do conceito físico que elas representam. É o caso da palavra “calor”. É comum dizermos “que calor!” para um dia em que a temperatura ambiente está elevada. Calor não é sinônimo de temperatura alta, mas de **energia em trânsito**. Isso significa que só há calor quando a energia interna de um corpo é **transferida** para outro corpo. A transferência ocorre quando a temperatura de um dos

corpos está mais alta do que a do outro. Em resumo, *temperatura* é a medida da agitação média das partículas que formam um corpo, enquanto *calor* é a energia transferida de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles.

O conceito de calor como energia foi introduzido em 1798 pelo conde e engenheiro americano Rumford. Observando o aquecimento na perfuração de peças de canhão, ele teve a ideia de atribuir o aquecimento das peças ao **trabalho** que era realizado contra o atrito na perfuração. Em outras palavras, a energia empregada na realização daquele trabalho era transferida para as peças, provocando uma elevação na sua temperatura. Até então, acreditava-se que um corpo mais aquecido possuía maior quantidade de **calórico**, considerada uma substância fluida, invisível, de peso desprezível, que passava de um corpo para outro no contato dos dois. Hoje sabemos que o corpo possui maior quantidade de **energia** em seu interior — a energia interna.

É importante observar que um corpo pode captar energia interna e aumentar a sua temperatura sem receber calor de outro corpo, desde que obtenha outra forma de energia. Exemplificando: bolinhas de metal confinadas dentro de um tubo de PVC podem ter a sua temperatura elevada se agitarmos bastante o tubo. Ao realizar o trabalho de agitá-lo, ocorre uma transferência de energia mecânica às bolinhas.

A temperatura é erroneamente confundida como medida do calor de um corpo. Assim, os equívocos cometidos pelos alunos ao estabelecer os conceitos de calor e temperatura são muito comuns. É necessário, portanto, que o(a) professor(a) dedique um tempo de sua aula à discussão e elaboração desses conceitos.

A temperatura de um sistema pode ser representada por um número. Estabelecer uma escala de temperatura é simplesmente adotar um conjunto de regras para atribuir um número às temperaturas. Se desejamos determinar as temperaturas de vários sistemas, o meio mais simples é escolher um dos sistemas como indicador de equilíbrio térmico entre ele e os outros.

O sistema escolhido é chamado termômetro, cujas características são sensibilidade, precisão, reprodutibilidade e velocidade com que ele chega ao equilíbrio com outros sistemas. No roteiro Física 4 — Termometria, da Experimentoteca, há uma descrição dos vários tipos de termômetros encontrados no kit, como o termômetro clínico, que através de dois índices indica as temperaturas máximas e mínimas ocorridas em um certo intervalo de tempo, e a lâmina bimetálica.

ENERGIA CINÉTICA E CALOR

Na experiência *Espaço, tempo e velocidade* do kit Física 3 da Experimentoteca, percebemos que a energia potencial pode gerar movimento. Realiza-se trabalho, levantando um rotor até que ele fique no topo de um trilho inclinado; estamos com isso transferindo *energia potencial* ao rotor. A seguir, soltamos o rotor, com o que a energia potencial é transformada em movimento, em *energia cinética*. A energia potencial ($E_p = F \times d$)

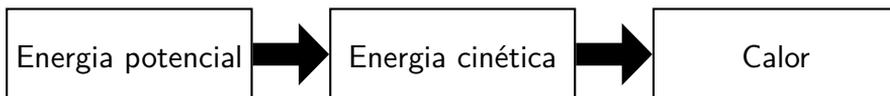
transforma-se em energia cinética. Assim, para um corpo de massa m que se desloca com velocidade v , temos a equação:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2.$$

Somadas, a energia potencial e a energia cinética ganham o nome de *energia mecânica*. É de se esperar então que a energia mecânica se mantenha constante. Ao final dessa experiência, o rotor bate no fim do trilho e tudo fica parado. Parece que a energia — que deveria ser potencial (corpo em nível alto) ou cinética (corpo em movimento) — desaparece. O rotor está em um nível baixo e parado. Fenômenos desse tipo intrigaram muitas pessoas, até que, em 1842, o físico inglês James P. Joule explicou que o calor pode ser entendido como uma forma de energia.

Se medíssemos a temperatura do final do trilho com extrema precisão, perceberíamos que ela aumentou um pouco, pois a **energia cinética se transformou em energia térmica** (calor). Por sua vez, a energia térmica se dissipa no ambiente. A transformação de energia cinética é encontrada em situações cotidianas, como os freios que esquentam (sinta o freio de uma bicicleta depois de uma descida!), uma bola de futebol segurada pelo goleiro e o esfregar forte das mãos num dia frio.

Quando se descobriu que o calor é uma forma de energia, já existia uma unidade para medir o calor: a caloria. Para não ter de tirar de uso uma unidade já consagrada, os cientistas resolveram estabelecer um fator de conversão para a caloria²: $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ joule}$.



²A caloria é identificada, no cotidiano, como o valor energético de alimentos. Porém, deve-se tomar cuidado com a unidade, pois o que se chama popularmente caloria são, na verdade, quilocalorias. Isso significa que uma quantidade de alimento que produziria 70 calorias fornece, de fato, 70.000 cal.

CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

A complexidade das formas de energia fez com que levasse muito tempo para se notar que a energia mantém-se constante nos processos de transformação. Durante séculos, inventores engenhosos tentaram construir máquinas que funcionassem gerando energia sem que fossem abastecidas. Essas máquinas hipotéticas são chamadas **motocontínuo** ou **motoperpétuo**.

Poderiam ter sido criados diversos tipos de modelos, mas aqui consideramos o **motocontínuo de 1ª espécie**. Apesar das tentativas através dos tempos, jamais se conseguiu montar uma máquina dessas. Assim, uma das formas de se enunciar o **princípio de conservação da energia** é justamente: “Não é possível construir um motocontínuo de 1ª espécie.”

Neste século, houve uma revisão completa dos princípios da Física, a partir da

redefinição dos conceitos de tempo, espaço e massa. Uma das consequências da Teoria da Relatividade, explicada por Einstein, é a constatação de que, em condições especiais, a energia pode ser transformada em massa e vice-versa. Nessas situações, portanto, não vale mais o princípio da conservação da energia. Elas são raras em nosso cotidiano, ocorrendo primordialmente de maneira artificial, em reatores e explosões nucleares; só em substâncias radioativas é que o processo se dá naturalmente.

No mundo extraterrestre, porém, toda a energia produzida pelo Sol provém de reações nucleares, isto é, de massa transformada em energia. E como quase toda energia disponível na Terra provém da energia solar, concluímos que praticamente toda essa energia resulta, em última análise, da transformação de massa em energia ocorrida no Sol.

FENÔMENOS ELÉTRICOS: ELETRICIDADE ESTÁTICA

Eletrização

No dia-a-dia deparamo-nos com diversos fenômenos elétricos ou com suas consequências. Ao retirarmos uma blusa de lã no inverno, em um quarto escuro, podemos observar pequenas faíscas saindo da lã ou, quando tocamos a maçaneta do carro, sentimos às vezes uma espécie de “choque”. Entre outros tantos exemplos, também vemos o raio, que é uma das manifestações mais espetaculares de um fenômeno elétrico, e a luz emitida por uma lâmpada, apesar de não vermos os elétrons deslocando-se dentro dos fios.

Na eletrostática — assunto que será desenvolvido neste tópico —, analisamos situações nas quais geralmente vamos encontrar cargas elétricas em repouso.

Todo corpo é composto de um grande número de moléculas constituídas, por sua vez, de átomos, que são constituídos de elétrons, prótons, nêutrons e outras partículas. Quando o número de prótons é igual ao de elétrons, dizemos que o corpo está eletricamente neutro, pois a carga do elétron é do mesmo valor que a do próton. Podemos eletrizar um corpo adicionando ou retirando elétrons. Dessa forma, o corpo apresenta-se eletrizado positivamente se houver falta de elétrons e, negativamente se tiver excesso de elétrons. A carga refere-se somente à diferença do número de elétrons — para mais ou para menos.

Ao atritarmos um corpo a outro, ocorre um movimentação de elétrons de um para o outro e os corpos ficam então eletrizados. As primeiras descobertas registradas sobre o assunto foram feitas pelo grego Thales, no

século VI a.C., observando as propriedades adquiridas por uma resina — o âmbar — quando atritada com uma pele de animal. Como a palavra grega correspondente a âmbar é *elektron*, o médico inglês Gilbert passou a usar o termo *eletrizado*, tendo publicado, em 1600, um extenso tratado sobre fenômenos elétricos e magnéticos, denominado *De Magnete*. Já que todos os materiais são constituídos de elétrons e prótons, *todos os materiais são eletrizáveis*. Isso significa que podem ganhar ou perder elétrons (todos os corpos são formados de átomos, os quais são constituídos de elétrons, prótons e nêutrons).

Do ponto de vista elétrico, os diversos materiais classificam-se normalmente de acordo com a maior ou a menor facilidade com que as cargas elétricas podem se mover através deles. Se uma certa quantidade de elétrons for colocada em um ponto qualquer de uma esfera de metal, quase instantaneamente a carga se espalhará pela esfera. Porém, se a esfera for de plástico, a carga se espalhará num processo muito lento. O material que permite a fácil movimentação de cargas elétricas denomina-se *condutor*; já aquele que praticamente não admite a movimentação de cargas é chamado *dielétrico* ou *isolante* (conserva as cargas no lugar onde elas surgem).

O CAMINHO DA ELETRICIDADE E A LEI DE OHM

Quando um campo elétrico é estabelecido em um condutor elétrico qualquer (um fio de cobre, por exemplo), as cargas presentes no fio entram em movimento sob a ação desse campo. Dizemos então que esse deslocamento de cargas constitui uma corrente elétrica. Nos metais, a corrente elétrica é consti-

tuída por elétrons livres em movimento. Nos líquidos, as cargas que se movimentam são os íons positivos e negativos, enquanto que, nos gases, são íons negativos, íons positivos e também elétrons livres.

Para entendermos o que acontece dentro de um fio durante o transporte de energia de uma pilha para uma lâmpada, por exemplo, imaginemos que as partículas do fio (asargas elétricas), cada vez que passem pela pilha, recebem dela pequenas quantidades de energia. Assim, a pilha seria uma espécie de “armazém de energia” e as partículas, por sua vez, serviriam como meio de transporte. A lâmpada não seria uma “consumidora” de corrente elétrica, mas “receptadora de energia” da corrente elétrica.

É muito comum ouvirmos a expressão “o chuveiro elétrico, ou o ferro elétrico, consome muita corrente elétrica”. Isso pode explicar porque a maioria dos alunos acredita que os elétrons da corrente elétrica param nos aparelhos elétricos, sendo “consumidos” por eles. Muitos também acreditam que a corrente elétrica (os elétrons) “saem” da pilha, isto é, a pilha teria um estoque de elétrons que seria fornecido ao circuito. Isso não ocorre, pois os elétrons estão no próprio condutor — no próprio fio — e a pilha fornece energia às partículas.

Qual seria, então, o significado da voltagem de uma bateria? O que significa uma voltagem de, por exemplo, $1,5 \text{ volt}$? Ela indica que cada 1 coulomb de carga, ou seja, cada pacote correspondente a $6,25 \times 10^{18}$ elétrons, ao passar pela pilha ou pelo “armazém de energia”, recebe $1,5 \text{ joule}$ de energia. O volt nada mais é do que uma relação entre a energia e a carga: $1 \text{ volt} = 1 \text{ joule/coulomb}$. A carga transfere ao aparelho elétrico a energia que recebeu do campo elétrico. Ao passar, por exemplo, por uma lâmpada, a cor-

rente perde energia, mas a sua intensidade não se modifica: a quantidade de carga que passa na secção do condutor por unidade de tempo (que chamamos de corrente elétrica) será a mesma, antes ou depois de passar pela lâmpada.

Como podemos modificar o valor da corrente elétrica em um circuito? Se colocamos em série duas lâmpadas ligadas a uma pilha, observamos que o brilho das duas lâmpadas é menor do que o brilho de uma delas quando ligada sozinha. Poderíamos concluir que o brilho das lâmpadas diminui porque diminui a corrente elétrica (o número de partículas que atravessa o circuito)? Poderíamos também dizer que o brilho diminui porque a energia de cada partícula seria repartida entre duas lâmpadas? As duas conclusões estão corretas: há uma diminuição do número de partículas, uma vez que duas lâmpadas em série têm resistência maior do que uma isolada e a energia da pilha terá que ser repartida entre duas lâmpadas.

Quando as cargas movem-se no fio, interferem com os átomos ou moléculas do condutor, havendo assim uma resistência à sua passagem, que poderá ser maior ou menor conforme a natureza do condutor.

Além da característica do material que constitui o fio, a experiência nos mostra que a resistência varia linearmente com o comprimento do fio e é inversamente proporcional à área de sua secção reta. Isso significa que um fio longo tem maior resistência elétrica do que um fio curto e um fio mais grosso tem resistência menor do que um mais fino (ver a discussão do roteiro que acompanha o kit da Experimentoteca Física 8 — Caminho da eletricidade).

Vamos considerar agora um pedaço de fio de cobre com um determinado comprimento e uma área de secção reta (determi-

nada pela grossura do fio). O que acontecerá com a sua resistência à passagem da corrente elétrica se aumentarmos gradativamente a voltagem a que ele está submetido? Observemos que a corrente que passa pelo fio também será gradativamente aumentada, de modo que a relação voltagem/corrente será sempre constante. A relação V/i representa, então, a resistência do condutor.

No século passado, o cientista alemão Georg Ohm mediu essas voltagens e as correntes correspondentes, verificando que, para a maioria dos metais, a relação voltagem/corrente permanecia constante:

Voltagem/corrente = constante = resistência, ou $V = RI$ (lei de Ohm).

A intensidade de corrente (I) é tanto maior quanto maior for a voltagem (V) e quanto menor for a resistência elétrica (R). Observe que: necessariamente, uma corrente elétrica só se estabelece em um circuito fechado, ou seja, a corrente sai de uma ponta do gerador (pilha, tomada) e retorna a ele por outro polo.

O Choque Elétrico

Uma corrente de 20 mA que passa pelo corpo humano pode ser fatal. Para que isso ocorra, a corrente elétrica deve entrar e sair pela epiderme, de alta resistência. No interior do corpo, ela encontra no sangue um eletrólito de baixa resistência. A corrente que passa de um ponto a outro num mesmo dedo ou de uma mão à outra é a mesma (ou quase) para uma dada voltagem. Uma corrente de valor considerável que atravessa o corpo provoca algo que se costuma designar por “choque elétrico”.

O maior perigo do choque elétrico são os danos que ele causa ao sistema nervoso. Os impulsos nervosos que nosso cérebro en-

via para comandar os músculos são elétricos também. Dessa forma, nosso corpo confunde a corrente elétrica do choque com impulsos que comandam movimentos. O choque pode “travar” o músculo que aciona a mão, a qual não consegue mais abrir nem largar o fio. Isso dá a impressão que a vítima “grudou” no fio elétrico.

Passando perto do coração, a corrente elétrica pode causar a paralisia mortal dele. Se quisermos auxiliar uma pessoa sob efeito da corrente elétrica, correremos o perigo de o “caminho da eletricidade” passar também pelo nosso corpo. A primeira providência, portanto, é tentar “desligar a força” ou afastar o acidentado do fio com um pedaço de pau ou outro isolante elétrico.

O que limita a corrente é a alta resistência de nossa epiderme seca. A epiderme molhada de quem esteja tomando banho, tenha uma ferida aberta ou uma bolha na mão aumenta muito o risco de um choque elétrico, pois, pela lei de Ohm, uma resistência pequena corresponde a uma corrente grande, para uma dada voltagem. Dessa forma, em alguns casos, uma tensão de 220 V pode ser inócua e, em outros, 110 V pode ser mortal. Tocar com um só ponto do corpo uma alta tensão não representa perigo, pois não há “caminho da eletricidade”. São testemunhos disso os passarinhos que pousam em fios elétricos sem levar choque: eles não encostam no chão e, assim, não há como fechar o caminho da eletricidade.

Nossa rede elétrica apresenta sempre uma diferença de potencial entre a fiação e a superfície terrestre, chamada “terra” pelos eletricitistas. O maior perigo representado por aparelhos elétricos domésticos consiste na possibilidade de ocorrer um contato acidental entre a carcaça do aparelho e a fiação interna. Com isso, o “caminho da eletricidade”

dade” pode ocorrer do fio para a carcaça, daí para a mão do usuário, para o seu pé e, finalmente, para o chão, por onde retorna à subestação da companhia de Eletricidade. Isso é particularmente perigoso para um usuário com corpo molhado (debaixo de um chuveiro elétrico). Um acidente desse tipo pode ser evitado se a carcaça for ligada diretamente à terra, encurtando assim o “caminho da eletricidade”, mesmo em caso de contato acidental no interior do aparelho. Instalações e aparelhos elétricos modernos sempre possibilitam essa ligação de “fio-terra”, que não deve ser negligenciada.

Faíscas elétricas geradas por atrito, como as que ocorrem em roupa de acrílico em dia muito seco, correspondem às vezes a tensões superiores a 10.000 V. Entretanto, a própria faísca descarrega imediatamente o corpo, a corrente não se sustenta e, apesar de desagradável, não apresenta o menor perigo, não configurando o choque elétrico. Os potenciais na nossa experiência sobre eletrostática também são da ordem de 10.000 V e nem ao menos se chega a ver uma faísca. (Experimentoteca de Física, kit 7, Eletrostática.)

FENÔMENOS MAGNÉTICOS: PROPRIEDADES DE UM ÍMÃ

O homem já havia observado, há séculos, que determinadas pedras têm a propriedade de atrair pedaços de ferro ou de se atrair mutuamente. Pelo fato desses minerais chamarem-se magnetita, que é um óxido de ferro natural, os fenômenos foram denominados magnéticos. Atualmente, utilizam-se mais os ímãs artificiais obtidos a partir de processos conhecidos como imantação.

Sabemos que todos os fenômenos magnéticos podem ser explicados por meio do

movimento de cargas elétricas. As propriedades de um ímã são determinadas pelo comportamento de seus elétrons, que geram um campo magnético de duas maneiras: ao girar em volta de um núcleo de átomo ou efetuar um movimento de rotação em torno de si mesmo.

A maioria dos materiais não apresenta fenômenos magnéticos pois, para cada elétron girando em um sentido, há outro girando em sentido contrário, anulando o efeito do primeiro. No ímã, os elétrons giram no mesmo sentido, ao redor do mesmo eixo com o que somam seus efeitos, originando um campo magnético. Portanto, o campo magnético do ímã é produzido por uma espécie de corrente elétrica interna, e não pela concentração de cargas elétricas. O ímã é eletricamente neutro, o que significa que possui o mesmo número de cargas positivas e negativas.

Entre os alunos, é comum a ideia de que o ímã é uma espécie de dipolo elétrico, onde as cargas positivas encontram-se concentradas no polo norte e as cargas negativas, no polo sul. Em geral, eles também acreditam que há interações entre ímãs e todas as substâncias metálicas, que o ímã tem em si mesmo uma força capaz de atrair corpos (uma espécie de efeito mágico) e que ocorrem transferências de carga do ímã para o ferro, produzindo a interação entre os dois (a carga seria então um fluido).

Eletromagnetismo

No século XVII, os físicos já se perguntavam se não haveria ligação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos. Há inclusive relatos de capitães de navios, datados do início do século XVIII, sobre raios que desorientavam bússolas e imantavam utensílios de

aço. Em 1750, Franklin descobriu a natureza elétrica do raio e, apesar de todas as tentativas dos físicos de relacionar magnetismo e eletricidade, os manuais de Física do início do século XIX continuavam ainda tratando os dois assuntos como distintos.

Em 1819, o físico dinamarquês Oersted constatou o efeito magnético da corrente ao observar a deflexão de uma bússola próxima a um fio com corrente elétrica. Depois disso, deu-se uma quantidade enorme de publicações e descobertas sobre eletricidade. Em 1820, Arago inventou o eletroímã e, no ano seguinte, Ampère construiu o primeiro galvanômetro, determinando quantitativamente a intensidade da corrente. Uma experiência de Barlow, publicada em 1822, descreveu o primeiro motor elétrico da história. Em 1827, o físico alemão G. S. Ohm estabeleceu a lei que rege a passagem da corrente elétrica em um circuito.

O último capítulo importante sobre esse início do entendimento do eletromagnetismo está relacionado à descoberta da indução. O físico inglês Faraday descobriu que a variação do fluxo magnético (ímã) através de um circuito **induz** nesse circuito uma corrente elétrica. Se um ímã movimenta-se próximo a uma bobina, aparecerá na bobina uma corrente elétrica, ora em um sentido, ora em outro, sem que para isso haja necessidade de uma bateria.

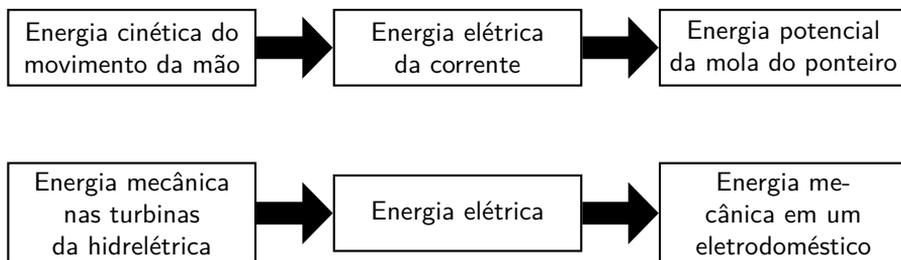
Isso significa que, se essa variação é periódica, a corrente induz mudanças periódicas de sentido; em outras palavras: a corrente vai e vem, portanto, é alternada. O alternador (gerador de corrente alternada) foi inventado por Tesla em 1883 e utilizado industrialmente em 1898. Um grande avanço tecnológico processou-se a partir da descoberta de Faraday e, hoje, grandes geradores

permitem a utilização de energia elétrica em larga escala. Contudo, por mais complicados que sejam esses geradores, o seu funcionamento baseia-se no alter nador inventado por Tesla (Rosmorduc⁴).

ENERGIA ELÉTRICA

Na experiência sobre **eletrostática**, realizamos trabalho atritando um canudo de refrigerante. A seguir, esse canudo é aproximado de pequenos objetos de papel, que são movimentados. O trabalho da força do experimentador foi transformado em energia potencial de pequenos objetos de papel. Outro exemplo que mostra a importância dos fenômenos elétricos para a transferência de energia ocorre nos experimentos sobre **eletromagnetismo** (Experimentoteca de Física. Kit 10 — Magnetismo e Eletromagnetismo).

Percebe-se no experimento sobre a indução eletromagnética que podemos mover o ponteiro de um galvanômetro sem tocar nele: movemos um ímã de ferrite, realizando trabalho. A variação de campo magnético no interior da bobina induz uma corrente elétrica que transporta carga elétrica até o medidor. A transferência de energia por meio de corrente elétrica envolve a noção de *energia elétrica*. No interior do medidor, a corrente elétrica passa dentro de uma pequena bobina, criando um campo magnético. Isso faz com que a pequena bobina seja atraída pelos ímãs. A montagem do experimento permite a inspeção visual, inclusive dessa pequena bobina, se olharmos com atenção. A atração da bobina faz com o ponteiro do medidor se deflexione e torça uma pequena mola. Com isso, no final do experimento, temos novamente *energia potencial*, a energia de uma mola deformada.



O que ocorre aqui — transformação de energia mecânica em energia elétrica, fácil de transportar, e, a partir daí, novamente em energia mecânica — é exatamente o mesmo que acontece, numa outra escala de tamanho, com a energia transportada, por exemplo, de uma represa até um lar, para aí ser utilizada. Em outras palavras, a tecnologia permite que a energia potencial da água de uma represa a 1.000 *km* de distância possa acionar um liquidificador em nossa cozinha!

Transporte de Energia Elétrica

Os conceitos introduzidos na experiência sobre a **Lei de Ohm** agora nos serão úteis. Pode-se demonstrar que a energia elétrica transportada num intervalo de tempo Δt em um circuito com voltagem V , no qual passa uma corrente I , é obtida através de: $E = VI\Delta t$. Isso significa que a mesma energia pode ser transmitida num mesmo intervalo de tempo, usando-se corrente alta e voltagem pequena ou voltagem pequena e corrente grande. Por outro lado, convém lembrar que voltagens altas são perigosas em casos de choque elétrico e correntes de valor

alto exigem fiação mais grossa, que é mais cara.

Nas residências, usam-se voltagens relativamente pequenas (110 *V* ou 220 *V*). Essa voltagem é obtida nos transformadores localizados na rua, alimentados com 11.000 *V* através de fiação que vem da subestação. Esta é abastecida por fios de alta tensão com 110.000 *V*, conectados com o gerador na distante hidrelétrica.

A transformação da tensão é feita em transformadores, que nada mais são do que uma bobina enrolada em outra. A variação da corrente numa dessas bobinas (a primária) ocasiona uma variação no campo magnético que, por sua vez, induz uma voltagem na outra bobina (a secundária). Dessa forma, obtém-se na bobina secundária uma corrente elétrica que varia (oscila) no tempo — corrente alternada —, usada nas instalações residenciais. Esses fenômenos podem ser explicados com base nos experimentos de **eletromagnetismo**.

Vale notar que, na transformação de tensão e corrente, a energia sempre se mantém, obedecendo a equação $E = VI\Delta t$ (corrente alta e voltagem baixa ou vice-versa).

DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 1 A 6

- Proporcionar situações-problema para verificar a necessidade de se estabelecer referências em situações vivenciadas no ambiente;
- introduzir os conceitos de movimento relativo, trajetória, unidades de comprimento e sistemas de referências (eixos cartesianos).

ATIVIDADE Nº 1

O referencial

O(a) professor(a) poderá debater com seus alunos a importância da definição de um referencial no estudo dos movimentos dos corpos. Além das questões já tratadas neste capítulo, outras poderão ser feitas:

- você está parado em um ponto de ônibus e vê uma pessoa passar dentro de um carro. Em relação a você, essa pessoa está em movimento ou em repouso? E se você também estivesse dentro do carro?;
- da Terra, você observa o Sol desde a nascente até o poente. É a Terra que se movimenta em relação ao Sol ou o Sol que se movimenta em relação à Terra?;
- da Terra, você observa o movimento da Lua. É a Lua que se movimenta em relação à Terra ou a Terra que se movimenta em relação à Lua? E se você estivesse observando isso tudo lá do Sol?;
- depois de feitas essas discussões, é possível deixar de mencionar o referencial utilizado no momento em que estudamos um movimento?

ATIVIDADE Nº 2

A trajetória

Quando se estuda o movimento de um corpo, é importante descrever a sua trajetória. O(a) professor(a) poderá questionar os alunos quanto ao sentido da palavra “trajetória”, perguntando o que eles entendem a respeito do seu significado. “Vocês já ouviram essa palavra? Sabem o que ela significa?” Deve-se anotar no quadro todas as contribuições dos alunos, com o objetivo de conhecer as suas ideias, e não de definir o conceito.

A partir de um mapa (ou de um esboço de mapa) com as principais vias de acesso à escola — que você pode conseguir em listas telefônicas de endereços —, peça para os alunos desenharem com canetas coloridas o trajeto deles de suas casas até a escola. Qual é a medida dessa distância em metros? Essa atividade pode ser feita individualmente ou em grupo (tirando-se aqui uma média das medidas). É possível dois ou mais alunos terem obtido as mesmas distâncias em trajetórias diferentes?

Para facilitar as respostas, coloque no quadro alguns resultados e peça aos alunos que comparem as trajetórias. Pergunte aos grupos se a trajetória descrita por um móvel depende do referencial escolhido.

Faça-os imaginar um trem em movimento. Em determinado instante, uma lâmpada cai do teto. Qual será a trajetória da lâmpada, se observada por um passageiro do trem? E se a pessoa estiver sentada na estação, por exemplo, vendo o trem passar no momento da queda da lâmpada? Anote as respostas no quadro e ajude-os a encontrar a resposta mais satisfatória, fazendo as devidas correções.

ATIVIDADE Nº 3

Unidades de comprimento

Como para a Física — denominada “ciência da medida” — as medidas são muito importantes, aproveite a atividade anterior e solicite aos alunos que expressem os resultados das distâncias em *km* e em *cm*. Em seguida, apresente a seguinte questão a eles: se nós não conhecêssemos o metro, que alternativa vocês usariam para indicar as distâncias de suas casas à escola?

Destaque a necessidade de se adotar um padrão para comparação sempre que se for medir um comprimento. O(a) professor(a) poderá inclusive solicitar aos alunos uma pesquisa bibliográfica sobre a evolução do sistema de medidas de comprimento.

ATIVIDADE Nº 4

Algarismos significativos

Algarismos significativos são todos os **algarismos corretos** de uma medida seguidos de um primeiro **algarismo duvidoso** (que não é lido diretamente, mas avaliado), adotados convencionalmente por todas as pessoas que realizam medidas. Para facilitar a compreensão do conceito, utilize uma régua de madeira de um metro com as marcações dos centímetros e milímetros cobertas por uma fita crepe. Peça aos alunos que meçam, em metros, o comprimento da mesa do(a) professora(a) ou de qualquer outro objeto da sala. Faça-os repetir a operação, usando a mesma régua, porém, agora, com as marcações dos centímetros (sem os milímetros!) anotadas na fita crepe. Desta vez, proceda a marcação com a régua de madeira sem a fita crepe, isto é, utilizando todas as divisões (centímetros e milímetros).

Sugira que os alunos comparem as medidas e estabeleçam as relações entre elas. No primeiro caso

(medida feita com o metro coberto pela fita crepe), considerando-se os Algarismos Significativos, obtivemos, por exemplo, $1,1\text{ m}$ para o comprimento da mesa: um metro medido com certeza e $0,1$ estimado, uma vez que, com a régua coberta, não pudemos ver mas imaginar as divisões em centímetros. Na segunda operação, conseguimos mais um Algarismo Significativo: $1,12\text{ m}$ (por exemplo), ou seja, $1,1\text{ m}$ lido diretamente na régua e $0,02\text{ m}$ estimado, já que não vimos as divisões dos milímetros. Com a régua sem a fita crepe, encontrarmos, por exemplo, um valor igual a $1,125\text{ m}$. Aqui os três primeiros números ($1, 1$ e 2) são corretos e o quarto número (5) é duvidoso, pois foi estimado ($0,5\text{ mm}$), tendo-se, portanto, quatro Algarismos Significativos.

ATIVIDADE Nº 5

Teoria dos erros

O(a) professor(a) poderá, na atividade anterior, anotar no quadro os resultados obtidos pelos grupos quanto ao comprimento da mesa. Cada grupo terá provavelmente encontrado um valor diferente dos outros. Questione os alunos sobre o valor mais provável.

Essa atividade permite introduzir a discussão sobre a **teoria dos erros**: apesar de medir um mesmo objeto com o mesmo instrumento de medida, os resultados obtidos não serão iguais, mas distribuídos simetricamente em torno de um valor médio, que é o valor mais provável da grandeza. Quanto mais estreita for a distribuição em torno desse valor, mais precisa é a medida. Assim, quando dizemos que o valor de uma medida é um determinado valor x , significa que, se qualquer outra pessoa fizer as medidas nas mesmas condições, deverá encontrar um valor próximo do valor médio (HENNES¹, p. 153).

Solicite aos alunos que determinem a média dos valores encontrados para obter o valor mais provável do comprimento da mesa, levando em conta os Algarismos Significativos, que, no caso das medidas com a régua descoberta, deverão ser, no máximo, quatro. Com essa prática, é possível introduzir a ideia da **incerteza experimental**, ou seja, de que todas as grandezas resultantes de medição são afetadas por uma incerteza que se convencionou chamar de erro, desvio ou incerteza da medida.

Seria também interessante fazer a medição com uma trena, comparando esses valores com os obtidos com a régua sem a fita crepe. Poderiam ser feitas muitas medidas e depois calculada a média. Tal resultado seria, com certeza, mais confiável. Quando uma medida é repetida um certo número de vezes, utilizamos o cálculo estatístico, que, além de fornecer um resultado mais seguro, permite estimar o erro cometido.

ATIVIDADE Nº 6

O sistema de referência

Nessa atividade, a classe estuda o movimento de um aluno dentro da sala de aula, tendo como referência um objeto da própria sala, por exemplo, a mesa do(a) professor(a). Se o aluno está se movendo, ele deve ocupar posições diferentes no espaço em instantes diferentes. Como fazer a medição dos instantes? E quanto à posição que ele ocupa em um determinado instante, como descrevê-la?

Os instantes podem ser medidos facilmente por um relógio. E as posições? Para auxiliar os alunos nas respostas, promova o jogo conhecido como “Mapa da Mina” do kit Física 1 — Olimpíadas das coordenadas, da Experimentoteca.

Você poderá levantar ainda uma questão adicional ao grupo: “Se, em vez de estar no chão, o corpo ocupasse um lugar acima do solo, que informações necessitaríamos para descrever a sua posição?”

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 7 E 8

- Proporcionar situações-problema visando identificar as ideias dos alunos sobre velocidade;
- introduzir o conceito de velocidade, de velocidade constante e de movimento retilíneo uniforme.

ATIVIDADE Nº 7

Velocidade: movimento retilíneo uniforme

Levante em classe a seguinte questão: uma pessoa passa por uma estrada e vê escrito em uma placa “80 km”. O que a placa indica? O que a pessoa deve entender com esse sinal? Deixe os alunos se expressarem, anotando no quadro suas observações. Se nenhum deles observar o erro cometido na expressão da unidade de velocidade — que deveria ser km/h —, questione quanto à unidade indicada no velocímetro de um carro. Como ficaria a placa corrigida? Qual o sentido da expressão “80 km por hora”? Quando está a essa velocidade, um carro já percorreu necessariamente uma distância de 80 km? E quanto ao tempo, já gastou uma hora? Se o carro se mantiver nessa velocidade constante numa estrada retilínea, qual a distância que ele terá percorrido ao final de uma hora? Escreva as respostas dos alunos, corrigindo depois o que for necessário.

A velocidade também é um conceito relativo? Apresente para os alunos o seguinte problema: em uma estrada viajam um ônibus a $100 km/h$ e um automóvel, na pista paralela, a $80 km/h$. Para um observador parado na estrada os passageiros do ônibus estão a $100 km/h$; porém, para o motorista do carro eles estão a $20 km/h$. Se o automóvel também estivesse a

100 km/h , qual seria a velocidade do ônibus em relação a ele? Observe que é preciso fixar um sistema de referência para dar um significado à resposta sobre o valor da velocidade. *Sistema de referência* é o conjunto de todos os objetos em relação aos quais o movimento se apresenta com as mesmas características. O sistema de referência do homem parado na estrada, por exemplo, é composto pela árvore, pela casa e por todos os outros objetos em relação aos quais o movimento do ônibus apresenta a mesma velocidade.

Sugira aos alunos que determinem as velocidades de seus trajetos a pé de suas casas à escola. Essa atividade poderá ser realizada em grupo, no qual pelo menos um aluno possa obter facilmente os dados necessários. Como já se conhece a distância (discutida em uma das aulas anteriores), resta marcar o tempo gasto no percurso. Assim, um dia antes da atividade, solicite aos estudantes que façam o percurso de casa à escola procurando desenvolver uma velocidade constante, isto é, mantendo um movimento uniforme. Na saída de suas casas, eles deverão olhar o relógio e marcar o instante inicial; quando estiverem chegando à escola, deverão novamente marcar a hora. Com os dois valores — das horas de saída e chegada —, o tempo gasto no trajeto poderá ser calculado.

A partir dos dados relativos à distância percorrida e ao tempo gasto, qual é o valor da velocidade? Embora utilizemos no cotidiano a unidade de velocidade km/h , a adotada pelo Sistema Internacional de Unidades de Medidas é a unidade m/s ³. Compare esses valores com outros que também têm relação com velocidade. Proponha à classe uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de identificar valores de velocidades de outros corpos: um cavalo de corrida a galope, um caracol, um avião, etc. Os resultados deverão ser transformados em km/h para facilitar a comparação dos valores.

ATIVIDADE Nº 8

Movimento retilíneo uniforme

As trajetórias da experiência anterior provavelmente não foram retilíneas, mas as velocidades desenvolvidas pelos alunos se mantiveram constantes, daí a validade do uso da equação $d = vt$. Porém, se os percursos dos alunos entre suas casas e a escola fossem retilíneos, poderíamos descrever o movimento com maiores detalhes. Conhecendo-se a velocidade de cada um, poderíamos a cada instante saber, por exemplo, a sua posição ou, para cada posição, determinar o instante. Quando se estuda o movimento de um objeto, é necessário que se conheça a sua trajetória, pois ele se torna mais complexo quanto mais complexa for essa trajetória.

Para fazer a classe entender o movimento retilíneo uniforme, peça aos alunos que desenvolvam o experimento do rotor em movimento sobre um trilho a uma velocidade constante

³As unidades de medida mundialmente oficiais são: **metro**, para o comprimento; **segundo**, para o tempo; **quilograma**, para a massa; **ampère**, para a intensidade de corrente elétrica; **kelvin**, para a temperatura; **candela**, para a intensidade luminosa; e **mol**, para a quantidade de matéria. Essas sete unidades são suficientes para medir qualquer outra grandeza.

(kit Física 3 da Experimentoteca, Espaço, tempo e velocidade). Discuta a importância de se conhecer a trajetória do corpo durante o estudo de seu movimento.

A partir dos dados sobre os deslocamentos e os tempos gastos, proponha a construção do gráfico espaço/tempo em papel quadriculado, escolhendo adequadamente as unidades de medida das grandezas referidas (elas não devem ser nem muito grandes nem muito pequenas, do contrário o gráfico não caberá no papel ou ficará ilegível).

Coloque no quadro pelo menos dois gráficos, construídos por grupos distintos, que apresentem escalas diferentes. Com base nesses gráficos, determine, com o auxílio da classe, as velocidades dos rotores. Chame a atenção para a inclinação das retas: em função de escalas diferentes, elas serão provavelmente diferentes; mas as velocidades dos rotores deverão ser muito parecidas.

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 9 E 10

- Proporcionar situações-problema visando identificar as ideias dos alunos sobre máquinas simples, forças em equilíbrio;

ATIVIDADE Nº 9

Máquinas Simples

O(a) professor(a) solicita aos alunos que relacionem os objetos utilizados na vida diária que podem ser classificados como máquinas.

Depois de anotar as respostas no quadro, converse com a classe no sentido de identificar, entre as máquinas relacionadas, as complexas e as simples (peça inclusive aos alunos uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto). Em seguida, eles poderão voltar a classificar e identificar as máquinas simples, usadas diariamente. Seria interessante aqui uma reflexão sobre as dificuldades em cumprir as nossas tarefas se tais máquinas não existissem.

ATIVIDADE Nº 10

Forças em Equilíbrio

Visando verificar as ideias dos alunos sobre forças e equilíbrio, sugira a seguinte questão: considerem dois corpos — um bloco e um balde com areia — ambos com o mesmo peso, dependurados um em cada ponta de um fio (com massa desprezível) que passa por uma roldana fixa. Os dois corpos estão à mesma altura, isto é, encontram-se lado a lado, em equilíbrio (figura 7.4a). Desprezem as forças de atrito.

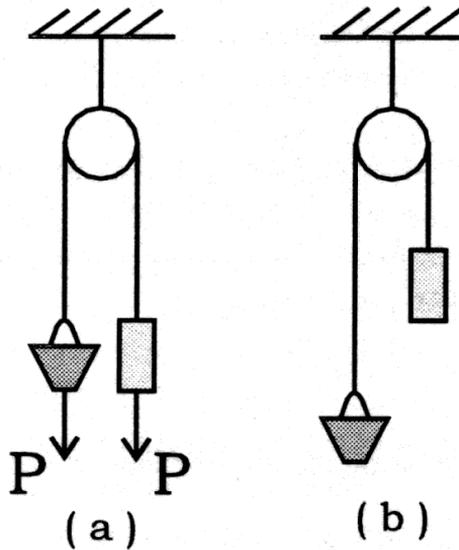


Figura 7.4: Sistema de balde com areia e bloco.

Se for aplicada uma força em um dos corpos — no balde de areia — para deslocá-lo para baixo (figura 7.4b), o que vai acontecer com o sistema? O balde continuará a descer, voltará à posição inicial ou ficará em equilíbrio em sua nova posição? Questione os alunos sobre o seu entendimento das forças envolvidas no sistema (forças peso e força de tensão no gancho que sustenta a roldana).

Para os alunos, a ideia mais plausível é de que o balde, por estar um pouco mais próximo do chão que o bloco, continuará a descer. A maioria não consegue entender que os corpos, por estarem em equilíbrio, continuarão em equilíbrio mesmo em uma nova posição que não seja a de lado a lado. Peça à classe que faça a experiência com o material do kit Física 2 — Máquinas simples, da Experimentoteca, além dos outros experimentos sugeridos nesse kit, com roldanas móveis e com uma alavanca interfixa.

Como questão adicional, você poderá solicitar que eles verifiquem, para cada conjunto de roldana, quantos centímetros eles vão precisar movimentar o dinamômetro para elevar o peso em 1 *cm*. Com base nas observações, eles poderão estabelecer a vantagem mecânica de cada arranjo. Para uma roldana fixa e uma móvel, por exemplo, a vantagem mecânica é igual a dois, já que a roldana móvel divide a força por dois. O dinamômetro deverá movimentar-se 2 *cm* para baixo para que o peso suba 1 *cm*.

Questione-os sobre o trabalho realizado (força menor: maior deslocamento; força maior: menor deslocamento), de forma que não haja aumento de energia. A energia gasta ao fazer

o dinamômetro se deslocar 2 cm é a mesma ganha pelo corpo ao subir 1 cm . A vantagem, portanto, está em se realizar uma força menor.

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 11 A 13

- Introduzir os conceitos de equilíbrio térmico e de condutividade térmica;
- conceituar temperatura e energia térmica;
- diferenciar calor de temperatura;
- conceituar calor como forma de energia em trânsito;
- conhecer o princípio de funcionamento dos termômetros e reconhecer alguns tipos e suas aplicações;
- conhecer e relacionar escalas termométricas.

ATIVIDADE Nº 11

Equilíbrio térmico/condutividade térmica/sensação de quente e frio

O(a) professor(a) inicia a aula solicitando aos alunos que coloquem as mãos em objetos da sala de aula e/ou do laboratório feitos com diferentes materiais, por exemplo: madeira, vidro, ferro e tecido. Eles devem avaliar as temperaturas dos materiais, dizendo qual deles está mais quente e qual o mais frio. Com as respostas anotadas no quadro, questione os motivos de eles acharem que os corpos apresentam temperaturas diferentes, caso essa seja uma das respostas mais frequentes.

A seguir, coloque um pedaço de plástico e um de metal em um copo com água juntamente com um termômetro de laboratório. Aguarde alguns minutos até o **sistema** (metal, plástico, água, copo e termômetro) entrar em **equilíbrio térmico** (proveite a ocasião para discutir com a classe o significado de sistema — muito usado em calorimetria — e a ideia de *equilíbrio térmico*). Antes de retirar os objetos da água, observe a temperatura de equilíbrio do sistema. Depois, retire-os, enxugue-os rapidamente e peça aos alunos que avaliem as temperaturas usando o tato.

Repita a operação, dessa vez utilizando água aquecida. O que sentimos quando pegamos com as mãos o metal e o plástico? Nossas sensações coincidem com as temperaturas registradas pelos termômetros? Podemos confiar no nosso tato para avaliar a temperatura dos corpos?

Faça com a classe os experimentos do item 1 do kit Física 4 — Termometria, que trata a sensação de frio e quente. Coloque no quadro as observações dos alunos quanto às perguntas anteriores e converse com a classe sobre os porquês das nossas sensações de frio e quente. A explicação para isso está nas diferentes **condutividades térmicas** dos materiais.

ATIVIDADE Nº 12

Temperatura e energia térmica

Inicialmente, o(a) professor(a) poderá perguntar aos alunos: qual o significado de temperatura?; o que fazer com um corpo para aumentar a sua temperatura?; qual o significado de energia térmica? A seguir, ele(a) registra e discute as respostas com a classe.

Para mostrar o princípio de funcionamento de um termômetro, prepare com os alunos um dispositivo parecido com um termômetro comum, que funciona relacionando a temperatura de um corpo com a altura da coluna de um líquido (em geral mercúrio) dentro de um tubo de vidro. Como o experimento sugere a utilização de água bem quente, é conveniente que o(a) professor(a) manipule os equipamentos para evitar acidentes.

Encha um frasco de vidro com água colorida com tinta ou mercúrio-cromo, tampando-o muito bem com uma rolha. Através de um furo na rolha, passe um tubo fino de caneta esferográfica transparente. Faça a vedação da rolha com um pouco de cola. Observe que quando o tubo é colocado, a água do frasco sobe dentro dele até uma certa altura. Faça uma pequena marca com caneta nessa altura.

Em seguida, coloque o conjunto em água fervendo, observe e marque a altura da água colorida no tubo. Depois de um tempo suficiente para o nível da água no tubo voltar à marca inicial, ponha-o em água bem gelada. Marque a altura da coluna de água. Esse dispositivo pode funcionar como um termômetro, bastando que seja calibrado. Pergunte aos alunos em qual das situações experimentadas a água possui mais energia térmica? Por quê?

Sugira uma pesquisa em grupo sobre as várias escalas termométricas utilizadas, em especial a Celsius e a Fahrenheit, esta empregada em países de língua inglesa. Depois, peça que os alunos calibrem o termômetro construído em sala de aula da forma que julgarem mais conveniente, dando inclusive nomes para as escalas sugeridas. Faça com que eles verifiquem a relação de suas escalas com a escala Celsius e, se possível, estabeleçam a equivalência entre elas. A classe poderá fazer também as atividades dos itens 2 e 3 do roteiro do kit Física 4 — Termometria.

ATIVIDADE Nº 13

Calor como forma de energia

O(a) professor(a) propõe à classe a seguinte atividade: colocar água fria até a metade de um copo e anotar sua temperatura com um termômetro de laboratório. Repetir o procedimento, dessa vez com água quente. Misturar as águas quente e fria e, depois de aguardar o equilíbrio térmico do sistema, anotar a temperatura final.

Questione os alunos sobre o porquê da água ficar morna. A energia térmica final da água morna, desprezando as perdas para o ambiente, é maior, menor ou igual à soma das energias térmicas das águas quente e fria? Discuta as respostas. E, quanto ao calor: é possível um corpo *possuir calor*? A água quente tem mais calor que a água fria? Se os alunos, em suas

respostas, indicarem que confundem calor com temperatura e com energia térmica, chame a atenção deles para seus diferentes significados.

A energia térmica dos sistemas — inicial e final — praticamente se mantém constante, desprezadas as perdas para o ambiente. Quanto às temperaturas, elas são diferentes em cada caso. O corpo com maior temperatura tem maior energia térmica do que outro com temperatura menor. No que diz respeito ao calor, ele só existe quando há transferência de energia térmica de um corpo (de maior temperatura) para outro (com menor temperatura). Portanto, só há calor no momento em que a água quente entra em contato com a água fria, ou seja, quando há *transferência* de energia.

Pergunte à classe o que vai acontecer com a água morna se a deixarmos exposta, por bastante tempo, no ambiente? Por que ela esfria? Haverá troca de calor com o ambiente? Após as discussões, pergunte aos alunos se é correto nos referirmos a um dia em que a temperatura está elevada da seguinte forma: "Que calor está hoje!" Como seria a expressão correta sob o ponto de vista da Física?

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 14 A 17

- Introduzir o conceito de eletrização por atrito, condução e indução, além das diferenças entre condutores e isolantes;
- introduzir o conceito de eletrização por contato e por indução, mostrando que os corpos eletrizados com a mesma carga repelem-se.

ATIVIDADE Nº 14

Eletrização por atrito

Antes de iniciar a aula sobre eletricidade, o(a) professor(a) poderá questionar os alunos quanto às ideias deles sobre eletricidade. O que eles sabem a respeito?

Sugira que eles, observando o ambiente mais próximo — sala de aula, pátio, rua, etc. —, indiquem onde "enxergam" eletricidade. Questione-os sobre as indicações feitas (se eles indicarem, por exemplo, uma lâmpada apagada como manifestação de um fenômeno elétrico ou se apontarem para uma tomada, discuta a validade das afirmações, pois não há corrente elétrica em um sistema desligado ou em uma tomada aberta).

Para continuar o debate, atrite um canudinho de refresco com um papel toalha e aproxime-o da lousa. Se o dia não estiver muito úmido, o canudo será atraído pela lousa. Atrite outro canudo e aproxime-o da janela de vidro perguntando se vai acontecer a mesma coisa, isto é, se ele também vai ficar fixo. Atrite um terceiro canudo e aproxime-o da parede, de um objeto de metal (o pé da mesa, por exemplo), da própria mesa de madeira, etc.

É interessante observar que o canudinho é atraído por metais, como a maçaneta da porta, os pés da mesa, etc. Com os canudos "grudados", pergunte à classe qual ou quais as explicações para o fenômeno. Após ampla discussão, anote as respostas no quadro. A seguir,

peça aos alunos que separem sobre a carteira vários tipos de objetos e materiais: lápis de madeira, grafite, borracha, papel, areia, plástico, etc. Ofereça os canudos do kit Física 7 — Eletrostática, da Experimentoteca, para que eles os atritem e tentem atrair esses materiais.

Como não iremos perceber o canudo atraindo o lápis, a borracha e o papel, devido a seus pesos, sugira aos alunos que apontem os lápis, atritem a borracha e piquem bem o papel para obter resíduos desses materiais. Peça a eles para repetir a experiência. Se houver uma pia com torneira, solicite que eles aproximem o canudo bem atritado de um filete de água caindo da torneira aberta. A classe deverá ir anotando todos os materiais atraídos (com maior ou menor intensidade) pelos canudos. Os materiais dessa atividade podem ser encontrados no kit Física 7 — Eletrostática, da Experimentoteca.

ATIVIDADE Nº 15

Condutores e isolantes

O(a) professor(a) poderá oferecer aos alunos pedaços de papel alumínio, perguntando se o canudinho atritado irá atrair papel alumínio picado, que é um metal. A classe deverá observar o que ocorre na prática.

Como os pedacinhos de papel alumínio são mais fortemente atraídos, pergunte se não seria melhor que eles usassem na experiência um objeto de metal no lugar do canudo de plástico (um canudinho feito de papel alumínio ou uma colher, por exemplo). Eles vão tentar repetir a prática e, é claro, não terão sucesso!

O metal, à medida que se carrega, descarrega-se em contato com as nossas mãos, pois o nosso corpo é condutor. Questione-os sobre o fato e registre as explicações no quadro. Procure então estabelecer as diferenças de comportamento observadas no plástico e no metal, sempre a partir das respostas da classe. Os conceitos propostos inicialmente deverão ser agora sistematizados (sem a necessidade de se falar em elétrons ou prótons, podendo-se empregar, por exemplo, partículas elétricas).

ATIVIDADE Nº 16

Eletrização por indução e por contato

No início da aula, o(a) professor(a) pergunta à classe: a partir de um corpo já eletrizado por atrito, como podemos eletrizar um outro corpo? As respostas deverão ser anotadas na lousa.

Peça aos alunos que recortem o modelo de uma “igreja” (sustentada pelo mudinho sanfonado e apoiado no suporte de madeira, com uma tirinha de papel de bala na parte de baixo da “igreja”), seguindo instruções do kit Física 7 — Eletrostática, da Experimentoteca. Eles deverão atritar um canudinho, aproximá-lo e, em seguida, afastá-lo do conjunto, sem encostar nele. O que acontece com a tirinha de papel de bala e por que isso se dá? E se o canudinho eletrizado for encostado na “igreja”? O que acontece?

Solicite aos alunos sugestões de como eletrizar a tirinha de papel da forma como ela ficou quando o canudo foi encostado na “igreja”: sem contato, isto é, com o canudo mantido à distância. Anote as ideias, discutindo-as (isso poderá ocorrer se colocarmos a mão na “igreja” enquanto o canudo eletrizado é mantido perto da tirinha de papel de bala).

ATIVIDADE Nº 17

Corpos eletrizados com cargas elétricas de mesmo sinal repelem-se

O(a) professor(a) poderá sugerir aos alunos que cortem uma tira de plástico (para embalagens), com cerca de 5 cm de largura e 25 cm de comprimento, atritando-a em seguida em um pedaço de lã. Peça que a suspendam com o dedo indicador, apoiando-a pela metade do comprimento, de forma que as duas metades pendam uma para cada lado. Eles deverão observar e explicar o que ocorre.

Oriente as discussões com novas perguntas até que a resposta cientificamente correta seja compreendida e formulada pelos próprios alunos (a tira ficou carregada de carga elétrica com o mesmo sinal; portanto, um lado irá repelir o outro).

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 18 A 21

- Proporcionar situações-problema, visando identificar as ideias dos alunos sobre corrente elétrica;
- identificar os fatores que influenciam o valor de uma resistência;
- verificar a lei de Ohm;
- discutir a nossa sensibilidade à corrente elétrica: o choque elétrico.

ATIVIDADE Nº 18

Corrente elétrica

Para iniciar esse tema, pergunte aos alunos o que significa materiais isolantes e materiais condutores de corrente elétrica. Anote as ideias expostas e peça a eles que observem os esquemas da figura 1 do roteiro do kit Física 8 — Caminho da eletricidade, respondendo às questões formuladas. Eles poderão montar os circuitos, utilizando fios de cobre, barbante e arame. Porém, antes de continuar a prática com o reostato com três tipos de fio, aprofunde o debate sobre corrente elétrica.

Levante em classe a seguinte questão: será que a corrente elétrica em um circuito fechado tem seu valor alterado depois de passar por uma lâmpada, isto é, se medirmos o valor da corrente antes da lâmpada e depois da lâmpada, observaremos mudanças? De onde vêm

os elétrons responsáveis pela corrente elétrica? Anote no quadro as respostas e suas explicações.

Utilizando materiais dos kits Física 8 e Física 9 da Experimentoteca, peça aos alunos para montar um circuito simples contendo uma pilha e uma lâmpada. Com o amperímetro, eles poderão medir os valores da corrente antes e depois da lâmpada. Anote no quadro os valores encontrados pelos grupos para as correntes antes e depois da lâmpada. Normalmente eles surpreendem-se por encontrar os mesmos valores. Se os valores são os mesmos, como eles explicariam o fato de a lâmpada estar acesa? Ela estaria “consumindo corrente elétrica”? Discuta com eles o significado dessa expressão. Qual seria a função da pilha no circuito?

ATIVIDADE Nº 19

Fatores que influenciam o valor de uma resistência

Após a discussão sobre o significado da corrente elétrica e da voltagem da pilha, desenvolva o experimento sugerido na parte de trás do roteiro que acompanha o kit Física 8, sobre os fatores que influenciam o valor de uma resistência. Antes disso, verifique as ideias dos alunos sobre a influência do tipo de material com que é feito um fio, de seu comprimento e sua grossura, ou área de secção reta, no valor de sua resistência. Em geral, eles erroneamente acreditam que um fio mais grosso apresenta maior resistência.

ATIVIDADE Nº 20

Lei de Ohm

Depois da prática sugerida pelo kit Física 9 — Lei de Ohm, o professor poderá levantar em classe a seguinte questão-problema: a um determinado condutor, foi aplicada uma certa voltagem V e, como é de se esperar, essa voltagem estabeleceu uma corrente I . O que acontecerá com essa corrente se duplicarmos o valor da voltagem?

Monte o circuito da figura 1 do roteiro que acompanha o kit Física 9 — Lei de Ohm, da Experimentoteca, utilizando, para um mesmo resistor, uma pilha e depois duas em série (o que equivalerá a uma voltagem de $3V$). Compare os valores obtidos para as correntes elétricas do circuito com uma pilha e com duas pilhas em série. A relação voltagem/corrente mantém-se constante nos dois casos? O que isso significa? (Obs: a segunda pilha poderá ser obtida do kit Física 8 — Caminho da eletricidade).

Após as discussões sobre os resultados obtidos, os alunos poderão repetir a prática, usando outros resistores, como sugere o roteiro.

ATIVIDADE Nº 21

O choque elétrico

O professor inicia o assunto formulando várias questões aos alunos, tais como: por que o choque elétrico pode causar perturbações nas funções do corpo humano? Por que o choque é acentuado quando a pessoa está com a pele úmida? Quando o choque pode ser fatal? Por que um passarinho, pousando em um fio de alta tensão, não é eletrocutado? O que devemos fazer para auxiliar uma pessoa que está sendo vítima de um choque elétrico?

Divida a classe em grupos, solicitando aos alunos que respondam às questões acima. Discuta as respostas dos grupos e, a seguir, sugira leituras de textos específicos sobre o assunto para que eles possam corrigir as ideias iniciais.

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 22 E 23

- Observar fenômenos magnéticos (o ímã atrai pedaços de ferro; qualquer ímã possui dois polos; polos de mesmo nome repelem-se e de nomes diferentes atraem-se; a inseparabilidade dos polos).

ATIVIDADE Nº 22

O ímã atrai pedaços de ferro e aço

O ímã possui dois polos

O(a) professor(a) poderá colocar à disposição dos alunos os mesmos materiais da primeira aula (madeira, grafite, plástico e borracha), acrescentando diversos metais (alumínio, chumbo, ferro, aço, etc.), além de um ímã. Em seguida, solicita à classe que observe e anote os materiais atraídos pelo ímã (que pode ser encontrado no kit Eletromagnetismo, da Experimentoteca) e se existem regiões definidas do ímã em que a atração ocorre.

Procure saber se os alunos têm explicações para as diferenças entre essa experiência e a primeira (quando se utilizou canudinho atritado com papel toalha), discutindo e levando sempre em conta as ideias deles.

Para que observem melhor os polos de um ímã, ofereça a eles o vidrinho com a limalha de ferro do kit Física 10 — Eletromagnetismo, da Experimentoteca. Encoste dois ímãs na lateral do vidrinho e faça-os atentar para as linhas formadas pela limalha.

ATIVIDADE Nº 23

Polos de mesmo nome atraem-se Inseparabilidade dos polos

Coloque pequenos ímãs à disposição dos alunos para que eles tentem formar, a partir deles, um ímã maior. Questione-os sobre a situação inversa: o contrário também seria possível, isto é, daria para se obter vários ímãs menores de um ímã grande? (Os ímãs podem ser encontrados no kit Física 10 — Eletromagnetismo, da Experimentoteca.)

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 24 E 25

- Trabalhar com os alunos as relações entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos;
- proporcionar situações onde seja possível o debate de ideias a respeito de como o movimento de cargas elétricas produz campo magnético;
- apresentar a evolução histórica das ideias sobre eletricidade e magnetismo surgidos em Ciências;
- criar oportunidades para explicar corrente elétrica contínua e alternada;
- discutir a geração de energia elétrica a partir de hidrelétricas e termoelétricas, entre outras.

ATIVIDADE Nº 24

Desorientando uma bússola

O(a) professor(a) recomenda aos alunos que verifiquem a movimentação da agulha de uma bússola quando um ímã é colocado próximo a ela. Será que ela se comporta de maneira análoga quando a aproximamos de um fio que esteja sendo percorrido por uma corrente elétrica?

Podemos ligar rapidamente em curto circuito um fio nas extremidades de uma pilha (por pouco tempo, para não descarregá-la). Peça à classe que coloque o fio de maneira que ele fique paralelo à agulha da bússola e, em seguida, ligue-o à pilha. O que acontece com a agulha da bússola? E se invertemos o sentido da corrente elétrica, haverá modificações no movimento da agulha? Existe ligação entre um fenômeno elétrico (corrente elétrica percorrendo o fio) e um magnético (o ímã da bússola)? Anote as explicações dos alunos e discuta com eles as ideias apresentadas.

ATIVIDADE Nº 25

“Produzindo” corrente elétrica

O(a) professor(a) poderá questionar os alunos sobre as ideias que eles expuseram sobre como “produzir” uma corrente elétrica sem o uso de baterias. No experimento anterior, eles tiveram a oportunidade de verificar que uma corrente elétrica “cria” um campo magnético ao desorientar uma bússola. O inverso seria verdadeiro? Poderíamos ter corrente elétrica a partir de um ímã?

Para responder à pergunta, o(a) professor(a) pode ligar uma bobina ao terminal de um galvanômetro e pedir aos alunos que movimentem (aproximando e afastando) a bússola próximo à bobina. O que acontece e quais as explicações que eles têm para a corrente “criada”? Será que o valor da corrente se modifica se introduzirmos um núcleo de ferro na bobina? Se ela muda, por que será que isso se dá? Pode-se solicitar à classe uma pesquisa a respeito de como funciona uma usina hidrelétrica.

No kit Física 10 da Experimentoteca, há uma série de outros experimentos a serem propostos pelo(a) professor(a).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. HENNES, Curt Egon *et al.* *Problemas Experimentais em Física*. Campinas: Editora Unicamp, 1993.
02. TIPLER, P. *Física*, traduzido por H.Macedo, vol. 1a. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984.
03. BASSALO, J. M. F. Nascimento da Física: Idade Renascentista (4-95-2). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 17, nº 4. Sociedade Brasileira de Física, 1995.
04. ROSMORDUC, J. *Uma História da Física e da Química — de Tales a Einstein*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1988.

PARTE OITO

O MUNDO VISTO POR
MEIO DA QUÍMICA

MARIA INÊS FREITAS PETRUCCI DOS SANTOS ROSA

CONSIDERAÇÕES GERAIS

QUAIS CAMINHOS A QUÍMICA PODE SEGUIR HOJE?

Há uma interessante analogia entre o ambiente e a vida. Quando um ser humano é dissecado em seus componentes, a vida desaparece. Anatomia não é Medicina. O mundo real fragmentado em pedaços não é mais a realidade. A Química está para o ambiente assim como a Medicina está para a vida. (Hamelin¹⁷, pp. 68–73)

A palavra Química carrega uma série de significados, muitas vezes ambíguos ou confusos. Basicamente parece que ela pode ser entendida de três formas: como um repertório imenso de técnicas, como uma ciência ou como um setor da economia. Essas concepções têm origens históricas, pois, se examinarmos a história dessa ciência nos últimos trezentos anos, poderemos perceber vários movimentos surgidos dentro dela e que levaram a caminhos diferentes nas relações com outras ciências e com a evolução da qualidade de vida da espécie humana.

No seu período pré-científico, quando ainda era chamada de alquimia, o seu modo de agir e de pensar se encerrava em discursos herméticos cercados por uma aura de magia e mistério. Ao se firmar como ciência, já no final do século XVIII, a Química passou a recusar o pensamento pré-científico, contudo muitos dos seus métodos ainda se baseavam nas técnicas e pesquisas desenvolvidas pelos alquimistas.

Foi com a Revolução Industrial, no século XIX que a Química viveu o seu grande “boom”, passando a desempenhar um pa-

pel relevante na economia. É claro que hoje a indústria química explora as possibilidades de novas tecnologias e ideias geradas no meio acadêmico, porém o seu campo de ação tem predominantemente implicações sociais e econômicas.

Por outro lado, desde duas ou três décadas atrás vivemos num mundo onde a Química tem sido encarada numa perspectiva diferente, numa visão mais negativa. Vem crescendo um sentimento de “anticiência” e “antitecnologia” nas populações de vários países desenvolvidos e, conseqüentemente, entre políticos. A tecnologia tornou-se uma espécie de bode expiatório para as campanhas sociais. E, dentro desse pensamento, parece que as necessidades humanas estariam se tornando fúteis, artificiais, e satisfazê-las implicaria acumular esforços geradores de perigos para a humanidade: riscos permanentes, câncer, guerra nuclear, etc.

Hamelin¹⁷, ao discutir muito bem essa questão, recorre a uma cena da mitologia grega com os irmãos gêmeos Prometeu e Epitemeu. Prometeu era um jovem empreendedor e engajado, tido como o iniciador da humanidade. Já seu irmão, Epitemeu, era estúpido, pessimista e, desafortunadamente, apaixonou-se por Pandora, uma jovem muito sedutora, dona de um jarro que era a fonte de todos os problemas da humanidade.

Quando a humanidade (ou pelo menos parte dela) usufrui dos bens gerados a partir da produção científico-tecnológica e dos processos industriais, convivendo com a exposição a perigos inerentes a esses processos, parece que ela se aproxima um pouco do comportamento de Epitemeu, que, pouco

consciente, envolveu-se com aquela que possuía o poder de destruição da sua espécie.

De fato, existem carros perigosos e poluidores, pesticidas que trazem péssimos efeitos à saúde, emissão de gases como CFC que destroem a camada de ozônio, induzindo muitos casos de câncer, contudo, é possível nos libertarmos dessa postura de Epitemeu por nós vivida nesse final de século. Hamelin¹⁷ afirma que toda tecnologia possui duas faces: a de Prometeu, criadora positiva, e a de Epitemeu, relacionada com riscos à vida humana.

Na verdade, reportamo-nos aqui a essas ideias por ser essa cena mitológica bastante adequada para sustentar a nossa defesa sobre o papel da Química nos dias de hoje. Essa ciência precisa caminhar gradativamente nesse fim de milênio para uma postura mais próxima à restauração e ao restabelecimento do equilíbrio, ao invés de continuar se associando a processos capitalistas de produção que só visam lucro, em detrimento da preservação das espécies presentes no planeta (inclusive a humana).

Repensar os processos de produção científico-tecnológicos e industriais, buscando saídas para a crise ambiental que vivemos, parece ser o caminho para a Química como ciência nesse momento histórico.

“A ciência ambiental não é um edifício acabado, e nós podemos visualizar facilmente a tarefa humana de sua construção” (Giddings¹⁴, p.5). Por isso acreditamos que a formação do cientista e do cidadão passa por tais questões referentes ao papel da Química nos dias de hoje. Não é mais tempo de se ensinar uma ciência dogmática, irrefutável, repleta de verdades. Vivemos em meio a uma crise planetária e precisamos de uma ciência que auxilie o estabelecimento de um novo equilíbrio, ajudando-nos a encontrar saídas

para os problemas ambientais. Isto certamente contribuirá na garantia da melhoria da qualidade de vida tão almejada pelo homem desde os tempos da alquimia, quando então se buscava descobrir a pedra filosofal e o elixir da vida.

FENÔMENO QUÍMICO/ FENÔMENO FÍSICO

Sabemos que a utilização de fenômenos químicos pelo homem é muito antiga e comum a quase todos os povos. O fogo, a extração de pigmentos, a fermentação alcoólica, a cerâmica e a metalurgia são alguns exemplos disso. Nos dias de hoje, essa utilização chega a atingir proporções enormes, o que pode ser avaliado pela imensa quantidade de “produtos químicos” que utilizamos. Contudo, o estudo dos fenômenos químicos numa perspectiva científica parece ter se iniciado apenas há cerca de dois séculos, com os trabalhos de Lavoisier (1789).

Lavoisier era um homem rico, coletor de impostos, membro da *Férme Generale* (empresa especializada na coleta de tributos) e teve a possibilidade de introduzir técnicas de experimentação e de medição na Química, depois aperfeiçoadas pelos físicos, como a utilização sistemática de balanças, termômetros, calorímetros, etc.

Antes de Lavoisier, acreditava-se muito na teoria do flogisto. E o que vem a ser flogisto? “Flogisto (*phlox* = chama) seria um elemento imponderável contido em todos os corpos combustíveis. Ao serem queimados, eles perderiam o flogisto. Se um corpo não queima significa que não tem flogisto” (CENP⁶). Julgava-se, então, que o flogisto fosse uma “substância” contida nos materiais, liberada durante a queima deles. Por

isso, durante uma queima, um material poderia sofrer variações de massa, já que perderia seu “flogisto”, sua “substância”.

Em 1776, Lavoisier fez uma experiência onde aqueceu, durante muito tempo, mercúrio em um balão fechado cheio de ar. O mercúrio se oxidou, isto é, reagiu com o oxigênio do ar e, nesse sistema fechado, a massa permaneceu constante. Em seguida, ele aqueceu o mercúrio oxidado ainda em sistema fechado, reconstituindo o metal e liberando oxigênio. E, ainda assim, constatou que a massa do sistema permanecia constante. A partir daí, e contra a opinião dos químicos da época, ele rejeitou a teoria do flogisto, afirmando o princípio da conservação da matéria durante os fenômenos químicos. Sua conclusão foi traduzida na seguinte máxima, por todos conhecida: “Na natureza, nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.”

Depois disso, outras experiências ajudaram a confirmar as ideias de Lavoisier, como o caso da síntese da água, realizada por Cavendish a partir da mistura de oxigênio e hidrogênio, na qual o físico inglês produziu uma fâsca elétrica.

Também a descoberta da eletricidade estaria de certa forma ligada ao estudo dos fenômenos químicos. Galvani já teria constatado casualmente, por volta de 1770, o que ele chamou de “eletricidade animal”. Em um experimento, ele amarró as pernas sem pele de uma rã morta a um balcão de ferro. Quando as pernas tocavam o balcão, elas se agitavam em convulsões. O físico italiano Alessandro Volta (1745–1827), retornando as experiências de Galvani, começou a acreditar que a eletricidade poderia também ser produzida a partir de fenômenos químicos. Com base nessa sua crença, conseguiu construir a primeira pilha. Dispôs discos de cobre e de zinco uns sobre os outros, separados

por rodelas de cartão embebidas em água salgada, e observou os mesmos efeitos convulsivos das pernas sem pele de uma rã, ao amarrá-las nos fios ligados à pilha.

Esses são exemplos que nos permitem perceber como o estudo dos fenômenos químicos levaram à descoberta de vários efeitos — como o elétrico — e à formulação de princípios que até hoje norteiam o estudo da Química — como o de Lavoisier. O estudo dos fenômenos químicos levou ainda ao fortalecimento de algumas teorias, como a das “proporções definidas”, elaborada por Joseph Louis Proust em 1799. Repetindo várias reações químicas, Proust chegou à conclusão de que “nas reações químicas, os elementos só se unem entre si para formar uma combinação dentro das proporções de peso absolutamente definidas”. Dessa forma, por exemplo, na formação da água, a 2 g de hidrogênio, só podem se unir 16 g de oxigênio, ou múltiplos dessas duas mas: 4 g e 32 g, ou 8 g e 64 g, etc.

Em 1808, John Dalton, discípulo de Proust, publicou um trabalho defendendo a ideia de que cada substância deveria ser formada por partículas idênticas, extremamente pequenas e indivisíveis — “átomos” —, que se combinariam em proporções definidas nos fenômenos químicos.

Ainda hoje, o trabalho do químico é estudar os fenômenos que ocorrem com os materiais e que dependem de inúmeros fatores, como situação energética, quantidade de reagentes, condições adequadas, etc. A ciência química tem uma história pelo menos tão longa, complicada e interessante como a Física, contudo a atividade de misturar A com B e ver o que acontece é mais antiga do que as tentativas de explicar por que isso acontece (Rosmorduc²¹).

Por trás dos “porquês” vem, então, a

construção de modelos teóricos que tentam explicar e prever os fenômenos químicos. Por isso os químicos procuram discutir o conceito dentro de parâmetros microscópicos, afirmando que os fenômenos químicos são processos que envolvem a formação e a quebra de ligações entre partículas atômicas: “Se considerarmos uma reação química como uma transformação que forma ou quebra ligações entre átomos, então, quase todas as transformações que observamos envolvem reações químicas” (Campbell⁵, grifos nossos).

Essa afirmativa de Campbell⁵ é muito oportuna se considerarmos como se dá, muitas vezes, o ensino do conceito de fenômeno químico nas aulas de Ciências. Pode-se constatar que muitos livros didáticos de Ciências e de Química apenas distinguem os fenômenos reversíveis (físicos) dos irreversíveis (químicos). De fato, percebemos muitas vezes que, ao saírem do nível fundamental de ensino, os alunos se limitam a conceituar um fenômeno químico simplesmente através da contraposição com um fenômeno físico, distinguindo-o pelo critério da irreversibilidade.

Todavia, exemplos podem ser levantados deixando claro algumas contradições: dobrar uma barra de ferro ou rasgar uma folha de papel não são fenômenos químicos, porém não são reversíveis. Ao desentortar uma barra de ferro dificilmente se consegue um objeto que tenha exatamente o mesmo aspecto original! Ao rasgar uma folha de papel, sua reconstituição é praticamente impossível, ou só será conseguida através de um processo de reciclagem que envolve processos químicos. Ou seja, essa reversibilidade dos fenômenos físicos é muito relativa.

Quanto ao aspecto da irreversibilidade dos fenômenos químicos, existem vários

exemplos de reações reversíveis, como aquelas que levam a equilíbrios químicos. Nesse sentido, um caso interessante para se discutir com os alunos é o experimento da garrafa azul, proposto como atividade a seguir.

Existem outros atributos mais importantes do conceito de fenômeno químico possíveis de serem desenvolvidos durante o ensino. Acreditamos que todo conceito científico possa ser construído de maneira correta dentro de diferentes campos ou zonas de pensamento. Essa noção acerca da construção de conceitos vem das ideias de Bachelard³, químico e epistemólogo, cuja obra é bastante rica em termos de contribuições para essas reflexões a respeito do ensino.

Um conceito pode existir de diversas formas, que denominamos zonas. Assim, o conceito de fenômeno químico pode ser construído nas seguintes zonas:

Zona realista : nela estão situadas as concepções prévias dos alunos sobre fenômeno químico, ligadas ao aspecto fenomenológico e às evidências visuais, como mudança de cor e de forma. Quando um aluno pensa um fenômeno químico dentro dessa zona, ele costuma defini-lo como uma simples mistura de materiais (misturar açúcar com água, enxofre com ferro, areia com sal, etc.) ou como uma modificação aparente nos materiais (mudança de cor, de estado físico, de formato, etc.). As ideias dos alunos costumam aí ser obstáculos ao aprendizado em sala de aula, contudo, dentro de uma perspectiva construtivista, o(a) professor(a) deve identificá-las para planejar o seu ensino a partir delas.

Zona empirista : nesse nível estão as ideias

marcadas pela observação experimental, pelo mensurável, pelas técnicas empregadas em laboratório. Ao perceber que num fenômeno químico o que ocorre é a formação de novas substâncias, o aluno está usando ideias pertencentes a essa zona do pensamento. Essa ideia de formação de novos materiais pode ser construída a partir de dados experimentais, envolvendo, por exemplo, a comparação de propriedades físicas das substâncias iniciais e finais no processo.

Zona racionalista : nessa zona estão as concepções associadas ao nível microscópico do conhecimento químico, que envolvem noções de partículas e seu rearranjo, ou seja, ao apresentar essas ideias, os alunos se expressam utilizando palavras como átomo, molécula e ligação de maneira correta. Dentro dessa zona, a noção mais desejável sob o ponto de vista do ensino seria a de interação química (Andersson¹, pp. 18, 53–85), posto que essa ideia define fenômeno químico como um processo onde ocorrem ruptura e formações de ligações.

A partir dessa exposição das diferentes zonas de um perfil conceitual (Mortimer¹⁹) para a ideia de fenômeno químico, podemos refletir sobre quais zonas desejamos desenvolver no ensino no nível fundamental. Seria adequado desenvolver a zona racionalista desse conceito ainda nesse nível de ensino? Será que os alunos precisam saber explicar os fenômenos químicos em termos de rupturas e formações de ligações no nível fundamental?

Um enfoque centrado na zona racionalista envolveria a apresentação de modelos

atômicos e de interações químicas, que exige um nível de abstração mais sofisticado por parte dos estudantes. Assim, pode ser suficiente e adequado facilitar a construção do conceito de fenômeno químico dentro da zona empirista para os alunos no nível em que se encontram, ou seja, buscar como atributo criterial para esse conceito a ocorrência da formação de novas substâncias, possível de ser levantado com o auxílio de atividades experimentais.

Nesse sentido, a Prática Pedagógica de Ciências da CENP⁶ e o kit da Experimentoteca desenvolvem atividades que abordam esse tema sob essa perspectiva, envolvendo conceitos como substância, propriedade, fenômeno físico e fenômeno químico. Trabalhando tais conceitos de forma adequada, o aluno estará preparado para adquirir noções microscópicas atreladas à zona racionalista, em um momento posterior.

A DIMENSÃO DO ÁTOMO

Frequentemente o(a)s professore(a)s de Ciências costumam se perguntar: “Como ensinar um modelo de átomo para meus alunos? E qual modelo ensinar?”. Essa inquietação é muito frequente e natural, pois sabemos das dificuldades que os nossos alunos têm para imaginar, para “fazer imagens” que expliquem o mundo real. Esse tipo de dificuldade é coerente com o fato das explicações que eles têm sobre os fenômenos na maioria das vezes se prenderem ao campo das “primeiras impressões”, ou seja, ao realismo.

A expressão “Só acredito, vendo!” pode nos levar a confiar demais nesse mundo das primeiras impressões causadas pelos nossos sentidos. Parmênides, o filósofo da Grécia Antiga que viveu entre 540/480 a.C., dizia

que os sentidos nos fornecem uma visão enganosa do mundo: uma visão que não está em conformidade com o que nos diz a razão. Essa crença na razão humana é chamada de racionalismo, e é dela que lançamos mão quando, na sala de aula, vamos ensinar aos nossos alunos a noção de modelo atômico.

No envolvente romance *O Mundo de Sofia*, de J.Gaarder¹² em certa ocasião a personagem Sofia recebe um misterioso envelope contendo um pedaço de papel onde está escrita a seguinte pergunta: “Por que o Lego e o brinquedo mais genial do mundo?” Sofia pensou: “É fácil construir coisas com as peças do Lego, embora elas sejam de diferentes tamanhos e formas, todas podem ser combinadas entre si. Além disso, são inquebráveis...” Com as peças de Lego, é possível construir qualquer coisa, depois desmontar tudo e, então, construir outra coisa, completamente diferente.

Assim, Gaarder¹² traça uma analogia entre as características do jogo de Lego e as ideias de um grego que viveu na Idade Antiga, chamado Demócrito (460–370 a.C.), que, como Parmênides, também era um racionalista. Demócrito imaginou que todas as coisas eram constituídas por minúsculas partículas indivisíveis, as quais ele chamou de “átomos”. Essas unidades constituintes da natureza deveriam ser eternas, porque ele acreditava que nada poderia surgir do nada. Contudo, elas não seriam iguais, pois juntas formavam materiais diferentes, como nós podemos fazer ao brincar com o jogo de Lego.

Demócrito não teve acesso aos aparelhos eletrônicos de nossa época. Na verdade, sua única ferramenta foi a sua razão. Mas a razão não lhe

deixou escolha. Se aceitamos que nada pode se transformar, que nada surge do nada e que nada desaparece, então a natureza simplesmente tem de ser composta por pecinhas minúsculas, que se combinam e depois se separam... não acreditava numa “força” ou numa “inteligência” que pudessem intervir nos processos naturais. As únicas coisas que existem são os átomos e o vácuo, dizia ele. E como ele só acreditava no “material”, nós o chamamos de materialista. (Gaarder¹² p. 59)

Assim, sua teoria implicava a conclusão de que o homem não possuiria uma alma imortal. Para ele, a alma era composta por alguns átomos particularmente arredondados e lisos, os “átomos da alma”. Dessa forma, os átomos da alma espalhar-se-iam em todas as direções quando a pessoa morre, podendo inclusive se agregar a outros átomos para compor outras almas. Ou seja: essa teoria contrariava contundentemente o princípio religioso da imortalidade da alma.

Por isso, a ideia de átomo permaneceu clandestina durante quase toda a Idade Média, período em que a Igreja Católica dominava política e economicamente, com os bispos exercendo papéis de juízes civis.

É nessa presença tão decisiva da Igreja que está sua marca sobre o desenvolvimento da ciência medieval, ou melhor, sobre o grande fracasso da Europa em não fazer aumentar (e até perder) o acervo recebido dos gregos. (Chassot⁸, p. 68)

Já no século XVII, a Física de Isaac Newton, com sua visão mecanicista do mundo,

influiu sobremaneira na imaginação de modelos que explicassem a estrutura da matéria. Seguindo essa visão, as transformações num sistema são explicadas pela ação de um outro sistema, exterior ao primeiro. Assim, essa noção fez com que houvesse uma retomada do atomismo dos gregos, fazendo aparecer novamente as ideias sobre partículas minúsculas da composição da matéria e com interação entre si através de forças mecânicas. É o que acontece com trabalhos publicados por Mersene e Gassendi (século XVI) e Boyle (século XVII), entre outros. Todavia, o atomismo tomou impulso decisivo com a teoria atômica de Dalton, publicada em 1803, baseada no princípio da conservação da matéria de Lavoisier e na teoria das proporções constantes de Proust.

No século XIX, algumas pessoas estavam tão encantadas com as explicações de Newton, que até as noções mecanicistas de átomos como esferas minúsculas, indivisíveis e maciças levavam-nas a acreditar que essas esferas eram reais. Todavia, por volta de 1900 a 1930, ou seja, nas três primeiras décadas do século XX, a Física quântica ajudou a questionar essa noção mecânica de átomo como descrição real de um sistema. As equações matemáticas de então eram as grandes responsáveis pelas explicações vigentes e essas equações nada mais eram (ou são) do que modelos, racionalizações. O átomo passou a ser explicado não mais por um esquema representativo ou um desenho simplificado de subpartículas, mas sim por complexas e confusas equações diferenciais.

É importante notar que a matematização das teorias levou também a um avanço, em termos filosóficos, do significado da expressão modelo atômico. O que podemos dizer hoje em relação a isso?

- Um modelo é uma construção mental, produto do trabalho da razão humana;
- um modelo não é uma reprodução real de um sistema (não é uma fotografia dele);
- um modelo é passível de sofrer modificações, já que ele significa exclusivamente a tentativa de se explicar algo que não é visível simplesmente.

O que isto significa, então? Que parece ser necessário sempre levar em conta esse aspecto filosófico da ideia de modelo quando estamos em sala de aula com nossos alunos. Em outras palavras: a visão histórica da construção da ideia de átomo permite a nossos alunos a percepção de que a Ciência é dinâmica culturalmente e evolutiva em termos ideacionais. A Ciência não deve ser apresentada numa perspectiva dogmática, de verdades intocáveis. Nesse sentido, acreditamos que o ensino do conceito de átomo, passando por essa discussão histórica, permitirá que os alunos adquiram tal visão dinâmica da Ciência.

Pensando na ideia de perfil epistemológico, Bachelard³ defende que o conceito de átomo poderia ser construído nas seguintes zonas:

Zona realista : nesse campo, podemos colocar aquelas noções sobre átomo que atribuem às partículas microscópicas os mesmos comportamentos macroscópicos observados nos materiais, como dilatação, contração, fundição, etc. Aliás, Bachelard³ diz que até na própria descrição de como os gregos começaram a refletir sobre os átomos estão elementos que contribuem para que esse conceito seja construído na

zona realista. Ou seja: vários livros descrevem a cena de Demócrito e Leucipo caminhando pela praia, quando um deles, tornando grãos de areia nas mãos, questiona: “Será que toda matéria é composta de minúsculos grãos ou partículas como acontece com a areia?” Essa analogia já introduz palavras como grão e areia, que podem inadequadamente levar os alunos a fazer associações com o conceito de átomo. Na zona realista, o átomo pode ser pensado como um minúsculo grão de matéria que se funde, se dilata, se contrai, enfim, reproduz as mesmas propriedades de uma amostra de material. Portanto, é fácil perceber que muitos de nossos alunos pensam o átomo na zona realista do seu perfil conceitual.

Zona empirista : é difícil estabelecer o conceito empirista de átomo (Mortimer¹⁹). Essa zona está relacionada com algo que possa ser observado e medido em relação ao conceito. No início do século XIX, a grande dificuldade para a aceitação da ideia de átomo era justamente a falta de provas empíricas para a sua existência. Assim, muitos cientistas relutaram em aceitar a hipótese atômica. De fato, o conceito de átomo é originalmente racional, somos levados assim a dispensar a parte empírica desse conceito, já que ela é completamente subordinada à zona racional. Queremos dizer com isso que o conceito de átomo é antes de tudo uma explicação, um modelo, não um objeto que pode ser detectado e medido no laboratório ou no meio natural.

Zona racionalista : para o conceito de átomo podemos depreender duas zo-

nas racionalistas: a clássica e a moderna. Na primeira, o átomo é pensado como um bloco indivisível, minúsculo, maciço que compõe a matéria; ou ainda, depois dos avanços no campo da eletrodinâmica e os modelos de Thomson (1899) e Rutherford (1911), como uma partícula subdivisível em outras partículas elétricas menores — prótons, elétrons, nêutrons. Essa ideia clássica se resume no modelo de Rutherford, que propõe um sistema planetário, com elétrons girando ao redor do núcleo.

Já na zona racionalista moderna está a ideia de átomo com características de onda e partícula ao mesmo tempo, o que levou a uma polêmica entre Niels Bohr e Albert Einstein durante os anos 20. As dificuldades nas interpretações da teoria quântica continuam se desenrolando por todo o século XX. Isso quer dizer que, em termos científicos, as discussões em torno do modelo atômico ainda não terminaram. Existem evidências sobre como seriam essas partículas constituidoras da matéria, mas não há certezas absolutas sobre isso.

No nível fundamental de ensino, podemos nos preocupar em levar o aluno a construir o conceito de átomo na zona racionalista clássica, o que será adequado para que ele tenha condições de explicar os fenômenos químicos no nível microscópico. Ainda nessa zona do pensamento, nos atemos ao modelo atômico de Dalton, suficiente para o espectro de explicações que pretendemos nesse estágio de ensino.

Para que os alunos depreendam o significado da expressão modelo atômico, torna-se necessário trabalhar com eles os conceitos de

analogia e modelo. Vários autores apontam a importância do uso das analogias na construção de modelos, contudo devemos ter em mente também os “riscos” que elas podem representar para a aprendizagem.

Grosslight¹⁶ (pp. 799–822) descreveu uma pesquisa mostrando como os alunos tendem a pensar sobre esse assunto. Segundo essa autora, elas costumam imaginar que:

- modelos sempre têm uma natureza física possível de ser vista;
- sempre mostram ou ajudam a explicar coisas reais ou concretas;
- podem existir diferentes modelos para uma mesma coisa, mas apenas mostrando diferentes aspectos ou partes dessa coisa;
- os modelos podem ser mudados se foram construídos com erros ou quando novas informações são encontradas.

Esses alunos foram, então, colocados frente a alguns objetos, como um avião de brinquedo, um mapa de metrô, a gravura de uma casa e o diagrama do ciclo da água. Nesse momento, os alunos demonstraram, porém, não ter critérios consistentes para escolher os modelos. A maioria (67%) deles do nível equivalente à 7ª série parecia ver os modelos como brinquedos, miniaturas ou simples cópias da realidade. Para eles, os modelos só seriam úteis se representassem a realidade com fidelidade.

Na verdade, seria desejável que os alunos pensassem nos modelos como construções que servem para desenvolver e testar ideias sobre a realidade. Aquele que constrói um modelo faz com que seus objetivos determinem a forma como ele será construído. Os

modelos podem ser manipulados e testados para controlar diferentes ideias.

Para auxiliar na construção desta noção de modelo, podemos enfatizar os seguintes pontos no ensino:

- fornecer aos alunos várias oportunidades para usar modelos, assim como para a reflexão da natureza dos modelos;
- fornecer aos alunos experiências onde eles possam usar os modelos como instrumentos de inquirição, não como pacotes de fatos a serem memorizados;
- fornecer-lhes modelos que não sejam só físicos ou espaciais, mas também modelos abstratos;
- encorajar os alunos a construir modelos que reflitam seus próprios conceitos sobre os fenômenos e que possibilitem a confrontação com modelos criados por seus colegas e pelos cientistas;
- enfatizar a importância dos modelos para a previsão de novos fatos.

Ao se enfatizar a importância dos modelos científicos, pode-se utilizar as relações estabelecidas entre modelo e analogia, já que, segundo Duit¹⁰ (pp. 649–672), essas ideias ajudam a fazer comparações entre domínios diferentes, ressaltando-se as características que eles tenham em comum.

Shapiro²² discute o processo de aprendizagem e deixa claro que “as analogias podem fazer a nova informação se tornar mais fácil e concreta de ser imaginada”. O uso de analogias força o(a) professor(a) a entrar em contato com as concepções prévias dos alunos, todavia, deve-se tomar o cuidado para

não promover transferência de ideias distantes das científicas sobre o conceito que se deseja ensinar.

ÁCIDOS E BASES

“Os químicos e os detetives têm muita coisa em comum” (Chagas⁷). Essa frase nos leva a pensar em um dos aspectos mais importantes do trabalho do químico: a identificação de substâncias. Ao fazer essa afirmação, Chagas⁷ aponta em seu livro *Como se faz Química* as semelhanças entre as atividades do detetive e do químico:

A maneira de resolver os problemas é semelhante, ou seja, os químicos às vezes trabalham como Sherlock Holmes ou Hercule Poirot, procurando pistas e fazendo hipóteses e deduções até encontrar a solução. A diferença é que o detetive lida com pessoas e o químico com substâncias. E assim como o detetive deve conhecer o comportamento das pessoas para resolver o seu problema, o químico também deve conhecer o comportamento das substâncias (suas propriedades, como também se diz) para resolver seu problema (p. 51).

Esse autor nos conta que Sherlock Holmes, o imortal personagem criado por C. Doyle, era um químico que acabou se tornando um detetive. “Qualquer semelhança não é mera coincidência” (p.51). Entre as atividades de investigação do químico podemos lembrar, por exemplo, a identificação de substâncias presentes na natureza através do caráter ácido-base que muitas delas apresentam.

Numa perspectiva histórica, podemos lembrar que a Química da Idade Média não foi simplesmente alquimia, como afirmam muitos autores. Nessa época, a Química também é representada por artesãos que aperfeiçoam seus métodos de tintura, de fabricação de certos materiais, etc. A ideia de que na Idade Média praticava-se predominantemente a alquimia persiste porque, ao fazer as reações químicas, as pessoas não se preocupavam com a elaboração de um método racional para isso. As interpretações eram sempre marcadas por um pensamento mágico. Todavia, na tentativa de introdução de um método experimental, muitos conheceram numerosos metais, o amoníaco, numerosos sais e até alguns ácidos, como o nítrico, o sulfúrico e o clorídrico.

No século XVII, o desejo de incrementar as técnicas experimentais aumentou entre os químicos. Esse aprofundamento permitiu, entre outros avanços, que a noção de ácido fosse um pouco melhor definida e as diferenças entre ácidos e álcalis (bases), melhor estudadas.

Já no século XVIII, os avanços da Química com as descobertas de novos materiais fizeram com que Antoine Laurent Lavoisier e outros estudiosos se preocupassem em organizar uma nomenclatura sistemática para as substâncias. Assim, em 1787, ele e alguns colegas propuseram uma nova nomenclatura que pudesse refletir a composição das substâncias, citando, entre seus exemplos, alguns ácidos:

É assim que o líquido que se chamará daqui em diante “ácido sulfúrico”, não será mais o “óleo de vitriolo” (...). Do mesmo modo, perder-se-á o hábito, pouco a pouco, de falar em espírito de Vênus (ácido

acético), da lâ filosófica (óxido de zinco), dos cristais de Lua (nitrato de prata) ou de Chipre (sulfato de cobre). Sem dúvida, o poeta não ganhará nada com isso, mas com certeza, o químico saberá tirar proveito. (Massain, citado por Rosmorduc²¹)

Assim, dentro dessa nova nomenclatura, passou-se a chamar ácido clorídrico o ácido muriático oxigenado, chamado erroneamente de oxigenado pelo fato de Lavoisier acreditar existir oxigênio em sua composição.

Atualmente, o número de substâncias conhecidas cresceu muito, o que fez surgir a necessidade de reuni-las em grupos de acordo com a semelhança de suas propriedades químicas. Esses grupos recebem o nome genérico de funções químicas. Dessa forma, entre as funções químicas estão os grupos dos ácidos e das bases.

Do ponto de vista empírico, podemos identificar ácidos e bases através do uso de substâncias conhecidas como indicadores. É claro que existem características ácidas ou básicas que se localizam em materiais do nosso dia-a-dia, porém não vamos nos basear aqui em propriedades como sabor ou cheiro para traçar um “método” experimental de identificação das substâncias. Isso não seria um procedimento químico!

Em outras palavras, sabemos (e nossos alunos também sabem) que as substâncias ácidas apresentam sabor azedo e as básicas possuem sabor cáustico (que “amarra a boca”), contudo, o que nós queremos é mostrar a eles um procedimento aceitável do ponto de vista científico que possibilite a diferenciação entre essas classes de substâncias.

Então, o que são indicadores? E que exemplos de indicadores podemos lembrar?

Indicadores são substâncias que apresentam diversas cores, conforme a acidez ou basicidade do meio em que se encontram. Fenolftaleína, alaranjado de metila, azul de bromotimol, verde de bromocresol, extrato de repolho roxo e vinho tinto são exemplos de indicadores ácido-base. Assim, sem sentir o gosto de uma substância que nos é desconhecida, podemos caracterizá-la com o auxílio de um indicador.

Na tentativa de contextualizar o ensino, é importante mostrar aos alunos porque os químicos se preocupam tanto em caracterizar substâncias ácidas quanto básicas.

Um dos piores problemas ecológicos do século é o fenômeno das chuvas ácidas. Elas ocorrem com o aumento na concentração de dióxido do enxofre e óxidos de nitrogênio, que produzem ácidos ao entrar em contato com a água da própria chuva. Esses compostos ácidos destroem a superfície do mármore, como acontece, por exemplo, no Parthenon, monumento de Atenas, que está aos poucos se transformando em gesso em função da ação das chuvas ácidas.

Fotografias das Cariátides, colunas em forma de ninfas sobre as quais se apoia o templo de Erekteion, na Acrópole de Atenas, mostram que num período de dez anos (1955 a 1965) a chuva ácida destruiu os narizes dessas estátuas, assim como outros detalhes de suas figuras. O mesmo fenômeno é observado no Taj Mahal, na Índia, e no Coliseu de Roma.

Mas não são só os monumentos históricos que sofrem com a ação das chuvas ácidas. Elas também podem matar peixes em lagos e rios e danificar as matas. “No Brasil, considerando o mapa da devastação, há pelo menos um ponto do território que é impor-

Tabela 8.1: Comportamento de Ácidos e Base na Presença de Alguns Indicadores

Indicadores	Em Ácidos	Em Bases
Fenolftaleína	Permanece incolor.	Adquire coloração rósea.
Alaranjado de Metila	Adquire coloração vermelha.	Adquire coloração amarela.
Azul de Bromotimol	Adquire coloração amarela	Permanece azul.
Vermelho do Congo	Adquire coloração azul.	Permanece vermelho.
Extrato de Repolho Roxo	Adquire coloração avermelhada.	Adquire coloração verde.
Pétalas de Hibiscus Vermelho	Adquire coloração vermelho-alaranjada	Adquire coloração violeta.
Vinho tinto	Permanece vermelho.	Adquire coloração azul.

tante — Cubatão, o sufocante polo industrial da Baixada Santista” (GEPEQ¹³).

Dentro de tal perspectiva crítica, o(a) professor(a) pode discutir com seus alunos os efeitos nocivos da poluição industrial que promove o aparecimento das chuvas ácidas. Os alunos devem ser estimulados a fazer investigações sobre a qualidade das águas dos rios que banham a cidade onde moram e tentar verificar se a acidez delas está acima dos limites aceitáveis. Para investigar isso, eles podem valer-se também de fontes como jornais e revistas, em textos que tratem o assunto.

Para discutir em classe os efeitos da chuva ácida, existe um texto bastante adequado, adaptado da reportagem “As Chuvas da Morte”, publicada na revista Isto É (1984), e editado no material do GEPEQ¹³.

Existem outros aspectos interessantes acerca da acidez das substâncias, como por exemplo a acidez do solo e a do sangue e de outros fluídos do organismo. Dessa forma, o(a) professor(a) pode discutir algumas outras informações com seus alunos, como:

digestão no estômago : só ocorre se o suco gástrico estiver ácido. Assim, a che-

gada de um alimento ao estômago induz a produção de ácido clorídrico, dando início à digestão. Contudo, ela só tem continuidade no intestino delgado se o alimento em transformação estiver em meio alcalino (antiácido). Essa mudança de ácido para alcalino é garantida pelo pâncreas, ao despejar substâncias sobre o alimento, fazendo com que diminua sua acidez e aumente sua alcalinidade (basicidade);

plantas : algumas delas não se desenvolvem satisfatoriamente em solos ácidos, o que faria com que absorvessem maior quantidade de substâncias tóxicas, como o alumínio, e facilitaria a eliminação de substâncias úteis, como cálcio, magnésio e potássio. Para neutralizar a acidez do solo, pode-se adicionar calcários, hidróxido de cálcio ou cal virgem, numa operação que geralmente é chamada de calagem (CENP⁶).

Dentro da noção de perfil conceitual (Mortimer¹⁹), poderíamos delimitar as manifestações acerca do conceito ácido-base a partir das seguintes zonas de ideias:

Zona realista : apareceriam todas as noções sobre ácidos e bases que envolvem aspectos da realidade imediata dos alunos; ou seja, eles costumam pensar que ácidos são sempre substâncias tóxicas, corrosivas e venenosas e que bases têm características opostas. Refere-se às concepções prévias e alternativas que os alunos trazem para a aula ao ser discutido o tema.

Zona empirista : o conceito ácido-base pode ser construído através da caracterização de substâncias pelo emprego de indicadores. Assim, a elaboração de registros das observações empíricas acerca das mudanças de coloração dos indicadores em meios ácido e básico ajuda os alunos a construírem o conceito.

Zona racionalista : as noções sobre ácidos e bases que envolvem partículas e suas representações estariam de acordo com teorias, como a do sueco Arrhenius, no século XIX. Assim, em termos racionalistas, esse conceito seria construído com base na definição de ácido considerado como toda substância que libera H^+ e base, como toda substância que libera OH^- quando dissolvidas em água.

A partir dessa ideia de perfil conceitual, o conceito ácido-base pode ser explorado no nível fundamental de ensino, na zona empirista, ou seja, enfatizando os aspectos operacionais da caracterização de substâncias dentro dos critérios ácido/base. Em outras palavras, os alunos seriam levados a discutir e a construir noções sobre **ácidos** e **bases** dentro dos parâmetros de observações do compor-

tamento dos materiais no seu dia-a-dia ou no laboratório da escola.

Talvez não fosse adequado, com os alunos do nível fundamental, trabalhar noções na zona racionalista, que envolvem ideias abstratas sobre partículas, as moléculas dos ácidos e das bases, suas representações ou ainda sobre aspectos da teoria de Arrhenius.

Sendo assim, equações de ionização de ácidos e bases que representam sua dissociação e interação quando dissolvidos em água não seriam trabalhadas nesse momento com os alunos. O mais relevante nesse período seria trabalhar as diferenças empíricas entre os materiais considerados ácidos e aqueles que são alcalinos (básicos).

ELETRÓLISE — DECOMPOSIÇÃO PROVOCADA POR EFEITO ELÉTRICO

Os efeitos elétricos advindos de reações químicas começaram a ser estudados desde o início do século XVIII. Contudo, apenas mais tarde, já no século XIX, começaram a surgir alguns nomes que se destacaram particularmente nesses estudos, entre eles, Michael Faraday.

Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, na Inglaterra, e era filho de um ferreiro. Era tão pobre que muitas vezes passava uma semana inteira alimentando-se apenas com uma bisnaga de pão (Gleiser¹⁵). Com 13 anos, começou a trabalhar como aprendiz de encadernador e, cercado por livros, tornou-se um autodidata. Aos 19 anos, já gastava todo seu dinheiro em experimentos com decomposição eletroquímica.

A ele devemos algumas das mais importantes descobertas sobre a ação da eletricidade em determinadas reações químicas. Faraday só se desinteressou por essas inves-

tigações quando começou a entrar em contato com os estudos de Oersted sobre eletromagnetismo, desviando então sua atenção para esse outro tema.

A primeira pilha foi fabricada por Alessandro Volta, professor de liceu em Como (Itália), e apresentada em 1800 à Royal Society (Sociedade Real) de Londres. No início, ela foi imaginada como um órgão elétrico artificial destinado a refutar a ideia de uma eletricidade de origem animal, defendida por Galvani.

Volta era físico e acreditava que existia um só tipo de eletricidade, a dos físicos. Para defender essa sua ideia, ele montou uma experiência parecida com a de Galvani, substituindo o músculo e o nervo da rã por pedaços de carvão e panos molhados entre discos metálicos. A montagem formava mesmo uma pilha de discos: apresentava-se como uma coluna onde são empilhados discos de cobre, alternando com discos de estanho, e, mais tarde, discos de prata com discos de zinco. Cada disco era separado por pequenos bocados de cartão ou de couro embebidos em água ou em outro líquido.

A controvérsia entre os dois sábios italianos foi resolvida pela Sociedade Real de Londres em 1800, com a vitória de Volta. Galvani ficou com a carreira praticamente arruinada. Considerado um herói, Volta foi convidado para ir a Paris em 1801 e apresentar sua invenção no Instituto Bonaparte, onde ganhou uma medalha. Nessa ocasião, Volta ofereceu ao laboratório de Química da Escola Politécnica, em Paris, uma enorme pilha constituída de 600 elementos, o que despertou ainda mais o interesse dos químicos. A invenção de Volta, um físico, abriu nova frente

de trabalho para a Química: a eletroquímica (Bensaude-Vincent & Stengers⁴).

A descoberta da pilha e o efeito da corrente elétrica sobre os compostos químicos fizeram renascer a esperança de haver teorias explicativas em Química, já que os pesquisadores da época começaram a sentir a necessidade de tentar explicar o que ocorria no nível microscópico nessas reações eletroquímicas.

Os fenômenos eletroquímicos podem ser a princípio considerados em duas grandes categorias: os que geram corrente elétrica (baterias, pilhas, acumuladores) e aqueles que ocorrem graças à ação de corrente elétrica (eletrólise, eletrodeposição).

No ensino de Ciências, e particularmente de Química, a ação da eletricidade sobre os materiais, provocando decomposição de substâncias — a eletrólise — via de regra é tratada de forma pontual, focalizando-se o caso da decomposição da água. Mas é possível trabalhar em Ciências outras situações que envolvem eletrólise, abordando exemplos de obtenção de materiais cromados, prateados, niquelados ou dourados em escala industrial.

Além disso, outro aspecto bastante importante que se pode explorar dentro desse tema é a questão dos modelos explicativos, ou seja: como representar o que está ocorrendo no nível microscópico num processo de eletrólise? Muitas possibilidades de discussão/debate de ideias podem surgir ao levantar esse tipo de questão, pois o(a) professor(a) tem condições de apresentar a seus alunos concepções sobre a constituição da matéria, a interação química e a natureza da eletricidade.

DESENVOLVIMENTO DAS AULAS

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 1 A 3

Levantar as concepções prévias dos alunos a respeito de substância, propriedade, fenômeno físico e fenômeno químico, através de atividades experimentais que permitam a discussão e o intercâmbio de ideias entre duplas de alunos e entre elas e o(a) professor(a).

Com base nas ideias levantadas, trabalhar os conceitos, levando-se em conta os seguintes critérios:

- um fenômeno físico não envolve a formação de novos materiais com propriedades específicas diferentes das originais;
- um fenômeno químico envolve a formação de novas substâncias, o que implica o aparecimento de um material com propriedades diferentes das iniciais;
- muitas vezes um fenômeno químico envolve também a ocorrência de fenômenos físicos.

ATIVIDADE Nº 1

Fenômeno e transformação

Fenômeno é toda “modificação operada nos corpos por agentes físicos ou químicos” (Ferreira¹¹). E o que é transformação? O conceito de transformação é mais amplo que o de transformação/fenômeno químico. Dessa forma, podemos dizer que o primeiro é mais inclusivo que o segundo. Ensinar conceitos mais inclusivos antes dos mais específicos parece facilitar o processo de aprendizagem, quando se objetiva a aprendizagem significativa (Ausubel²).

Sendo assim, nessa atividade pode-se abordar preliminarmente o conceito transformação para depois direcionar ao conceito transformação/fenômeno químico (Rosa²⁰).

Chame a atenção dos alunos para o fato de que diariamente ocorrem em nossas vidas inúmeras transformações. Faça-os pensar nos exemplos de transformação ou fenômenos que conhecem lembrando que uma transformação é um processo, não um produto. Por exemplo: o bolo não é uma transformação ou um fenômeno, ele é produto de um fenômeno. Assim, se alguém for citá-lo como exemplo, pode fazer essa citação desse modo: “o cozimento da massa de um bolo”.

Sugira que eles pensem por que se classifica esses exemplos escolhidos como transformações e para que coloquem todos em forma de tabela, como mostrado a seguir:

Tabela 8.2: Justificativa da Classificação dos Exemplos

Transformação/Fenômeno	Como você pode reconhecer essa transformação?

Ao examinar os exemplos surgidos nas tabelas feitas pelos alunos, tente deixar claro que toda transformação ou fenômeno envolve dois estágios, o inicial – o “antes” — e o final — o “depois”. É isso que indica a ocorrência de uma transformação: a existência desses dois estágios. Sinalize, em cada exemplo, o estágio inicial e o final.

Voltando ao exemplo do cozimento da massa de um bolo:

estágio inicial : massa líquida feita da mistura de ovos, farinha, fermento, leite, etc.;

estágio final : massa sólida cozida com bolhas de gás, com consistência diferente da inicial.

Em todos os exemplos, você, professor(a), pode fazer esse tipo de levantamento junto com seus alunos.

A partir do levantamento das ideias dos alunos acerca do conceito de transformação/fenômeno, tente fazê-los selecionar quais exemplos eles classificaram como fenômenos químicos e convide-os para elaborar uma nova tabela nos seguintes moldes.

Tabela 8.3: Classificação dos exemplos com fenômenos químicos

Fenômeno Químico	Justifique essa classificação

Você pode dar, para cada caso, o mesmo procedimento feito na tabela anterior, ou seja, levantar com os alunos quais as diferenças entre os estágios iniciais e os finais. Provavelmente nesse momento já surgirão alguns sinais da ocorrência do atributo formação de novas substâncias, isto é, nas falas dos alunos começarão a aparecer algumas concepções que envolvem a ideia de que num fenômeno químico ocorre a formação de novos materiais.

Aparecerão também — talvez até com maior frequência — conceitos como: “fenômeno químico é a mistura de diferentes materiais”, “é a mudança de cor”, “é a mudança de estado físico”. Quando aparecem essas ideias, que o(a) professor(a) sabe estarem muito longe

do conceito científico, ele(a) pode contrapor oferecendo exemplos que desestabilizem tais concepções alternativas.

ATIVIDADE Nº 2

Reconhecendo as propriedades dos materiais

Peça aos alunos que tragam para a escola objetos formados pelos mais variados materiais. Tente deixar claro que material é diferente de objeto, por exemplo: tijolo é objeto, argila é material; garrafa é objeto, vidro é material.

A partir dos objetos levados para a escola, organize uma atividade em equipes, analisando esses objetos e tentando classificá-los como a tabela abaixo (sugestão modificada da Prática Pedagógica da CENP⁶, pp. 24–25):

Tabela 8.4: Classificação de objetos

	Cor	Estado Físico (à temperatura ambiente)	Queima	Tem cheiro	Tem massa	Tem volume
Lã						
Vidro						
Plástico						
Água						
Papel						

Essa atividade é importante para trazer ao debate os conhecimentos a respeito de substância e propriedade. O(a) professor(a) pode explorar os registros feitos pelos alunos, tentando sistematizar com eles a concepção de que cada substância possui propriedades comuns a qualquer tipo de material e outras que lhe são específicas.

Ao abordar o conceito de propriedade específica a água pode ser usada como exemplo e o(a) professor(a) explica, de maneira simples, o que significa ponto de fusão e ponto de ebulição, fazendo uma demonstração em aula da medição da temperatura de congelamento e de fervura da água.

A partir daí, o(a) professor(a) pode retomar inclusive os registros da tabela nº 2 da atividade nº 1 e discutir com os alunos os tipos de propriedades alteradas, nos exemplos citados, como fenômenos químicos.

ATIVIDADE Nº 3

Processo físicos/processos químicos

O kit Química 2 da Experimentoteca traz atividades com alguns exemplos de fenômenos que propiciam o debate sobre as concepções dos alunos a respeito dos processos envolvidos. Alguns aspectos importantes devem ser lembrados pelo(a) professor(a): o exemplo de fenômeno físico mostrado — dissolver o giz e remodelá-lo na forma original — é apenas um exemplo e que o critério da reversibilidade não pode ser tomado exclusivamente como um atributo de um fenômeno físico.

Pode-se caracterizar o fenômeno físico como um processo que não envolve mudanças nas propriedades específicas das substâncias. Contudo, existem muitos fenômenos químicos que, para que aconteçam, são antecedidos por fenômenos físicos, como por exemplo nas reações de precipitação.

Um exemplo de reação de precipitação é a reação nº 2, realizada no item Processo químico dessa atividade. Nesse tipo de reação, os íons são dissolvidos em meio aquoso (fenômeno físico) e, a partir dessa dissolução, torna-se possível a interação entre as partículas e a consequente precipitação de uma nova substância (fenômeno químico).

O que se discute, do ponto de vista científico, é o fato de essa dicotomia ou antagonismo entre fenômeno físico/fenômeno químico não ser tão relevante, posto que muitos fenômenos podem ser chamados de físico-químicos.

Cabe trabalhar com os alunos também os conceitos de energia e matéria, deixando claro que se assume como atributos para esses conceitos a consideração de que matéria possui massa, energia, não. A energia pode ser transformadora da matéria, ou seja, nos fenômenos — tanto físicos como químicos — pode haver liberação ou absorção de energia térmica, luminosa, elétrica, etc.

Assim, as reações 1, 2 e 4 do item Processo químico podem ser utilizadas pelo(a)s professor(a)s como oportunidades para discutir esses aspectos com seus alunos. Essas reações envolvem fenômenos que implicam liberação ou absorção de energia.

Para tentar desestabilizar a ideia de que todo processo químico é irreversível, o(a) professor(a) pode complementar essa atividade fazendo um outro pequeno experimento conhecido como “garrafa azul”.

Material e reagentes: 10 g de hidróxido de sódio; 10 g de glicose; e azul de metileno.

O(a) professor(a) prepara a solução a ser chamada de “líquido desconhecido”:

- pesar aproximadamente 10 g de hidróxido de sódio;
- pesar aproximadamente 10 g de glicose,
- misturar em água, completando 1 litro;
- adicionar 10 gotas de azul de metileno.

Distribui essa solução em frascos menores, claros, cuidando que cada um deles fique cheio até não mais que três quartos do seu volume.

Pede que cada aluno observe a garrafa que recebeu. Depois, agite-a vigorosamente. A coloração do líquido desconhecido muda depois da agitação e, em repouso, volta à coloração inicial.

A mudança de coloração é um indicativo da ocorrência da formação de uma nova substância após a agitação (de cor azul) que, depois de voltar ao repouso, decompõe-se na substância original (cor amarela). A cor azul aparece por causa da interação entre o oxigênio do ar e o azul de metileno contido na solução.

Peça aos grupos de trabalho para pensar nas seguintes questões:

- o fenômeno da garrafa azul pode ser chamado de transformação química? Por quê?;
- dá para dizer que a diferença principal entre fenômenos físicos e fenômenos químicos é que os primeiros são reversíveis e os últimos, irreversíveis? Por quê?

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 4 A 7

- Trabalhar com os alunos as noções de analogia e modelo por meio de atividade que proporcione a relação entre esses conceitos;
- proporcionar aos alunos situações onde seja possível o debate de ideias a respeito de como se constrói um modelo e como as evidências influem nessa construção;
- apresentar aos alunos a evolução histórica dos principais modelos atômicos surgidos na Filosofia e na Ciência;
- proporcionar aos alunos oportunidades de explicar fenômenos químicos, utilizando-se a noção de modelo atômico.

ATIVIDADE Nº 4

A Dimensão do átomo

O kit A Dimensão do Átomo 1, da Experimentoteca, traz um roteiro bastante interessante de atividade a ser desenvolvida preliminarmente com os alunos. Os recipientes de plástico tipo “tupperware” podem ser utilizados, estabelecendo uma analogia com a elaboração de modelos teóricos. Ou seja: a atividade de tentar imaginar o que existe no conteúdo do recipiente fechado leva o aluno a ter uma noção de modelo como construção teórica, produto da razão.

Esse aspecto da atividade é muito importante, posto que pode auxiliar os alunos a não identificarem os modelos com objetos reais. Isso pode ser percebido quando eles abrirem os

recipientes, previamente fechados, e constatarem que muitas das suas previsões falharam em relação aos conteúdos reais dos recipientes.

A resina que acompanha o kit, com várias amostras de materiais com um estimado número de partículas, facilita aos alunos a percepção de que as partículas atômicas seriam minúsculas, portanto, invisíveis. Por isso, os modelos são importantes para tentar imaginar como elas são.

ATIVIDADE Nº 5

Constituição da Matéria

Material necessário: dois béqueres de 1.000 *ml*; uma espátula; uma bagueta; água; permanganato de potássio; feijão e açúcar.

Procedimento (adaptado de Schnetzler²³): o(a) professor(a) adiciona um pequeno cristal de permanganato de potássio à água contida num béquer de 1.000 *ml*. Ele pode perguntar aos alunos se o permanganato de potássio se dissolve na água e pedir a eles que procurem descrever o fenômeno observado.

A partir daí, o(a) professor(a) pode pedir aos alunos que tentem montar um sistema utilizando, como material, feijão, açúcar e béquer, que sirva para fazer uma comparação, ou seja, uma analogia com o que foi observado na dissolução do permanganato de potássio em água. Os alunos montarão sistemas com tal material e tentarão formular explicações para essa analogia. O(a) professor(a) pode promover uma discussão sobre esse evento, com questões como:

- é possível fazer alguma comparação entre os fenômenos que ocorrem nos dois béqueres?;
- existe alguma semelhança entre os dois casos? Que tipo de semelhança?;
- daria para fazer um desenho representando o que ocorre com o pequeno cristal de permanganato de potássio ao se dissolver em água? Como seria feito esse desenho?

A partir dessas questões, pode-se tentar saber dos alunos o que eles pensam sobre átomos: "Será que o pequeno cristal se dividiu em átomos ao se dissolver em água?"

Para dar uma ideia da dimensão da partícula atômica, o(a) professor(a) pode mostrar a resina com diferentes amostras de material, que faz parte do kit nº 1 da Experimentoteca, e tentar deixar claro que as partículas atômicas seriam minúsculas, impossíveis de serem visualizadas em algum instrumento ótico do tipo microscópio.

Ao se estabelecer a analogia entre a mistura feijão e açúcar e a solução aquosa de permanganato de potássio, é possível trabalhar a ideia de que existem espaços vazios entre as partículas que compõem a matéria, o que justifica, em parte, a capacidade que os materiais têm de se misturar.

ATIVIDADE Nº 6

Constituição da Matéria

Material necessário: dois vidros de relógio; duas espátulas; uma placa de Petri; nitrato de chumbo (sólido I) e iodeto de potássio (sólido II).

Procedimento (adaptado da proposta publicada por De vos e Verdonk⁹, pp. 972–974): cada grupo pode receber uma placa de Petri contendo uma camada muito fina de água destilada, além de duas espátulas, um vidro de relógio contendo um pouco do sólido I e um outro vidro de relógio com uma porção do sólido II.

Coloque a placa de Petri em posição perfeitamente horizontal sobre a bancada e despeje uma pequena pitada do sólido I na água, próximo à beirada da placa. Em seguida, usando outra espátula limpa, coloque uma pitada do sólido II na água, em posição diametralmente oposta a do sólido I.

Peça aos alunos para desenhar um esquema da montagem da experiência, deixando em repouso a placa. Sobre o filme de água, dentro da placa de Petri, as duas pequenas amostras de nitrato de chumbo e iodeto de potássio levarão à formação de uma mancha amarela (iodeto de chumbo).

Partindo desse evento, peça aos alunos que elaborem textos a respeito do fenômeno, utilizando para isso o modelo explicativo da constituição da matéria que eles julguem mais coerente. É esperado que as explicações deles convirjam para ideias que mencionam partículas, atração e interação entre elas.

ATIVIDADE Nº 7

Modelos atômicos

Essa atividade ou aula final é reservada a sistematização do conteúdo, isto é, o momento onde o(a) professor(a) expõe para seus alunos um breve histórico da evolução dos modelos atômicos do ponto de vista científico. Ele(a) pode contar à classe sobre o grego Demócrito, o “desaparecimento” dessa ideia durante a Idade Média e falar a respeito da teoria das proporções constantes nas reações químicas até chegar ao modelo de John Dalton.

No nível fundamental de ensino, talvez não seja ainda necessária a exposição de modelos mais sofisticados, como o de Rutherford ou de Bohr, muito menos o modelo quântico.

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 8 A 10

- Levantar as concepções prévias dos alunos a respeito do conceito ácido-base através de discussões sobre alguns eventos;
- trabalhar com os alunos o conceito de forma empírica, ou seja, através da caracterização de ácidos e bases em soluções aquosas por meio de indicadores;

- permitir aos alunos o desenvolvimento de uma visão crítica a respeito do assunto, ao abordar questões ambientais que envolvem a presença de substâncias ácidas como poluentes.

ATIVIDADE Nº 8

Utilizando materiais do cotidiano: ácidos, bases e indicadores

O(a) professor(a) pode pedir a seus alunos que tragam de casa materiais utilizados na limpeza ou na alimentação, como Ajax, sabão, sabonete, limão, vinagre, Coca-Cola, leite de magnésia, líquido de bateria de automóvel, ácido muriático, limpa-forno, Lacto-purga, repolho roxo e vinho tinto.

Quando os materiais estiverem em sala, o(a) professor(a) pode fazer um levantamento das concepções prévias dos seus alunos acerca dos conceitos de ácido e base. Perguntar a eles quais materiais são ácidos e quais não são e quais os seus critérios para fazer tais afirmações. Todas as manifestações podem ser registradas na lousa na forma de um esquema ou de uma tabela, de modo a ser possível confrontá-las.

A partir disso, o(a) professor(a) poderá expor aos alunos que alguns materiais podem ser caracterizados por seu gosto, porém muitos deles **NUNCA DEVEM SER DEGUSTADOS, POIS SÃO ALTAMENTE TÓXICOS!** Perguntando aos alunos qual a diferença entre o sabor do vinagre e o do leite de magnésia, você pode explicar que o vinagre branco é composto por ácido acético e o leite de magnésia, por hidróxido de magnésio, respectivamente ácido e base.

Nesse momento, o(a) professor(a) pode também falar aos alunos sobre o que são indicadores.

Sugestão: triture um comprimido de Lacto-purga e o dissolva num pouquinho de água. Separando uma pequena amostra desse comprimido triturado, adicione a ela algumas gotas de vinagre branco e solicite aos alunos que observem a coloração da mistura, que não se alterará. Separando outra, adicione algumas gotas de leite de magnésia e mostre aos alunos a mistura levemente rósea que surgiu. Ou seja: o Lacto-purga é constituído por uma substância chamada fenolftaleína, um indicador ácido/base, que muda de cor dependendo do meio.

Á partir dessa pequena demonstração, os outros materiais podem ser utilizados para “montar” o seguinte esquema de observação do comportamento de ácidos e bases diante de alguns indicadores:

Para preparar o extrato de repolho roxo, o(a) professor(a) pode efetuar o seguinte procedimento:

- com uma faca, pique em tirinhas algumas folhas de repolho roxo;
- ferva-as com um pouco de água por cerca de 15 minutos;
- filtre o líquido roxo obtido em um béquer (copo químico).

Tabela 8.5: Comportamento de Ácidos e Bases diante de alguns indicadores

	Lacto-purga triturado	Vinho tinto	Extrato de Repolho roxo
Vinagre			
Leite de Magnésia			
Limão			
Coca-cola			
Ajax			
Limpa-forno			
Ácido Muriático			
Sabonete			
Líquido de Bateria de automóvel			
Sabão			

Está pronto um dos indicadores ácido-base utilizados na atividade.

Divididos em equipes, os alunos podem proceder às operações sugeridas na tabela anterior, testando cada material listado na primeira coluna da esquerda com os indicadores sugeridos (Lacto-purga, vinho tinto e extrato de repolho roxo).

Depois de efetuados todos os testes sugeridos na tabela, os alunos podem fazer um registro, como sugerido a seguir, a partir das observações feitas.

Tabela 8.6: Registros

Substâncias caracterizadas como ácidas	Substâncias caracterizadas como bases

Na sistematização das informações reunidas nesse quadro, o(a) professor(a) deve deixar

claro aos alunos que, no dia-a-dia, geralmente as noções sobre ácidos estão baseadas em poder de corrosão e toxicidade. Contudo, existem substâncias alcalinas, que também podem ser corrosivas e tóxicas, como o Ajax e o limpa-forno.

ATIVIDADE Nº 9

Ácidos e bases

O(a) professor(a) poderá realizar os experimentos propostos pelo kit nº 5, Química — ácidos e bases, da Experimentoteca.

ATIVIDADE Nº 10

Simulando a chuva ácida

Material: dois fios de cobre curvados nas extremidades na forma de um pequeno anel; um erlenmeyer (frasco de laboratório); bico de Bunsen ou lamparina; enxofre; água; rolha; alaranjado de metila (indicador ácido-base); e uma flor, do tipo flor de São João.

Procedimento: prenda a flor na extremidade curvada de um dos fios de cobre. Adicione cuidadosamente sobre o anel da extremidade do outro fio de cobre uma pequena quantidade de enxofre e, em seguida, coloque em contato direto com a chama do bico de Bunsen, até que ocorra sua combustão. Quando ela liberar uma fumaça esbranquiçada, recolha essa fumaça no erlenmeyer, de modo que ela interaja com a flor. Retire o fio com a flor rapidamente e tape o erlenmeyer com uma rolha. Adicione ao erlenmeyer uma pequena quantidade de água, agite bem e teste a solução com algumas gotas de alaranjado de metila.

- Que cor a solução adquire? Essa solução é ácida ou básica?;
- o que acontece com a flor na presença do gás liberado na combustão do enxofre?;
- como poderíamos explicar esse fenômeno?

A partir desse evento, é possível discutir com os alunos os efeitos da chuva ácida, relacionando-a às reações que ocorrem nessa experiência. Ao reagir com oxigênio, o enxofre forma dióxido de enxofre que, por sua vez, ao interagir com a água, produz ácido sulfúrico. A presença do ácido sulfúrico pode ser detectada com o uso do indicador alaranjado de metila, que fica avermelhado ao entrar em contato com a solução ácida.

OBJETIVOS DAS ATIVIDADES 11 A 13

Na abordagem do tema eletrólise e na exploração dos diferentes aspectos a eles relacionados, apresentamos os seguintes objetivos referentes à aprendizagem dos alunos:

- permitir a eles a observação dos fenômenos eletroquímicos, especialmente os de decomposição eletrolítica;
- explorar não apenas o exemplo da decomposição da água, mas também outros casos de eletrólise;
- levantar e confrontar as concepções deles acerca da constituição da matéria e da sua natureza elétrica;
- trabalhar com os alunos as possibilidades de representar esses processos eletrolíticos no nível microscópico.

ATIVIDADE Nº 11

Eletrólise da água

No roteiro do kit da Experimentoteca Eletrólise da Água 4 — Quebra pela passagem da corrente elétrica, é conveniente que o(a) professor(a) preste bem atenção aos detalhes das conotações das palavras. Isso porque a Introdução do roteiro discute quebra de ligações, átomos e moléculas, e o(a) professor(a) precisa ficar atento aos significados dessas palavras para apresentá-las à classe.

Seria interessante explorar, preliminarmente, as concepções dos alunos sobre a constituição da matéria. Ao ser feita a observação sobre o processo de eletrólise, o(a) professor(a) pode questionar:

- o que estaria ocorrendo com a água quando ela recebe a corrente elétrica e se decompõe em hidrogênio e oxigênio?;
- o que estaria acontecendo com as partículas de água?

As ideias expostas pelos alunos podem ser debatidas no grupo, tentando-se (se possível) chegar a um consenso.

Depois disso, o(a) professor(a) mostra o modelo aceitável do ponto de vista da Química representativo da eletrólise, seja por desenhos de partículas seja por equações químicas (caso esteja trabalhando na 8ª série, isso já pode ser introduzido).

É importante que se promova esse debate para identificação das ideias dos alunos antes de ser lido o roteiro, pois, a partir disso, o(a) professor(a) terá mais subsídios para conduzir o trabalho com o roteiro.

Após a discussão sobre um modelo que explique a eletrólise da água, o(a) professor(a) pode fazer outros tipos de eletrólise, de modo que seus alunos apliquem na atividade o modelo construído.

ATIVIDADE Nº 12

Execução de outras eletrólises em meio aquoso (adaptado de Maldaner¹⁸)

Soluções a serem usadas: HCl — ácido clorídrico — (aq) 1 M e NaCl — cloreto de sódio — (aq) 1 M.

Os alunos poderão observar a formação de gás que se acumula nos tubos e, após encher o tubo ligado ao polo negativo (-), fazer o teste de chama (explosão indica a presença de gás H₂(g)).

O resultado identificado no tubo ligado ao polo (+) para A e B será o mesmo. O gás poderá ser testado pelas propriedades organolépticas (cheiro característico de cloro ou Cl₂). CUIDADO, NÃO INALE! Esse gás é tóxico!

ATIVIDADE Nº 13

Cobreação de peças metálicas

(Adaptado do material produzido pelo GEPEQ¹³ - figuras 8.1)

Material: solução de ácido clorídrico HCl; solução de hidróxido de sódio NaOH; solução de sulfato de cobre CuSO₄; duas lâminas de cobre (2 cm × 10 cm); dois pregos limpos e polidos; duas moedas pequenas; duas pilhas de 1,5 V; quatro béqueres de 100 ml; duas lâminas de metal (1 cm × 3 cm), alumínio ou cobre; uma tesoura; 1 pinça; fita isolante; fita crepe; 1 pedaço de tubo de borracha e fios para conexão.

Procedimento: lixe as duas lâminas de cobre com Bombril, água e sabão até ficarem limpas, lisas e brilhantes, secando-as em seguida com papel absorvente. Desengraxe as lâminas, mergulhando-as na solução de NaOH, contida num dos béqueres. Com a pinça, retire uma lâmina de cada vez lavando-as em seguida com água destilada. Faça o mesmo com o prego e as moedas.

Prossiga, realizando agora a decapagem, que é a lavagem das lâminas, pregos e moedas com solução de HCl 3M, para eliminar possíveis óxidos ou sulfetos. Mergulhe as lâminas na solução de HCl. Retire-as com a pinça e lave-as em seguida, com água destilada, secando-as depois com papel absorvente. Proceda igualmente com os pregos e as moedas.

Com a tesoura, abra o tubo de borracha, no sentido de seu comprimento. Encaixe as duas pilhas dentro do tubo aberto — polo negativo de um no polo positivo da outra. Coloque os pedaços de cobre nas extremidades livres das pilhas, encostando-as bem nos polos. Envolve todo o sistema com fita isolante, para que o contato entre todas as suas partes seja bem feito.

O(a) professor(a) pode esquematizar as seguintes tabelas para que os alunos possam organizar os dados:

O(a) professor(a) pode propor as seguintes questões à classe:

- qual a relação entre o descoramento da solução de sulfato de cobre e o depósito de cobre sobre a moeda (e o prego)? Que transformação teria ocorrido?;

Tabela 8.7: Organização dos dados

Sistema	Estado Inicial	Estado após 5 minutos	Estado após secagem e polimento
Solução de CuSO_4 e moeda			
Solução de CuSO_4 , moeda, lâmina de cobre e pilhas			
Solução de CuSO_4 e prego			
Solução de CuSO_4 , lâminas de cobre e pilhas			
Solução de CuSO_4 , placas de cobre ligadas às pilhas			

- compare as observações realizadas ao introduzir a moeda (e o prego) na solução de sulfato de cobre com aquelas que você realizou, quando a moeda (e o prego) e a lâmina de cobre foram mergulhados na solução de sulfato de cobre e o sistema conectado aos polos das pilhas em série. Como relacionar as transformações aí observadas?;
- ao ligar as duas placas de cobre mergulhadas em solução de sulfato de cobre aos polos das pilhas, observa-se que uma das placas desgasta-se e a outra fica recoberta de cobre metálico. Em qual dos polos ocorre o desgaste? E o recobrimento? Como se pode explicar esse processo?

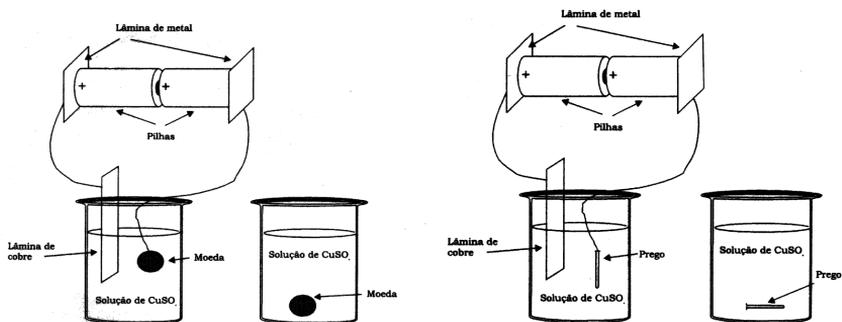


Figura 8.1: (a) — Solução de sulfato de cobre e moeda (b) — Solução de sulfato de cobre e prego

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDERSSON, B. Pupils' Conceptions of Matter and its Transformation (age 12–16). In: *Studies in Science Education*, 1990.
2. AUSUBEL, David P. *Educational Psychology — a Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston Press, 1968.
3. BACHELARD, G. *A Filosofia do Não*. Lisboa: Editorial Presença, 1991.
4. BENSAUDE-VINCENT, Bernadette & STENGERS, Isabelle. *História da Química*. Lisboa. Instituto Piaget, 1996.
5. CAMPBELL, J. A. *Por que Ocorrem as Reações Químicas?* São Paulo: Edgard Blucher, 1965.
6. CENP. *Prática Pedagógica*. São Paulo: SE/CENP, 1993.
7. CHAGAS, Aécio. *Como se faz Química*. Campinas: Editora da Unicamp, 1989.
8. CHASSOT, Ático. Prováveis modelos de átomos. In: *Química Nova na Escola*, nº 3, maio, 1996.
9. DE VOS, W. & VERDONK, A. H. A New Road to Reactions, part III. *Journal of Chemical Education*, 63(11), 1986.
10. DUIT, R. On the Role of Analogies and Metaphors. *Learning Science — Science Education*, 75(6), 1991.
11. FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo Dicionário Aurélio*. 15ª impressão, 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1975.
12. GAARDER, Joistein. *O Mundo de Sofia*; romance da história da filosofia. 16ª reimpressão. São Paulo: Cia. das Letras, 1996.
13. GEPEQ (Grupo de Pesquisa em Educação Química). *Interações e transformações I — elaborando conceitos sobre transformações químicas*, 4ª ed. São Paulo: Edusp, 1996.
14. GIDDINGS, J. C. *Chemistry, Man and Environmental Change*. New York: Harper How, 1973.
15. GLEISER, Marcelo. *A Dança do Universo*. São Paulo: Cia. das Letras, 1997.
16. GROSSLIGHT, L. e col. Compreendendo Modelos e seu uso em Ciência: concepções de estudantes e especialistas. (Tradução livre). *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 1991.
17. HAMELIN, R. Chemistry and Environment: a field of interdisciplinarity. *Química Nova*, vol. 18, nº 1.
18. MALDANER, Otávio Aloísio. *Construindo Conceitos Fundamentais em Química*. Ijuí: Editora Unijuí, 1992.
19. MORTIMER, Eduardo Fleury. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais* (tese de doutorado). São Paulo: FE/USP, 1994.
20. ROSA, M.I.F.P.S. *A evolução de ideias de alunos do 1º ano do ensino médio sobre*

transformação química em um processo de ensino construtivista (dissertação de mestrado). Campinas: Faculdade de Educação/UNICAMP, 1996.

21. ROSMORDUC, Jean. *Uma História da Física e da Química — de Tales a Einstein*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1988.

22. SHAPIRO, M. Analogies, visualisation

and mental processing of science stories (paper apresentado na *Information Systems Division of the International Communication Association*), 1985.

23. SCHNETZLER, Roseli P. *Fundamentos Teóricos e Características do PRO-QUIM — projeto de ensino de Química para 2º grau*. Campinas: Faculdade de Educação/UNICAMP, 1986.

Lista de Figuras

3.1	Frascos depois da sucção do ar, desenhados pelas crianças.	34
3.2	As camadas atmosféricas.	37
3.3	Experiência de Torricelli (pessoas não habilitadas não devem se arriscar a fazer esse experimento)	39
3.4	Um corpo mergulhado no líquido recebe um empuxo E igual à resultante das forças de pressão exercidas por esse líquido.	39
3.5	Modelo de pontes de hidrogênio.	42
3.6	Água parece ser atraída pelo vidro limpo e repelida pela gordura.	43
3.7	No interior de um tubo, a tensão superficial às vezes eleva o líquido a grandes alturas.	44
3.8	A força de tensão superficial que, estica a gotinha de sabão é maior que a força que a mantém coesa. Isso faz com que ela se estique cada vez mais, tornando-se fina e extensa, cobrindo a água.	45
3.9	Num recipiente fechado, o vapor d'água permanece sobre a água líquida numa pressão determinada, dependente da temperatura.	47
3.10	Panela de pressão de Papin.	48
3.11	Nuvem de gelo formada por um avião a jato (foto: José Braz Mania).	49
3.12	Imagem do cometa Hale Bopp feita por Ednilson Oliveira, em 25/4/97, no Pico dos Dias (Brasópolis, MG). A luz do Sol incide da direção do canto de baixo à esquerda e projeta a matéria para a direita, acima.	50
3.13	Paisagem marciana obtida pela sonda Pathfinder, em julho de 1997. Há traços que podem ser marcas de escoamento de água, supostamente ocorrido há bilhões de anos.	50
3.14	(a) estrutura do gelo; (b) estrutura da água. Nota-se que na água líquida as moléculas estão mais compactas o que resulta em densidade maior.	53
4.1	(a) Os ventos soprariam radialmente para os centros de baixa pressão se não fossem as forças de Coriolis. (b) Graças a elas, os ventos assumem uma configuração que gira no sentido horário (visto de cima) no hemisfério sul e, no sentido anti-horário, no hemisfério norte.	71
4.2	Ciclo da água.	72
4.3	Esquema da folha e do cloroplasto em detalhes, mostrando as suas organizações.	74
4.4	Correntes de convecção.	80

5.1	Níveis de organização da vida.	88
5.2	As florestas tropicais são ecossistemas complexos, porém extremamente frágeis.	90
5.3	Cadeia alimentar em ambiente aquático.	91
5.4	Cadeia alimentar em ambiente terrestre.	91
5.5	Esquema mostrando teia alimentar.	92
5.6	Jaguatirica (<i>Felis pardalis</i>), uma das espécies de felídeos brasileiros ameaçados de extinção.	99
5.7	Pegada de lobo-guará (<i>Chrysocyon brachyurus</i>), mamífero característico da região dos cerrados brasileiros.	100
5.8	<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i> a maior das araras-azuis, fora de perigo imediato de extinção	101
5.9	A fauna brasileira apresenta-se, de uma forma geral, extremamente vulnerável. A foto à esquerda mostra uma das espécies de tartarugas marinhas que vivem no litoral do Brasil. O afogamento em redes de pescadores e a coleta de ovos na praia quase levaram essas espécies à extinção. A foto à direita mostra a pata de uma capivara abatida para consumo.	103
5.10	Sistema reprodutor masculino.	108
5.11	Sistema reprodutor feminino.	109
5.12	Feto humano.	109
5.13	Processo digestivo.	112
5.14	Sistema respiratório.	113
6.1	Emissão de gás carbônico.	133
6.2	O efeito estufa.	133
7.1	Eixos cartesianos.	164
7.2	Movimento.	164
7.3	Escalas.	165
7.4	Sistema de balde com areia e bloco.	185
8.1	(a) — Solução de sulfato de cobre e moeda (b) — Solução de sulfato de cobre e prego	226

Lista de Tabelas

3.1	Características macroscópicas e microscópicas dos principais tipos de sólidos	52
3.2	Densidade da água a várias temperaturas	52
3.3	Tipos de solo	54

3.4	Produção de microorganismos em solo agrícola fértil	55
5.1	Ambiente Aquático	93
5.2	Ambiente Terrestre	93
5.3	Tipos de Interações e suas características	98
6.1	Principais Poluentes do Ar. Fontes causadas pelo homem e efeitos ambientais . .	135
6.2	Principais poluentes das águas	136
6.3	Categorias de Tóxicos de Acordo com DL ₅₀ e Dose Letal Provável para o Homem com 70 Kg de Peso Corporal	147
6.4	Classificação de Tóxicos Baseada na DL ₅₀ para Rato	147
6.5	Diluição de Detergente	156
8.1	Comportamento de Ácidos e Base na Presença de Alguns Indicadores	209
8.2	Justificativa da Classificação dos Exemplos	214
8.3	Classificação dos exemplos com fenômenos químicos	214
8.4	Classificação de objetos	215
8.5	Comportamento de Ácidos e Bases diante de alguns indicadores	221
8.6	Registros	221
8.7	Organização dos dados	225