



Sérgio Linhares • Fernando Gewandsznajder • Helena Pacca

Biologia Hoje

Citologia • Reprodução e desenvolvimento • Histologia • Origem da vida

Manual do
Professor

1

ea
editora ática

Biologia - Ensino Médio



Sérgio Linhares • Fernando Gewandsznajder • Helena Pacca

Biologia Hoje

Citologia • Reprodução e desenvolvimento • Histologia • Origem da vida

Manual do
Professor

Sérgio Linhares

Bacharel e licenciado em História Natural pela Universidade do Brasil (atual UFRJ)

Foi professor de Biologia Geral na Universidade do Brasil (atual UFRJ) e de Biologia no Colégio Pedro II, Rio de Janeiro (Autarquia Federal – MEC)

Fernando Gewandsznajder

Licenciado em Biologia pelo Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Mestre em Educação pelo Instituto de Estudos Avançados em Educação da Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro

Mestre em Filosofia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Doutor em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Foi professor de Biologia e Ciências no Colégio Pedro II, Rio de Janeiro (Autarquia Federal – MEC)

Helena Pacca

Bacharela e licenciada em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

Possui experiência como editora de livros didáticos de Ciências e Biologia

3^a EDIÇÃO
SÃO PAULO • 2016

1

ea
editora ática

Biologia - Ensino Médio



editora ática

Diretoria editorial

Lidiane Vivaldini Olo

Gerência editorial

Luiz Tonolli

Editoria de Biologia e Química

Isabel Rebelo Roque

Edição

Felipe Capelli, Marcela Pontes

Gerência de produção editorial

Ricardo de Gan Braga

Arte

Andréa Dellamagna (coord. de criação),

Erik TS (projeto visual de capa e miolo),

André Gomes Vitale (coord.),

Claudemir Camargo Barbosa (edição)

e Casa de Tipos (diagrama)

Revisão

Hélia de Jesus Gonsaga (ger.),

Rosângela Muricy (coord.), Ana Curci,

Ana Paula Chabaribery Malfa, Célia da Silva Carvalho,

Luis Maurício Boa Nova, Heloísa Schiavo,

Brenda Morais e Gabriela Miragaia (estagiárias)

Iconografia

Sílvio Kligin (superv.), Denise Durand Kremer (coord.),

Jad Silva (pesquisa), Cesar Wolf e

Fernanda Crevin (tratamento de imagem)

Ilustrações

Alex Argozino, Casa de Tipos, Dam d'Souza,

Eber Evangelista, Hiroe Sasaki, Ingeborg Asbach,

Julio Dian, Luis Moura, Luiz Iria, Maspi,

Mauro Nakata e Osvaldo Sequentin

Cartografia

Eric Fuzii, Márcio Souza

Foto da capa: Representação artística de células-ovo dividindo-se (os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia).

BlackJack3D/Shutterstock

Protótipos

Magali Prado

Direitos desta edição cedidos à Editora Ática S.A.

Avenida das Nações Unidas, 7221, 3º andar, Setor A

Pinheiros – São Paulo – SP – CEP 05425-902

Tel.: 4003-3061

www.atica.com.br / editora@atica.com.br

2016

ISBN 978850817955 8 (AL)

ISBN 978850817956 5 (PR)

Cód. da obra CL 713355

CAE 566201 (AL) / 566202 (PR)

3ª edição

1ª impressão

Impressão e acabamento



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

Linhares, Sérgio
Biologia hoje / Sérgio Linhares, Fernando Gewandsznajder, Helena Pacca. -- 3. ed. --
São Paulo : Ática, 2016.

Obra em 3 v.

Conteúdo: V.1. Citologia, reprodução e desenvolvimento, histologia e origem da vida --
v.2. Os seres vivos -- v.3. Genética, evolução e ecologia.

Bibliografia.

1. Biologia (Ensino médio) I. Gewandsznajder,
Fernando. II. Pacca, Helena. III. Título.

16-02047

CDD-574.07

Índices para catálogo sistemático:

1. Biologia : Ensino médio 574.07

APRESENTAÇÃO

A Biologia, como as demais Ciências da Natureza, está em toda parte. Enquanto você troca mensagens de texto com alguém, seu organismo inteiro trabalha de maneira integrada para que você se mantenha vivo, pense e mexa os dedos de forma sincronizada para escrever e enviar essas mensagens.

É por isso que podemos dizer que entender um pouco de Biologia é ampliar muito a compreensão que nós temos do mundo. A influência cada vez maior das ciências em nosso cotidiano exige que estejamos bem informados para acompanhar as descobertas científicas e as novas tecnologias, avaliando os impactos dessas novidades sobre nossa vida em sociedade. Nesse sentido, compreender aspectos da Biologia pode contribuir muito para a valorização da pluralidade que marca de forma positiva a sociedade nos dias de hoje.

Nesta coleção, apresentamos os conceitos fundamentais da Biologia, muitos dos quais relacionados às demais Ciências da Natureza, à nossa cultura e a outras áreas do conhecimento. Além de discutir conceitos básicos de Biologia e suas relações com outras ciências, os livros desta coleção incentivam uma postura investigativa e a vontade de crescer e de tornar-se um cidadão.

A leitura dos textos e boxes, a interpretação de imagens e gráficos, bem como a realização das atividades e pesquisas propostas, serão ferramentas essenciais para o seu desenvolvimento como estudante. Mas, acima de tudo, serão ferramentas para sua formação como cidadão em um mundo globalizado, em que sua participação é cada vez mais importante.

Os autores

Conheça seu livro

Os volumes desta coleção estão divididos em cinco unidades. Cada uma delas discute um grande tema dentro da Biologia. Para facilitar a leitura e a compreensão dos conceitos, usamos os recursos a seguir:



Visão geral da fotossíntese

As plantas e outros organismos fotosintetizam a rotosolantes para produzir açúcares. Um pouco de açúcar é usado para a planta, e outra parte pode ser usada na respiração produzindo energia para a planta crescer e manter suas funções.

Ao contrário de muitos acreditam, a respiração não é a única fonte de energia. Plantas e animais e a maioria dos organismos realizam

Vou saber como os celulas realizam fotossíntese?
Quais fatores influenciam esse processo?
O que é quimiossíntese? Quais os seres vivos que produzem matéria orgânica por meio desse processo?

História da ciência

Fotossíntese: o início das descobertas

O conhecimento sobre a fotossíntese foi se expandindo ao longo de vários séculos por meio de descobertas e experimentos.

No inicio do século XVII, pensava-se que as plantas absorviam o ar e o solo para crescerem sólo. Para testar essa hipótese, o médico belga Jean Baptiste van Helmont (1579-1646) cultivou uma árvore de jasmim em um vaso com 70 kg de terra. Mais tarde, constatou que o cálculo era errado: a massa da árvore havia aumentado para 85 kg, e o aumento do peso da planta se deve também ao gás carbônico do ar, que é transformado em açúcares pela fotossíntese.

Figura 51 Van Helmont e uma representação de seu experimento (os elementos da figura não estão na mesma escala, com exceção da árvore).

Muito se usou em vez de solo de terra seca.
5 sementes regadas à água.
Árvore com 70 kg de solo com 85 kg de terra seca.

História da ciência

Traz relatos que ajudam na compreensão da investigação científica, do cotidiano do cientista e do contexto social envolvido em algumas das descobertas relacionadas à Biologia.

Abertura da Unidade

Em cada Unidade é apresentado um breve texto de introdução que convida você a conhecer mais a respeito de um grande tema da Biologia.

Abertura do capítulo

Apresenta texto e imagens que contextualizam os assuntos tratados no capítulo.



Atividades

1. A partir do cladograma abaixo, respond:

Qual é o parente comum mais próximo do beneficiado E do espécie humano?

2. Classificar os objetos facilita o nosso cotidiano. Por exemplo, se os livros de uma biblioteca estiverem organizados por temas, é mais fácil encontrar outro conteúdo que mais facilmente encontrar aquele que procuramos. A classificação dos seres vivos, porém, vai além disso. Ela nos ajuda a entender melhor o mundo que nos cerca e a representar um fenômeno ocorrido ao longo da história evolutiva.

3. Vá a seguir os nomes comuns e os científicos de algumas artífios e espécies de percevejos:

- sapo-de-bariga vermella: *Metaphycus elongatus*
- sapo-de-argola-de-bariga-vermelha: *Melipona quadrifasciata*
- prevera: *Hydrangea macrophylla*
- prevera-verde: *Hydrangea anomala*
- clado: *Thomomisidae*
- Adelophryne mangunegarae: *Thomomisidae*, *Thomopea proteiformis*

4. (UFSC-ES) Considere os quatro tâxons a seguir relacionados:

1. *Symploctes oblongus*
2. *Symploctes dorsalis*
3. *Zelotrophus exasperans*
4. *Zelotrophus exasperans*

Em relação a elas, é correto afirmar que:

- Indivíduos da espécie 1 e 2 são de gêneros diferentes.
- há, entre os quatro tâxons, apenas duas espécies diferentes.
- os tâxons 1 e 2 são de gêneros diferentes, mas da mesma família.
- os tâxons 3 e 4 são de espécies diferentes, mas do mesmo gênero.
- os tâxons 1 e 2 são da mesma subespécie.

5. (UFPE-RS) Alguns artífios possuem venenos que têm ação tóxica contra outros artífios. Estudos desses artífios a partir de dessas espécies têm sido utilizados em pesquisas biomedicas por causa de suas propriedades tóxicas. Esses estudos permitem que o conhecimento das relações evolutivas dos artífios seja aplicado na escolha das espécies que devem ser utilizadas em pesquisas medicinais. As espécies *Physobius tenuis* e *Exoplectron heteropterus* possuem venenos que atingem o sistema nervoso central das espécies A e B e devem ser estudadas primeiros pelos cientistas na busca de artífios de interesse farmacológico. Ilustre:

spécie A

spécie B

6. (Enem) Pequenos esquemas estimam a seguinte perda de concentração de oxigênio (O_2) atmosférico ao longo da história evolutiva da Terra:

Gráfico 20

concentração de O_2 (%)

tempo (milhares de anos)

baseado em dados da Nasa

Atividades

Esta seção traz atividades de diversos formatos que vão ajudar você a estudar, verificando quais conceitos estão consolidados e quais precisam de mais atenção.

Biologia e sociedade

Cor da pele e diversidade

Sabemos que as diferenças na cor da pele das pessoas se devem a fatores genéticos e ambientais. A cor da pele humana é resultado de dezenas de genes que atuam na série de etapas envolvidas na produção de melanina, o pigmento que dá cor ao tecido da pele humana. Além disso, a exposição ao sol aumenta a produção desse pigmento, mudando o tom da pele (figura 14.50).

A figura mostra uma família de cinco pessoas: um homem adulto, uma mulher adulta, uma menina de 5 anos e dois meninos de 2 e 4 anos. Eles estão em uma paisagem com arbustos e flores. O homem tem uma pele escura, a mulher tem uma pele média, a menina tem uma pele clara, e os meninos têm uma pele intermediária entre a da mãe e a do pai.

Figura 14.50 Alguns dos fatores genéticos, ou fatores complementares, como fator imposto aos valores por tempo protegendo, influenciam nas cores da pele.

Mesmo que as possibilidades de tons de pele existentes no mundo sejam muitas, elas só são sempre identificadas localmente por seu centro de identificação de raça. Mais, como vimos, a classificação racial é uma classificação, ou seja, uma forma de racismo, a necessariamente divide a humanidade em grupos. Isso significa que existem pessoas que pertencem a uma mesma raça em uma das populações ou, pelo menos, muito mais frequentes em uma delas, do que em outra. No entanto, é importante lembrar que, ao longo da história, a constituição genética de todos os indivíduos é sempre a mesma, e sempre uma mesma proporção de genes que se manifestam ligados à aparência física (a cor da pele, etc.). São, portanto, pertinente, a identificação biológica para a classificação de sociedade em raças.

O conceito de raça é uma categoria social que não tem base científica, mas é usado para produzir discursos que preveem toda sociedade. A exploração de povos africanos pelos europeus (e, mais tarde, em outras regiões) e a negação de direitos civis (e, mais tarde, econômicos) a negros americanos são exemplos claros em que o conceito de raça foi usado por um grupo para dominar outro.

A figura mostra uma sala de beleza tradicional africana. Há uma bancada com espelhos e cadeiras. Três mulheres estão sentadas: uma está fazendo a maquiagem de outra, e a terceira observa. Elas são de diferentes etnias e têm peles de tons variados. À direita, há uma menina sentada em uma cadeira, esperando sua vez. A atmosfera é de uma comunidade familiar.

Figura 14.51 Racismo em um salão de beleza tradicional da África em versões contemporâneas.

No Brasil, a lei 7716/89 (decreto de 1989) proíbe, para crimes resultantes de discriminação ou preconceito de "raça, etnia, religião, crença, origem ou nacionalidade", a prática de discriminação, como em relação à orientação sexual e à identidade de gênero também elevam a vulnerabilidade das pessoas. Assim, a raça e a sociedade promovem o convívio com as diferenças, e a raça é um instrumento de exclusão e opção. A compreensão entre os individuos é fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade que possa combater a violência grande para além da interlocação.

Foto de arquivos
Aqui, uma foto de uma sala de beleza tradicional da África, com três mulheres sentadas e uma menina esperando. A foto é usada para ilustrar o racismo em versões contemporâneas, mostrando que mesmo em contextos tradicionais, a discriminação pode ocorrer.

Fonte: de preguiça.com.br. Acesso em: 10 de setembro de 2023.
Aqui, uma foto de uma sala de beleza tradicional da África, com três mulheres sentadas e uma menina esperando. A foto é usada para ilustrar o racismo em versões contemporâneas, mostrando que mesmo em contextos tradicionais, a discriminação pode ocorrer.

120

Matemática

<p>14. Enunciado A adrenalina é liberada nas artéria, bloqueando a ação natural de um componente químico associado a sono e adormecimento. A ação natural de que substância é associada ao sono e adormecimento? Nós entramos, ela não diminui a intensidade da dor, mas aumenta a sensibilidade à dor, o que pode levar ao óbito devido à elevação por causa do nível de adormecimento, as artéria aumentam sua atividade, fazendo com que a pessoa fique mais sensível ao estímulo doloroso e contrário, vez vez que a certeza bloqueia a capacidade das artéria de relaxar. A liberação de adrenalina é liberada a adormecimento, aumenta a excitação das ressonâncias, induzindo a hiperfusão a liberar homônimos que geram a sensação de sono e adormecimento de forma natural, considerado o horizonte da alerta.</p>	<p>Infere-se do texto que o objetivo da ação do café em alguns medicamentos contra o dor é decair o cérebro. A pessoa sangrando do cérebro, diminuindo a compressão sobre as terminações nervosas.</p> <p>b) <i>anorexiantes e produção de adrenalina, proporcionando uma sensação de alerta;</i></p> <p>c) <i>alimentar os níveis de adrenalina, aumentando a atividade das artéria sanguíneas do cérebro;</i></p> <p>d) <i>induzir a hiperfusão a liberar homônimos, estimulando a sensação de alerta;</i></p> <p>e) <i>reduzir os níveis de adrenalina, retardando a transmissão de impulsos nervosos.</i></p>
 Anexo 2, página 22, item 14 (adaptado)	 Anexo 2, página 22, item 14 (adaptado)

Trabalho em equipe

Em grupo, escutarem um dos temas abaixo para pesquisar e apresentar à turma, no intervalo, etc. Depois, exporão o resultado do trabalho para a classe e para a comunidade escolar (pais/mães, professores, funcionários, etc.). O resultado da sua pesquisa será apresentado em forma de exposição, com cartazes, exibição de teatro, campanha publicitária, vídeos, etc.

O tema deve ser escolhido entre os propostos em cronaca e bônus, medidas preventivas contra a poluição do ar, poluição sonora, poluição em casas e dormitórios, medidas de higiene pessoal para prevenir a doença de sífilis (essas informações podem ser obtidas na internet ou em livros da biblioteca ou entretenimento com profissionais de saúde). Proposta de campanha para conscientizar a população para causada por diabetes no Brasil e no mundo e quem deve ser beneficiado com a campanha. E-mail, com o auxílio dos professores de Geografia e Sociologia, avaliará e passará informações de fatos sociogeográficos que servirão de base para a campanha para conscientizar a população sobre a importância das ciências para viver e permanecer com saúde e bem-estar.

A campanha poderá ter três tipos certificados, dados e outros recursos (frases de alerta, letras de músicas, fotos, vídeos, etc.). Se possível, convide os pais para a apresentação da campanha e para falar à comunidade escolar sobre esse tema.

As campanhas devem ser elaboradas de forma criativa, feitas com amor em casa, em empresas, em escolas, em organizações, em comunidades. Daí, pesquisam material de economia aquela em que se encontra a maior parte da poluição, para depois fazer uma campanha contra o desperdício de Água. A campanha poderá ser feita com cartazes, folhetos e outras formas de divulgação.

As campanhas devem ser apresentadas a classe, principais propriedades físicas e químicas da água, indicando as causas de poluição da água, efeitos da poluição da água na terra, Usam frases e modelos expositivos para explicar de forma sucinta as características da água, efeitos da poluição da água, e outras questões para os professores de Física e de Química.



Foto: Reprodução/Internet

Vocês podem usar um aparelho de telefone celular para tirar fotos ou vídeos e montar uma campanha de conscientização sobre o uso racional da água.

Projeto Trabalho em Equipe

O projeto Trabalho em equipe permite não apenas que você pesquise e aprenda, como também trabalha a comunicação, a cooperação, a organização, a resolução de problemas, a tomada de decisão, a argumentação, a escrita, a leitura, a escuta, a expressão, a interpretação, a análise, a síntese e outras habilidades e competências. Através deles é possível analisar e tomar decisões sobre o que é necessário para a realização de um projeto de trabalho em equipe.

Biologia e...

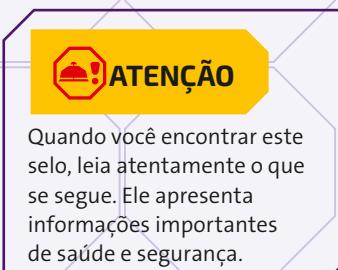
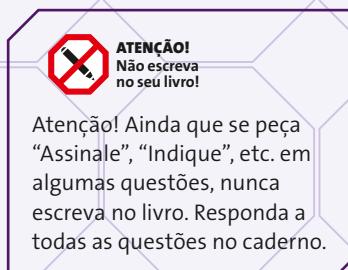
São diversos boxes que buscam relacionar os conceitos científicos tratados no capítulo com fenômenos do cotidiano, a vida em sociedade e temas atuais das áreas de tecnologia, saúde e meio ambiente. Alguns desses boxes fazem ainda relações entre Biologia e outras disciplinas, como Química e História.

Atividades práticas

Contém sugestões de procedimentos laboratoriais que simulam observações ou experimentos científicos. As atividades são instigantes, acessíveis e seguras, mas devem ser realizadas sempre sob supervisão do professor ou de outro adulto.

Processos evolutivos

Os conteúdos destes boxes enfatizam algumas das principais evidências dos processos evolutivos que resultaram na biodiversidade que observamos atualmente. Para compreender a Biologia, é fundamental entender os processos evolutivos.



Sumário

Unidade 1: Uma visão geral da Biologia

CAPÍTULO 1

O fenômeno da vida	11
1 De que são feitos os seres vivos?	12
2 Organização da vida	13
3 Transformações da matéria e da energia	16
4 Reação e equilíbrio	17
5 Reprodução e hereditariedade	18
6 Evolução	20
Atividades	23

CAPÍTULO 2

Como o cientista estuda a natureza	25
1 A investigação científica	26
2 Leis e teorias	28
3 Os limites da ciência	29
Atividades	30

Unidade 2: A química da vida

CAPÍTULO 3

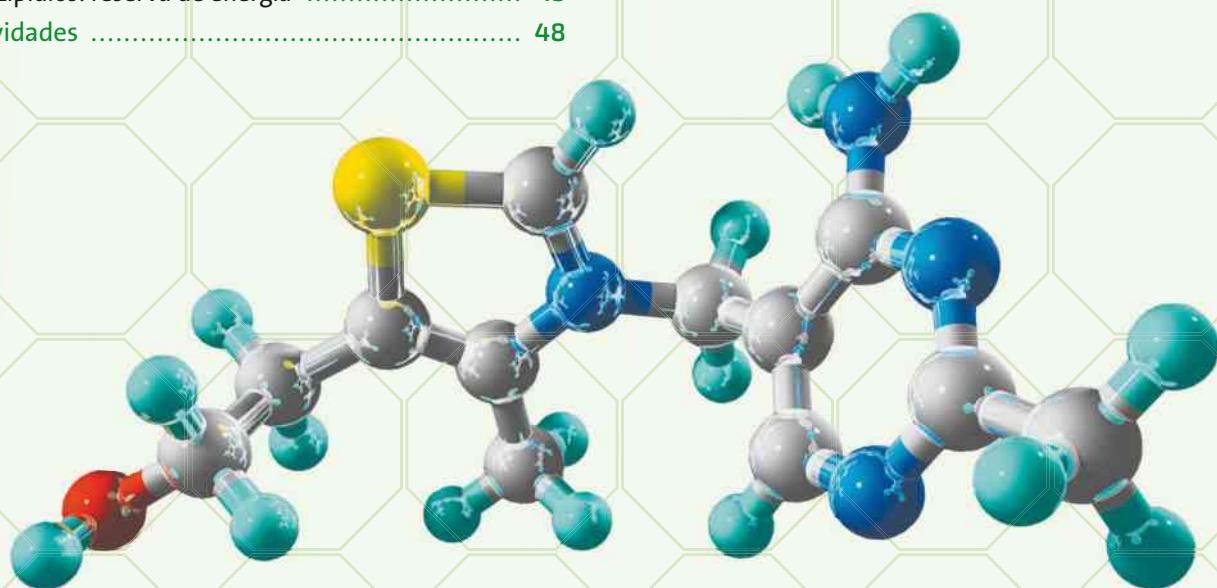
A água e os sais minerais	33
1 Água	34
2 Sais minerais	37
Atividades	38

CAPÍTULO 5

Proteínas e vitaminas	51
1 As funções das proteínas	52
2 Promovendo reações químicas: enzimas	57
3 Características gerais das vitaminas	60
Atividades	63

CAPÍTULO 4

Carboidratos e lipídios	41
1 Carboidratos	42
2 Lipídios: reserva de energia	45
Atividades	48



Laguna Design/SPL/Alamy Stock

Unidade 3: célula: unidade da vida

CAPÍTULO 6

Uma visão geral da célula	67
1 A invenção do microscópio e a descoberta da célula	68
2 O estudo da célula	69
3 Células procariotas e eucariotas	72
4 O caso dos vírus	74
Atividades	74

CAPÍTULO 7

Membrana plasmática e citoplasma	77
1 A estrutura da membrana plasmática	78
2 Como as substâncias atravessam a membrana	79
3 Envoltórios e especializações da membrana	85
4 Citoplasma	87
Atividades	95

CAPÍTULO 8

Respiração celular e fermentação	99
1 Aspectos gerais da respiração aeróbia	100
2 Etapas da respiração aeróbia	101
3 Fermentação	103
4 Respiração anaeróbia	105
Atividades	106

CAPÍTULO 9

Fotossíntese e quimiossíntese	109
1 Visão geral da fotossíntese	110
2 Etapas da fotossíntese	112
3 Velocidade da fotossíntese	113
4 Quimiossíntese	114
Atividades	115

CAPÍTULO 10

Núcleo, ácidos nucleicos e clonagem	119
1 Componentes do núcleo	120
2 Estrutura dos ácidos nucleicos	120
3 Síntese de proteínas	123
4 Mutações	128
5 Clonagem	129
Atividades	132

CAPÍTULO 11

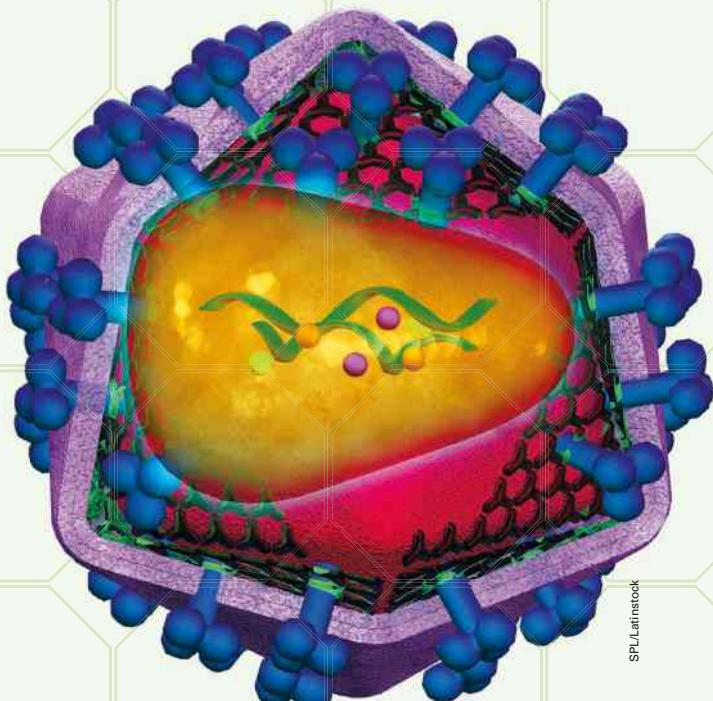
Cromatina, cromossomos e a divisão celular	135
1 Cromatina	136
2 Cromossomos	137
3 Divisão celular: visão geral	140
4 Mitose	141
5 Meiose	143
6 Alterações cromossômicas	147
Atividades	151



Unidade 4: Reprodução, desenvolvimento e tecidos

CAPÍTULO 12

Reprodução	155
1 Reprodução assexuada	156
2 Reprodução sexuada	157
3 Reprodução humana	164
4 Métodos anticoncepcionais	172
5 Doenças sexualmente transmissíveis	176
Atividades	181



CAPÍTULO 13

Desenvolvimento embrionário dos animais	185
1 Tipos de ovos e de segmentação	186
2 Tipos de desenvolvimento	188
3 Local de desenvolvimento	190
4 Folhetos embrionários	190
5 Anexos embrionários	193
6 Desenvolvimento embrionário humano	196
7 Células-tronco	200
Atividades	202

CAPÍTULO 14

Tecido epitelial	205
1 Características gerais	206
2 Epitélio de revestimento	207
3 Epitélio de secreção: glândulas	210
Atividades	213

CAPÍTULO 15

Tecidos conjuntivos	215
1 Características gerais	216
2 Tecido conjuntivo propriamente dito	216
3 Tecido conjuntivo adiposo	218
4 Tecido conjuntivo cartilaginoso	219
5 Tecido conjuntivo ósseo	220
Atividades	222

CAPÍTULO 16

Sangue, linfa e sistema imunitário	225
1 Tecido hematopoético	226
2 Sangue	227
3 Sistema imunitário	233
Atividades	236

CAPÍTULO 17

Tecido muscular	239
1 Tipos de tecido muscular	240
2 Contração muscular	243
Atividades	245

CAPÍTULO 18

Tecido nervoso	247
1 Neurônio	248
2 Impulso nervoso	250
3 Passagem do impulso entre neurônios	253
4 Arcos reflexos	255
Atividades	256

Unidade 5: origem e história da vida

CAPÍTULO 19

Teorias sobre a origem da vida	261
1 Teoria da geração espontânea e biogênese	262
2 Teoria de Oparin e Haldane	264
3 As primeiras células	266
4 Reinos e domínios	270
5 Outras teorias sobre a origem da vida	271
Atividades	272

CAPÍTULO 20

História da vida	275
1 Breve história da Terra	276
2 Classificação dos seres vivos	278
3 Vida na Terra	280
Atividades	284
Respostas das questões de múltipla escolha ...	286
Sugestões de leitura para o aluno	287
Bibliografia	288



Roger Harris/SPL/Alamy Stock

Uma visão geral da Biologia

A Biologia é a ciência que estuda os seres vivos e suas interações entre si e com o meio ambiente.

Com essa ciência, descobrimos explicações para uma série de fenômenos, compreendemos melhor o que está acontecendo no mundo e podemos participar, de forma esclarecida, de decisões que afetam a todos.

Decidir sobre questões que envolvem a destruição dos ecossistemas, o aquecimento global, a perda da biodiversidade, o destino do lixo ou os alimentos transgênicos, por exemplo, exige um conhecimento básico de Biologia. Esse conhecimento também nos torna aptos a tomar decisões que podem melhorar nossa saúde, como iniciar a prática de atividades físicas e ter uma alimentação equilibrada.

Nesta Unidade você vai ter uma visão geral do que a Biologia estuda, das características dos seres vivos e de como os cientistas trabalham.

o O fenômeno da vida

Tui De Roy/Getty Images



Olinguito (cerca de 40 cm de comprimento, fora a cauda) fotografado na Reserva Bellavista, Equador.

Os cientistas não sabem exatamente quantas espécies de seres vivos existem no planeta. Com o desenvolvimento de novas pesquisas, espécies continuam sendo descobertas. Em 2013, por exemplo, foi descoberto o olinguito (*Bassaricyon neblina*), a primeira espécie de mamífero carnívoro descrita nos últimos 35 anos. Apesar da enorme diversidade de organismos que existem, todos possuem propriedades em comum. Em conjunto, essas propriedades nos ajudam a identificá-los como seres vivos.



- ◆ Você sabe quais são as principais características de um organismo vivo?
- ◆ Como os seres vivos crescem e se multiplicam?
- ◆ Como você explicaria a existência de organismos tão diferentes uns dos outros?

1 De que são feitos os seres vivos?

Para responder a essa pergunta, é importante saber um pouco de Química. Essa é a ciência que estuda, entre outras coisas, a composição, a estrutura e as propriedades da matéria.

Toda matéria é feita de **átomos**. Se representarmos o átomo como uma pequena esfera, seu diâmetro será, em média, 10 milhões de vezes menor que 1 milímetro.

De acordo com um dos modelos de átomo que usamos comumente, no centro (ou núcleo) de um átomo há partículas com carga elétrica positiva, chamadas **prótons**; e partículas sem carga elétrica, conhecidas como **nêutrons**. Ao redor dessa região central, estão os **elétrons**, que apresentam carga elétrica negativa. Como a quantidade de prótons é

igual à de elétrons, o átomo é eletricamente neutro (**figura 1.1**).

A principal diferença entre os átomos está no **número atômico**, que é o número de prótons presentes no núcleo. Esse número atômico (Z) identifica cada tipo de átomo. Assim, todos os átomos de hidrogênio têm um próton em seu núcleo (número atômico 1); todos os átomos de carbono têm seis prótons em seu núcleo (número atômico 6); e assim por diante.

Os átomos podem se ligar uns aos outros, formando **moléculas**. Você já deve conhecer, por exemplo, a fórmula molecular da água: H_2O . Essa representação significa que cada molécula da água é formada por dois átomos de hidrogênio ligados a um átomo de oxigênio. Em 1 grama da substância água há 30 sextilhões ($3 \cdot 10^{22}$) dessas moléculas. A força que mantém os átomos unidos é chamada **ligação química** (**figura 1.2**). Ao longo do estudo da Química, você vai saber mais sobre átomos, moléculas e ligações químicas.

Luis Moura/Arquivo da editora

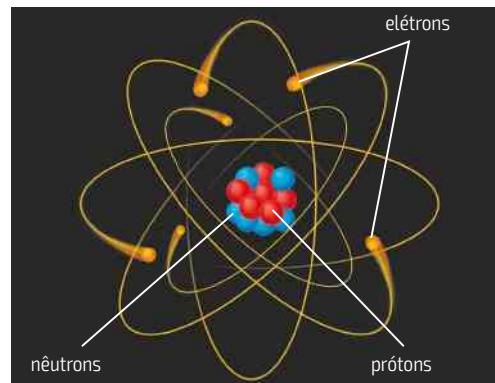
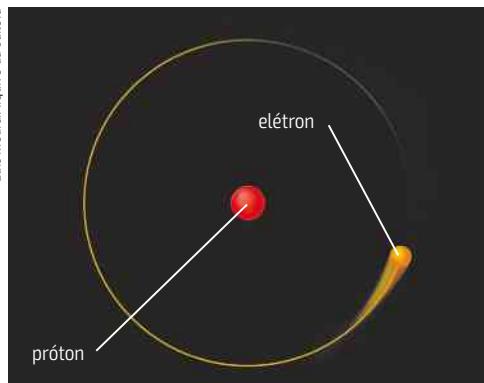


Figura 1.1 Representação esquemática de modelos de átomos de hidrogênio (à esquerda) e de carbono (à direita). As cores que você vê na figura não correspondem às reais: trata-se de um recurso didático que facilita a compreensão de esquemas. O uso dessas cores é indicado nesta obra pela expressão “cores fantasia”.

Luis Moura/Arquivo da editora

	Modelos espaciais	Fórmula estrutural	Fórmula molecular
Água			H_2O
Gás carbônico		$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	CO_2
Gás oxigênio		$\text{O}=\text{O}$	O_2

Figura 1.2 Fórmulas e modelos de moléculas da água, do gás carbônico e do gás oxigênio. O átomo de carbono está representado por uma esfera azul; de oxigênio, por esferas vermelhas; de hidrogênio, por esferas verdes. Os modelos espaciais mostram a posição relativa dos átomos no espaço, e os traços, nos chamados modelos com pinos, indicam as ligações entre os átomos. Na fórmula estrutural, os traços indicam as ligações químicas entre os átomos. A fórmula molecular indica apenas o número de cada átomo por molécula (os modelos não estão na mesma escala; cores fantasia).

As substâncias orgânicas

Medindo apenas alguns milésimos de milímetro, uma bactéria é um ser vivo muito pequeno formado de apenas uma célula (**figura 1.3**) e por isso não é possível vê-la a olho nu. Para enxergar as células, é necessário o uso de **microscópios** (do grego *mikrós* = pequeno; *skopeo* = examinar), aparelhos capazes de formar uma imagem ampliada dos objetos.

Para você ter uma ideia, um grão de areia mede entre 0,25 mm e 0,5 mm, bem maior, portanto, que uma bactéria. Mesmo assim, apesar de seu tamanho reduzido, uma bactéria é muito mais complexa que um grão de areia. Vamos descobrir por quê.

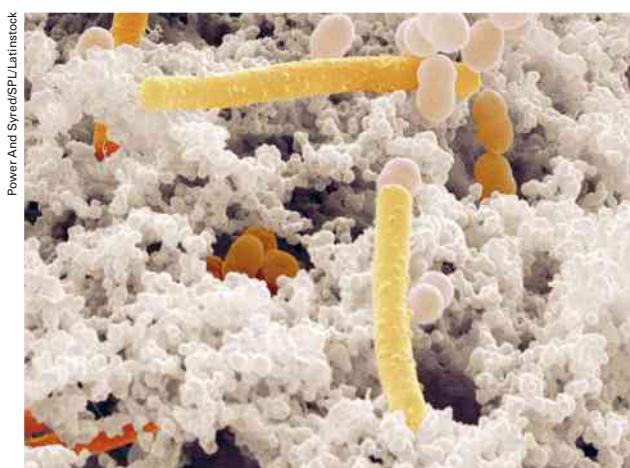
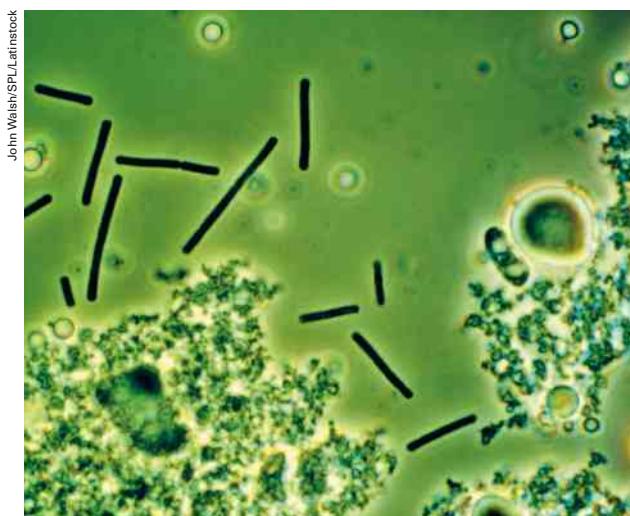


Figura 1.3 *Lactobacillus bulgaricus*, espécie de bactéria que transforma o leite em iogurte. Cada bactéria tem a forma de um bastão que mede cerca de 1 centésimo de milímetro. Na primeira foto, obtida com microscópio de luz ou óptico, o aumento é de cerca de 400 vezes. Na segunda, obtida por microscopia eletrônica, a ampliação é de mais de 4 mil vezes. As imagens provenientes de microscópio eletrônico são frequentemente coloridas por computador, como no caso da segunda foto: a parte branca é o iogurte e os bastonetes amarelos são as bactérias.

Na matéria bruta, como na areia, os átomos estão agrupados em compostos relativamente simples, formando as **substâncias inorgânicas** (também chamadas substâncias minerais), como a água, vários sais e gases e os cristais de rocha. Nos seres vivos, além de substâncias inorgânicas, há **substâncias orgânicas** (**figura 1.4**), formadas por átomos de carbono que se unem entre si podendo constituir longas cadeias. Átomos de hidrogênio, de oxigênio e de nitrogênio, entre outros, podem estar ligados a essas cadeias. A expressão “substância orgânica” foi criada em uma época em que se pensava que essas substâncias só poderiam ser produzidas por organismos vivos. Hoje, inúmeras substâncias orgânicas são fabricadas em laboratório.

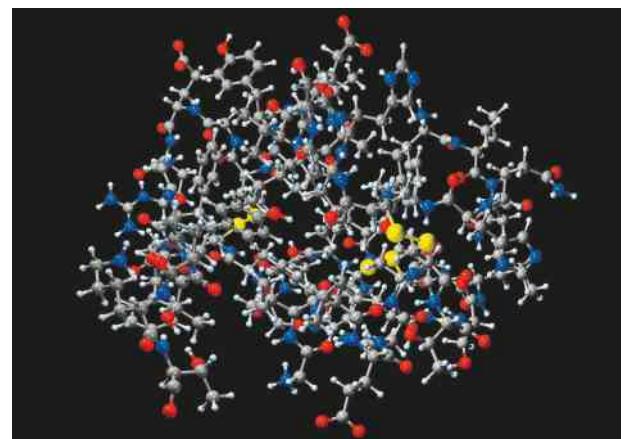


Figura 1.4 Modelo espacial da insulina, hormônio que controla a taxa de açúcar no sangue, com um total de 777 átomos (carbono, representado na cor cinza; hidrogênio, em branco; oxigênio, em vermelho; nitrogênio, em azul; enxofre, em amarelo; estão representadas também as ligações entre os átomos). A fórmula molecular da insulina é $C_{254}H_{377}N_{65}O_{75}S_6$. Os índices indicam quantos átomos de cada elemento existem na molécula.

2 Organização da vida

Além de toda a sua complexidade química, os seres vivos têm um nível de organização muito maior do que aquele encontrado na matéria bruta. Essa matéria é constituída por átomos que se reúnem formando moléculas e, às vezes, cristais. Nos seres vivos, a organização vai muito além do nível molecular: uma enorme quantidade de moléculas inorgânicas e orgânicas interage, formando a **célula**. Conhecida como unidade fundamental dos seres vivos, essa estrutura é capaz, por exemplo, de se nutrir, crescer e se reproduzir. A célula, como vimos no caso da bactéria, só pode ser vista ao microscópio.

As bactérias, os protozoários (como as amebas) e alguns outros tipos de seres vivos são formados por uma única célula. Esses organismos são conhecidos como **unicelulares**. Mas a maioria dos seres vivos é composta de muitas células. Esses são os organismos **pluricelulares**, como os animais. O nosso corpo, por exemplo, contém cerca de 60 trilhões de células (figura 1.5).

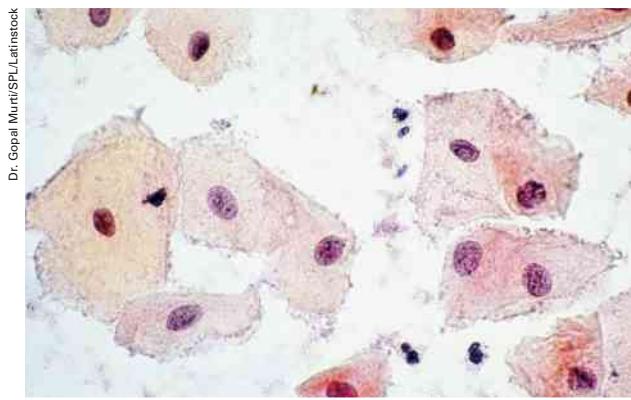


Figura 1.5 Células humanas da parte interna da boca vistas ao microscópio de luz ou óptico (aumento de cerca de mil vezes). O uso de corantes possibilita ver diferentes estruturas. As células aparecem em diferentes formatos com coloração avermelhada; as esferas mais escuras são seus núcleos.

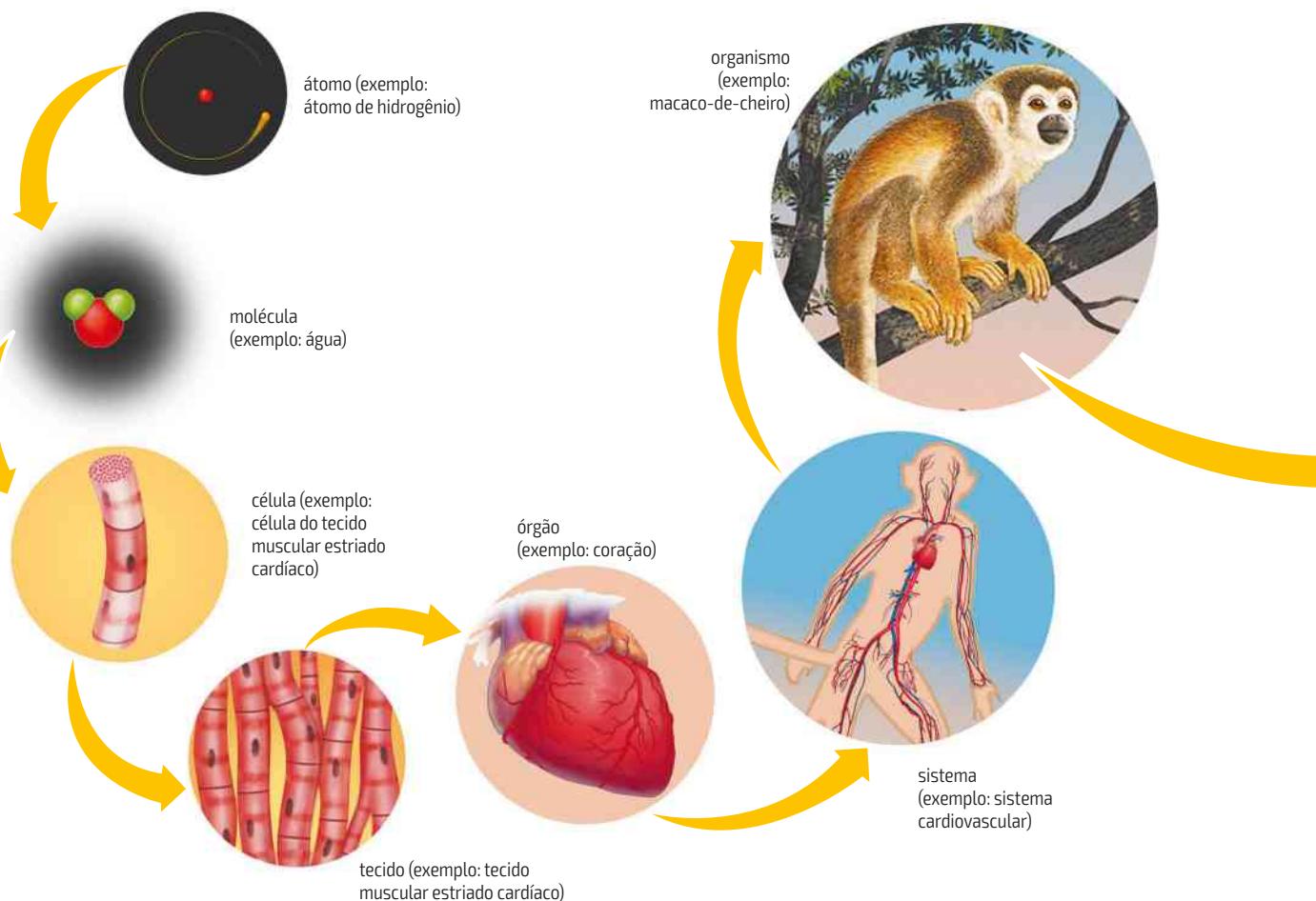
Ilustrações: Osvaldo Sequentin e Luis Moura/Arquivo da editora

Trabalho em conjunto

Você já pensou na construção de uma casa? Imagine como seria pensar e construir todos os detalhes sozinho. Parece quase impossível, não é? Seria muito mais fácil enfrentar essa empreitada com a ajuda de uma ou mais pessoas. Em nosso corpo acontece algo semelhante: todas as suas partes trabalham em conjunto e mantêm o organismo funcionando de maneira equilibrada.

Conseguimos movimentar nosso corpo, por exemplo, para levantar um peso, porque nossos braços são formados de músculos com muitas células capazes de se contrair de forma organizada, na mesma direção.

Em nosso corpo, como na maioria dos organismos pluricelulares, as células se reúnem em grupos e formam um **tecido**. No exemplo citado, temos o tecido muscular. Do mesmo modo, você pode perceber que uma única célula não seria capaz de proteger ou revestir toda a superfície do seu corpo. Para isso são necessárias muitas células, formando uma camada protetora. As células que recobrem nosso corpo constituem a epiderme, um tipo de tecido epitelial.



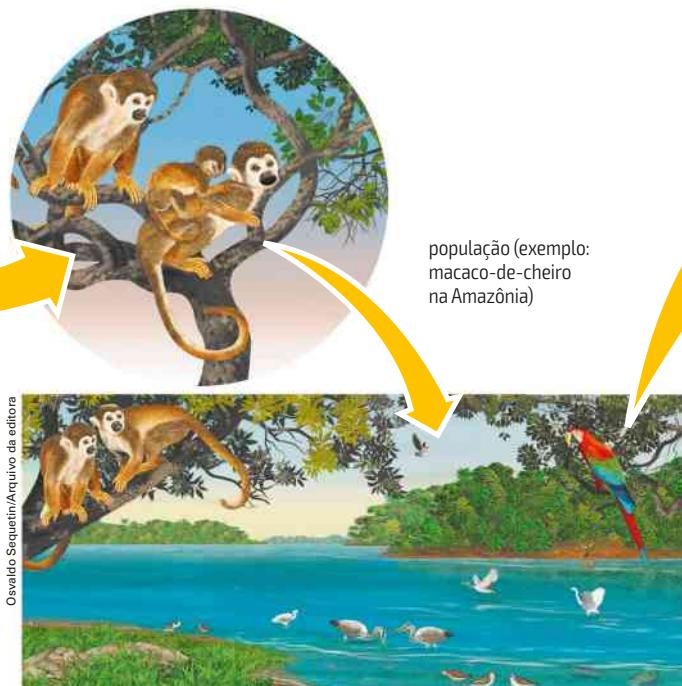
Os tecidos podem se reunir formando **órgãos**, que se organizam em **sistemas** (figura 1.6). Assim, o encéfalo, a medula espinal e os nervos formam o sistema nervoso, responsável pela coordenação entre diferentes partes do corpo e pela integração do organismo com o ambiente. Do mesmo modo, o sistema digestório é formado por um conjunto de órgãos ligados à nutrição.

O conjunto de sistemas forma um **organismo**. O corpo humano, por exemplo, é formado, entre outros, pelos sistemas nervoso, digestório (ou digestivo), respiratório, cardiovascular (ou circulatório), urinário, genital, muscular e esquelético.

A organização dos seres vivos não termina com a formação de um organismo. Se considerarmos todo o sistema de vida no planeta, poderemos perceber graus ainda mais complexos de organização. Sabemos que os seres vivos interagem com outros seres e com o ambiente. Assim, indivíduos da mesma espécie agrupam-se em determinada região, formando uma **população**. O conjunto de macacos-de-cheiro da Amazônia forma uma população desses macacos, por exemplo.

Fique de olho!

De acordo com a terminologia proposta para a unificação do vocabulário em Ciências da Saúde, sistema digestivo, por exemplo, passa a ser chamado sistema digestório. Neste livro, ao lado da denominação atual, vamos apresentar a terminologia tradicional entre parênteses.



Comunidade (exemplo: todos os seres vivos da floresta) e ecossistema (os seres vivos e o ambiente físico, como umidade, temperatura, etc.).

Uma população mantém relações com populações de outras espécies que habitam o mesmo local, formando uma **comunidade**. Uma comunidade pode ser representada pelo conjunto de todas as espécies que habitam determinado ambiente, como uma floresta ou uma lagoa.

A comunidade influí nos fatores físicos e químicos do ambiente em que se encontra – como a chuva e a temperatura –, e esses fatores também influem na comunidade. Desse modo, forma-se um conjunto – constituído por seres vivos e fatores físicos e químicos – chamado **ecossistema** (do grego *oikos* = casa, ambiente; *systema* = reunião, grupo). Reveja a figura 1.6. Esse nível de organização pode ser exemplificado por uma floresta inteira, incluindo os seres vivos, o tipo de solo, de clima, a quantidade de água, etc.

A reunião de todos os ecossistemas do planeta forma a **biosfera** (do grego *bios* = vida; *sphaîra* = esfera, globo), ou seja, o conjunto de todas as regiões da Terra habitadas por seres vivos.

biosfera (parte habitada da Terra; ilustração elaborada com base em imagens de satélite)



Figura 1.6 Representação simplificada dos diferentes níveis de organização da matéria. De um nível para outro, a complexidade e a organização aumentam. Quando utilizamos uma figura esquemática para explicar algo, é comum que seus elementos sejam representados de tamanhos diferentes e, muitas vezes, desproporcionais. Para nos referir a esse recurso, dizemos que os elementos da figura não estão na mesma escala. Lembre-se de que as células são microscópicas. Foram usadas também cores fantasia.

3 Transformações da matéria e da energia

Na falta de energia elétrica, é muito comum as pessoas acenderem velas. Se você já fez isso, deve ter reparado que a vela vai sendo consumida aos poucos. O que acontece com ela? Quando a parafina, substância que compõe a vela, queima, ela se transforma em novas substâncias, como gás carbônico e vapor de água. Quando uma substância se transforma em outra, dizemos que ocorre uma **reação química**. Existem vários tipos de reações e elas são estudadas em mais detalhes pela Química.

Durante algumas transformações químicas, pode ocorrer a liberação de energia. No exemplo da vela, a energia química da parafina é transformada em energia luminosa. É exatamente por isso que acendemos velas quando há falta de energia elétrica. Mas devemos ter cuidado, pois a queima da parafina também libera energia na forma de **calor**.

No estudo da Física, aprendemos que o calor é a quantidade de energia térmica que passa de um corpo para outro em razão de uma diferença de temperatura entre eles. O calor passa sempre, espontaneamente, do corpo com maior temperatura para o corpo com menor temperatura, até que os corpos fiquem com a mesma temperatura.

É importante compreender como funcionam as reações químicas porque é por meio delas que substâncias retiradas do ambiente se transformam em outras substâncias presentes no organismo.

Estamos falando da **nutrição**. Esse processo garante ao ser vivo a multiplicação de células no interior do corpo durante o período de crescimento e também a reconstrução das partes desgastadas. Além de matéria, os alimentos fornecem a energia necessária para a realização de nossas atividades diárias.

Quais são as principais fontes de energia que utilizamos em nossa alimentação? Várias moléculas orgânicas de alimento podem ser utilizadas como fonte de energia; a principal substância para esse fim é um tipo de açúcar conhecido como **glicose**. Se você está habituado a ler rótulos de alimentos industrializados, certamente já conhece esses termos. Mas o que chamamos popularmente de açúcar geralmente é sacarose, produzida no Brasil principalmente a partir da cana-de-açúcar.

A maioria dos seres vivos obtém energia por meio de uma reação química entre a glicose ($C_6H_{12}O_6$) e o gás oxigênio do ar (O_2). Essa reação tem como

produtos o gás carbônico (CO_2) e a água (H_2O). Nesse processo, chamado **respiração celular aerobia** (do grego *aér* = ar; *bios* = vida), a molécula de glicose é decomposta, liberando energia (figura 1.7).

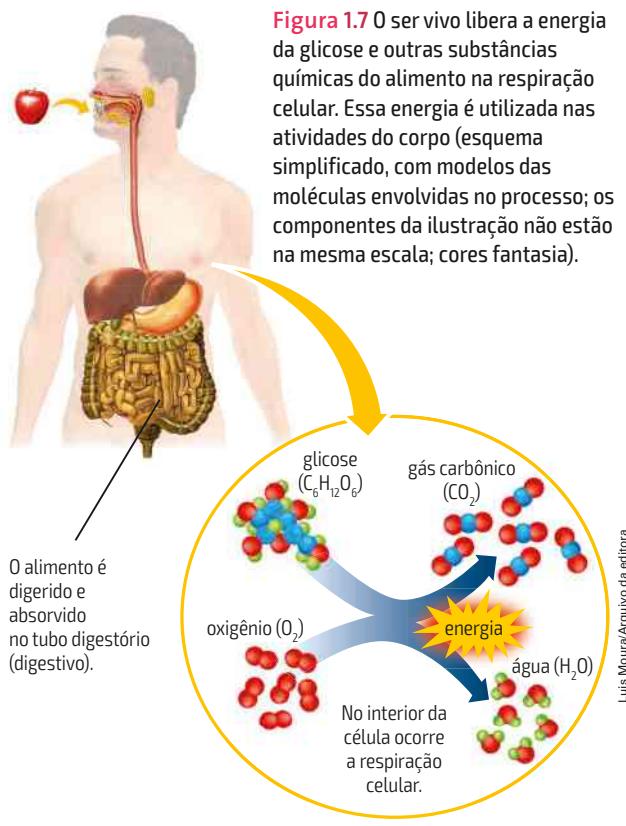
A energia dessa reação é utilizada em todas as atividades do organismo: movimento, construção de grandes moléculas orgânicas durante o processo de crescimento ou de reconstrução do corpo; transmissão de impulsos nervosos; etc.

Podemos dizer que, a todo momento, dois processos ocorrem no organismo: a construção de moléculas e a degradação de substâncias mais complexas em outras mais simples. Veja a seguir mais detalhes sobre esses processos.

- construção de moléculas formadoras de partes das células a partir de substâncias mais simples – esse processo é chamado **anabolismo** (do grego *aná* = para cima; *bollein* = projetar) e engloba as transformações de síntese ou construção;
- degradação (quebra) de substâncias mais complexas em outras mais simples, com liberação de energia – processo denominado **catabolismo** (do grego *kata* = para baixo; *bollein* = projetar), ele engloba as transformações de decomposição.

O conjunto de todas as transformações químicas do organismo é chamado **metabolismo** (do grego *metabolé* = transformar).

Figura 1.7 O ser vivo libera a energia da glicose e outras substâncias químicas do alimento na respiração celular. Essa energia é utilizada nas atividades do corpo (esquema simplificado, com modelos das moléculas envolvidas no processo; os componentes da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



Nutrição autotrófica e heterotrófica

Algumas pessoas acham que não se pode dormir com plantas no quarto. Segundo essas pessoas, à noite as plantas respiram e roubam o oxigênio das pessoas que estão no quarto. Você já ouviu alguém dizer isso?

É verdade que as plantas respiram à noite. Mas, assim como nós, elas respiram o tempo todo, e não só à noite. Durante a respiração, uma planta consome, em média, vinte vezes menos oxigênio do que uma pessoa consumiria. Além da respiração, as plantas também realizam um processo que produz alimento. Ou seja, elas apresentam nutrição **autotrófica** (do grego *autós* = si próprio; *trophé* = nutrição). Por outro lado, nós e os outros animais precisamos obter o nosso alimento, já pronto, do ambiente. Nossa nutrição é chamada **heterotrófica** (do grego *hétero* = diferente; *trophé* = nutrição).

Na nutrição autotrófica, realizada apenas pelas plantas, pelas algas e por certas bactérias, o organismo é capaz de produzir a glicose a partir de substâncias inorgânicas que retira do ambiente, como gás carbônico, água e sais minerais. As plantas fazem isso por meio de um processo denominado **fotossíntese** (do grego *photos* = luz; *synthesis* = composição). Elas usam a energia luminosa do Sol, que é absorvida pela clorofila, produzindo glicose e liberando oxigênio na atmosfera (figura 1.8). A partir dos açúcares e de outros compostos, os seres autotróficos produzem novas substâncias orgânicas.

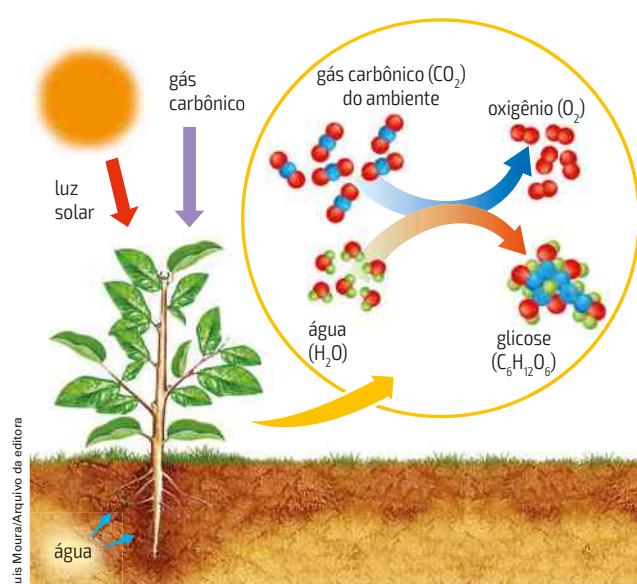


Figura 1.8 Na fotossíntese, a planta fabrica açúcar usando gás carbônico, água e energia da luz solar. Acima, um esquema simplificado, com modelos das moléculas envolvidas no processo (os componentes da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Os animais, os protozoários, os fungos e a maioria das bactérias não fazem fotossíntese. Esses seres precisam ingerir moléculas orgânicas prontas: é a nutrição heterotrófica.

Você pode perceber, portanto, que para entender processos como a fotossíntese e a respiração é necessário um conhecimento básico de Química. Mais adiante você vai estudar esses processos com mais detalhes.

4 Reação e equilíbrio

Diferentemente da matéria bruta, todos os seres vivos possuem **irritabilidade**, ou seja, são capazes de reagir a estímulos e modificações do ambiente.

No caso dos vegetais, essas reações costumam ser mais lentas que nos animais, manifestando-se, por exemplo, pelo crescimento do caule em direção à luz ou pelo crescimento das raízes em direção ao solo, como veremos no Volume 2.

Em algumas plantas, como a sensitiva (também conhecida como dormideira), a reação pode ser mais rápida: o simples contato com um animal ou um vento mais forte provoca o fechamento de seus folíolos em poucos segundos. Como você imagina que esse movimento acontece?

Os folíolos ficam abertos porque sua base é cheia de água, que faz pressão sobre o tecido da folha. Quando essa pressão diminui, em resposta a um estímulo de toque, ocorre o fechamento dos folíolos (figura 1.9).



Figura 1.9 Sensitiva (*Mimosa pudica*) antes e depois de ser tocada. (A altura da planta varia de 15 cm a 45 cm.)

Apesar das transformações do metabolismo, o ser vivo se mantém em equilíbrio, isto é, ele não modifica muito sua composição química e suas características físicas. Essa propriedade do ser vivo de manter relativamente constante o interior de seu organismo (seu meio interno) é chamada de **homeostase** (do grego *homoios* = o mesmo; *stásis* = parada).

Um exemplo de homeostase é a manutenção da quantidade de líquido presente em nosso corpo. Você já percebeu que em dias frios nós costuramos urinar mais?

Em dias frios transpiramos menos, o que diminui o volume de água eliminado pelo corpo. Assim, a maior produção de urina é uma forma de equilibrar a quantidade de água do corpo.

A reabsorção de água pelo sistema urinário é controlada por um hormônio. Quando, por exemplo, suamos muito e demoramos para repor a água perdida, esse hormônio entra em ação, facilitando a reabsorção de água e evitando a desidratação.

A homeostase é importante para a manutenção da vida. Se o nosso ambiente interno mudar muito, ficando, por exemplo, excessivamente quente ou muito frio, ou, então, demasiadamente ácido, as reações químicas podem parar e corremos o risco de morrer. Ao longo do estudo em Biologia você vai conhecer outros exemplos de homeostase.

Não se esqueça, porém, de que esses mecanismos, assim como outros que agem na homeostase, só funcionam dentro de certos limites (de tempo e de temperatura, por exemplo). Isso quer dizer que, em condições extremas, o organismo não consegue manter sua homeostase e morre.

5 Reprodução e hereditariedade

Em geral, percebemos que filhos costumam ter algumas características físicas do pai e outras da mãe.

As características de um indivíduo, como cor dos olhos ou dos cabelos, forma do nariz e até mesmo a predisposição a desenvolver algumas doenças, são influenciadas por informações contidas em suas células. Essas informações ficam em nossos genes que, junto com o ambiente, definem grande parte de nossas características.

De forma simplificada, podemos dizer que os **genes** são formados por segmentos de uma molécula orgânica, o ácido desoxirribonucleico ou **DNA** (sigla do nome em inglês, *deoxyribonucleic acid*). Essas moléculas formam filamentos que ficam localizados, principalmente, no núcleo das células.

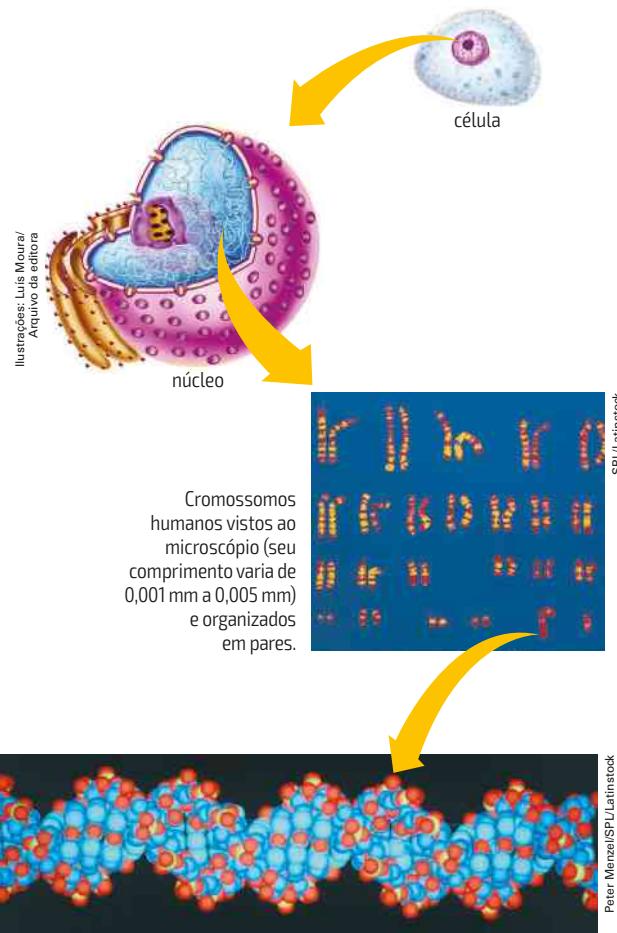
Como veremos (no Capítulo 10), os genes atuam em conjunto com certas moléculas orientando a produção de proteínas, as quais promovem determinadas transformações químicas no organismo.

As características de um organismo não dependem apenas do DNA. Elas são o resultado de uma ação conjunta do gene e do ambiente. Por exemplo,

duas pessoas que tenham os mesmos tipos de genes para altura poderão ter alturas diferentes por causa das diferenças na alimentação durante o período de crescimento. Portanto, em vez de dizer que os genes determinam nossas características, o mais adequado é falar que os genes, em interação com o ambiente, influenciam nossas características.

Com o auxílio de diversas moléculas e estruturas, as células podem promover a replicação dos genes e, assim, formar novas células. Quando a célula se prepara para se dividir, os filamentos de DNA que contêm os genes se condensam e são vistos ao microscópio como bastões: são os **cromossomos** (figura 1.10).

Assim, pelo processo de reprodução, as informações contidas nos genes são transmitidas para as gerações seguintes. Mais adiante (no Capítulo 12), você vai conhecer melhor as formas de reprodução dos seres vivos.

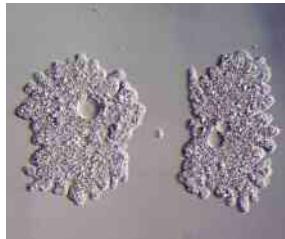
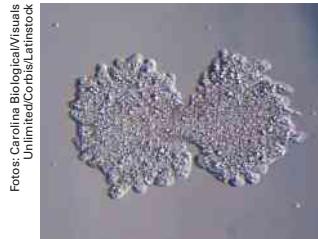


O DNA é a substância química formadora do gene. Nesta imagem, um modelo de DNA desenvolvido e colorizado em computador.

Figura 1.10 Uma célula, o núcleo celular, os cromossomos humanos e o DNA, a substância química formadora do gene (a célula é microscópica; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Reprodução assexuada e sexuada

Como já vimos, existem organismos compostos de milhares de células, como nós, e organismos unicelulares, como as amebas. Nestes organismos, a **reprodução assexuada** é a principal forma de reprodução e equivale a uma simples divisão celular (**figura 1.11**): os descendentes recebem cópias iguais do DNA do indivíduo original e, por consequência, são geneticamente idênticos.



Fotos: Carolina Biological/Visuals Unlabeled/Corbis/LatinStock

Figura 1.11 Divisão celular simples realizada por uma ameba. Esse organismo unicelular mede entre 0,2 mm e 0,5 mm de diâmetro (fotos ao microscópio óptico, com uso de corante; aumento de cerca de 100 vezes).

No entanto, na maioria dos seres vivos, mesmo entre os mais simples, ocorre também outra forma de reprodução, a sexuada.

A **reprodução sexuada** é realizada pela união de células especializadas, denominadas **gametas** (do grego *gametés* = o que se casa). Na maioria dos casos, a produção de gametas está ligada a uma diferença de sexo nos indivíduos adultos:

- o sexo feminino produz o **gameta feminino**, chamado **óvulo** (do latim *ovulu* = pequeno ovo). Como veremos no Capítulo 12, porém, em muitos animais o gameta feminino é uma célula chamada ovócito secundário, ou **ovócito II**;
- o sexo masculino produz o **gameta masculino**, chamado **espermatozoide** (do grego *sperma* = semente; *zoon* = animal).

Nos vegetais, os nomes são diferentes: o gameta feminino é chamado **oosfera**, e o masculino, **anterozóide**.

Quando ocorre a fecundação, ou seja, a união do espermatozoide com o óvulo, forma-se uma nova célula, que dará origem a um novo indivíduo (**figura 1.12**). Essa célula-ovo, também conhecida como **zigoto** (do grego *zygos* = par, juntos), é geneticamente diferente dos organismos que a geraram. Suas características, portanto, resultarão de uma combinação de genes paternos e maternos e das influências ambientais.

Na produção dos gametas, há um embaralhamento de cromossomos e genes, de modo que cada espermatozoide ou cada óvulo tem um conjunto diferente de genes. Por isso, os filhos não são geneticamente iguais aos pais, aos irmãos ou a qualquer outro indivíduo da família. A exceção são os gêmeos univitelinos ou verdadeiros. Eles se originam da mesma célula-ovo e, portanto, são geneticamente idênticos.

Dizemos, então, que a reprodução sexuada origina seres geneticamente diferentes e, portanto, maior variedade de indivíduos.

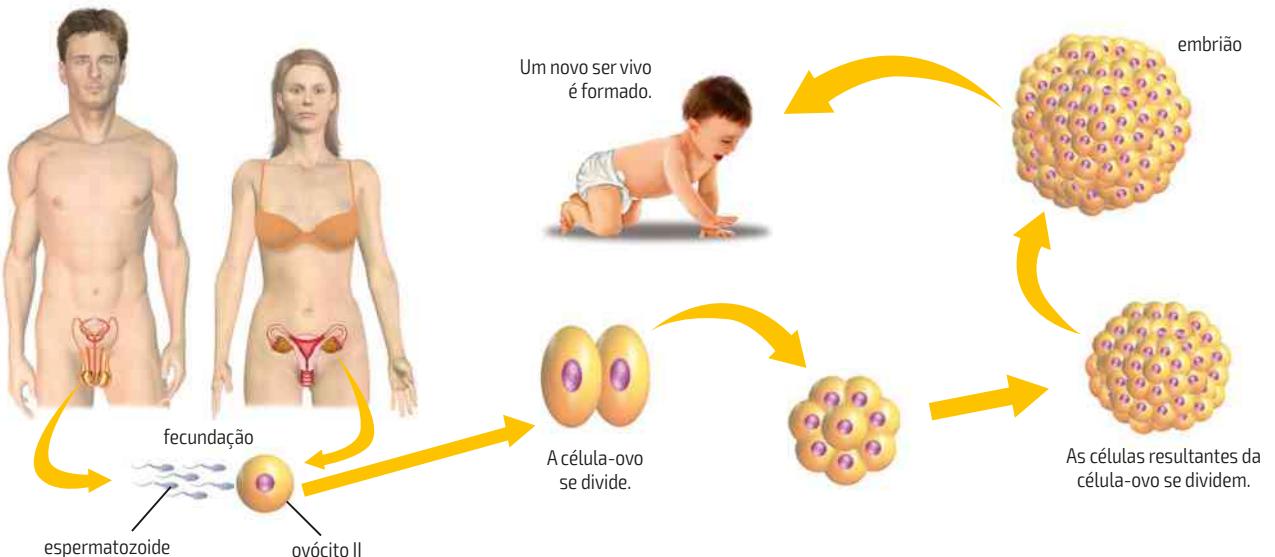


Figura 1.12 A união do espermatozoide com o ovócito II (no interior do sistema genital feminino) forma uma nova célula, a célula-ovo, que origina um novo organismo (os espermatozoides, o ovócito e as outras células são microscópicos; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



Os genes e o ambiente

As características de um organismo não dependem apenas das informações do material genético. Elas são o resultado da interação dos genes com várias outras partes da célula e com o ambiente.

Em relação ao comportamento, por exemplo, a ação do ambiente é fundamental e inclui fatores culturais e sociais. Temos grande capacidade de aprender e de mudar nosso comportamento de acordo com as experiências por que passamos ao longo da vida. A sociedade em que vivemos, a influência da família, dos amigos, da escola, do ambiente de trabalho, e todas as nossas experiências pessoais podem mudar alguns efeitos dos nossos genes. Em outras palavras, a influência dos genes sobre nosso comporta-

mento e nossa personalidade não é tão forte quanto sobre certas características físicas, como cor dos olhos ou grupos sanguíneos. Os genes são capazes de influenciar certos comportamentos, mas não de determiná-los (**figura 1.13**).

Devemos considerar ainda que podemos prever as consequências de nossas ações. O fato de saber que o ato de fumar prejudica a saúde, por exemplo, pode nos levar a não fumar ou a deixar de fumar. Da mesma forma, embora alguns estudos indiquem que talvez haja uma tendência genética para certas formas de alcoolismo, a conscientização da pessoa e seu próprio esforço em não ingerir álcool podem neutralizar os efeitos dessa suposta influência genética.

Figura 1.13 Muitas das características desses jovens foram transmitidas por seus genes, mas o comportamento e a personalidade estão mais relacionados às experiências vividas, às influências recebidas e, sobretudo, às escolhas conscientes de cada um.

Kristian Sekulic/Geny Images



6 Evolução

Você já deve ter lido ou visto filmes sobre dinossauros. Por meio de escavações e pelo estudo de fósseis, estima-se que esses animais foram extintos há cerca de 65 milhões de anos. Muitos cientistas defendem a hipótese de que um grupo de dinossauros modificou-se com o tempo e, a partir desse grupo, ao

longo de muitos milhões de anos, surgiram as espécies de aves que vivem atualmente. As aves seriam, então, descendentes de dinossauros. Esse processo pelo qual as populações de seres vivos se transformam ao longo do tempo é chamado de **evolução**.

Dois fenômenos importantes para explicar a evolução das populações são a mutação e a seleção natural. No Volume 3 você estudará outros fenômenos importantes para a evolução das populações.

Mutação

O mecanismo da hereditariedade é o responsável pela semelhança entre os filhos e os pais. Como você viu, o embaralhamento que ocorre na formação dos gametas aumenta muito as diferenças entre um e outro, e isso amplia a variedade de indivíduos que se formam.

Além disso, às vezes, o DNA produz cópias com erro. Essa alteração pode ser causada tanto por uma falha durante a duplicação como pela exposição do organismo à radioatividade ou a certos produtos químicos. Essa modificação na estrutura do DNA chama-se **mutação**, e ocorre ao acaso.

A mutação faz com que a nova molécula seja diferente da original, podendo significar uma nova característica (**figura 1.14**). Mutações que ocorrem nas chamadas células germinativas (células que originam gametas) podem ser passadas às gerações seguintes. São, portanto, um importante fator para a evolução das populações. No Capítulo 10, você vai aprender mais sobre DNA e mutações.

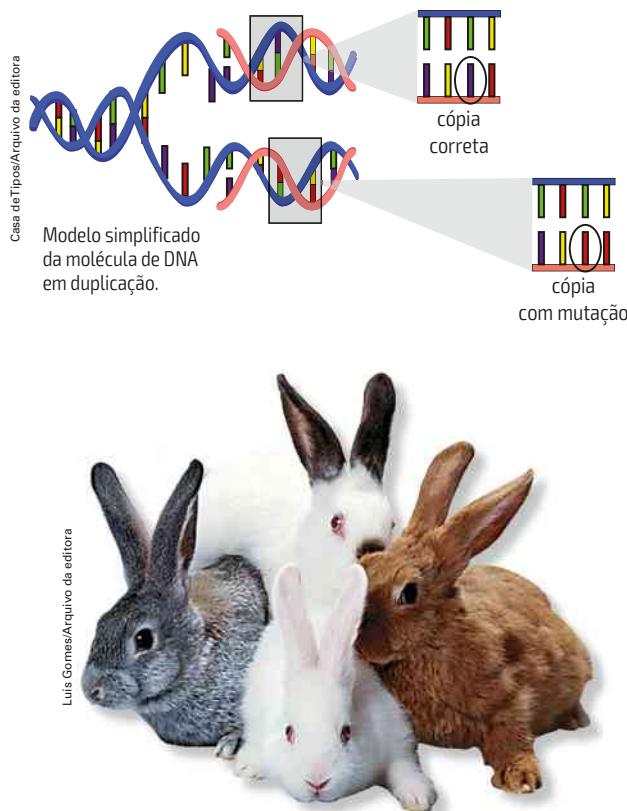


Figura 1.14 O esquema mostra como as mutações podem ocorrer durante a replicação de uma molécula de DNA (cores fantasia). Algumas mutações podem significar o aparecimento de uma característica diferente. A variedade da cor da pelagem em coelhos surgiu por mutação de um único tipo original (coelhos adultos têm em torno de 18 cm a 30 cm de comprimento).

Seleção natural

Quando é vantajosa para o ser vivo, a mutação tende a se espalhar lentamente pela população. Isso acontece porque uma mutação vantajosa aumenta a chance de sobrevivência de um indivíduo, ampliando também sua chance de gerar filhotes que também podem carregar essa mutação. Caso seja prejudicial, ela tende a desaparecer.

O processo pelo qual são preservadas as mutações que favorecem a sobrevivência ou a reprodução de organismos de uma população e eliminadas as mutações prejudiciais é chamado **seleção natural**.

Desenvolvida pelo cientista inglês Charles Darwin (1809-1882), a ideia da seleção natural foi um marco na História e, sobretudo, na Biologia.

Um exemplo de seleção natural é a resistência de insetos a inseticidas. Em uma população de insetos surgem vários indivíduos com vários tipos de mutações, independentemente do uso ou não de inseticidas. Algumas dessas mutações podem ser favoráveis à sobrevivência; outras, desfavoráveis ou neutras (sem valor adaptativo). Quando essa população é submetida a determinado inseticida por um período prolongado, os indivíduos sensíveis morrem e os mutantes resistentes sobrevivem. Gradativamente, geração após geração, diminui a quantidade de insetos sensíveis e aumenta a de resistentes, por pressão seletiva (**figura 1.15**).

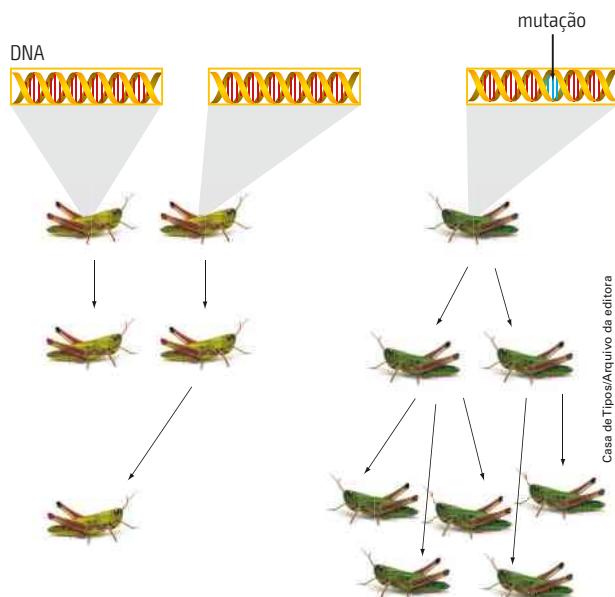


Figura 1.15 Após o uso de inseticidas, o número de insetos resistentes (representados em cor mais escura) aumenta, visto que os insetos sensíveis são eliminados (o tamanho dos gafanhotos depende da espécie, variando em torno de 1 cm a 8 cm de comprimento; o DNA é microscópico; os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia).

A teoria da evolução explica por que os seres vivos possuem **adaptações** – características que facilitam sua sobrevivência e reprodução no ambiente em que vivem (figura 1.16). Por exemplo, peixes possuem brânquias (que retiram o oxigênio dissolvido na água) e nadadeiras (que os auxiliam na natação). Mas essas estruturas não funcionam para a vida terrestre, na qual os pulmões são mais adequados à respiração, e as pernas, à locomoção. No entanto, nem todas as características de um

ser vivo se devem à seleção natural e nem todas são adaptativas.

Ao estudar Biologia, mais importante do que memorizar nomes e definições é compreender a relação entre a forma e a função de órgãos e outras partes do ser vivo. É importante também compreender como órgãos e sistemas atuam em conjunto na manutenção de um ambiente interno constante (homeostase) e como se dão as relações entre um organismo e o ambiente em que ele vive.



Foto: Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo
O bicho-pau é um inseto que mede entre 3 cm e 25 cm de comprimento. O formato de seu corpo e suas cores favorecem sua sobrevivência porque o tornam quase invisível para os animais que se alimentam dele. Você conhece outro animal que também parece sumir em seu ambiente?



O. Alamy E. Vicens/Corbis/Latinstock
As nadadeiras do golfinho facilitam seu deslocamento no meio aquático. Existem várias espécies de golfinho e seu comprimento pode variar de 1,30 m a 4 m.



Jamie Tarris/Corbis/Latinstock
Os animais carnívoros, como as onças-pintadas, apresentam dentes caninos bem desenvolvidos, com os quais perfuram a carne de suas presas. Uma onça-pintada pode atingir 1,80 m de comprimento, fora a cauda.



Anton Ivanov/Shutterstock

Os pinguins são aves que não voam. Suas asas funcionam como nadadeiras embaixo da água. Essa espécie de pinguim tem cerca de 1 m de altura.

Figura 1.16 Alguns exemplos de adaptações.

Biologia e tecnologia



Controle de pragas

O desenvolvimento de resistência em populações de organismos que são considerados pragas na agricultura faz com que seja necessário criar alternativas. Uma forma usada para combater insetos sem o uso de inseticidas é o controle biológico. Essa técnica envolve a introdução de inimigos naturais das pragas para controlar sua reprodução desenfreada.

O tomate (*Lycopersicum esculentum*), por exemplo, é um fruto cultivado em todas as regiões do Brasil. Entre as pragas do tomateiro destacam-se os lepidópteros (borboletas e mariposas),

como a traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), a broca-pequena-do-tomateiro (*Neoleucinodes elegantalis*) e a lagarta-da-espiga-do-milho (*Helicoverpa zea*).

Assim, após alguns anos de pesquisa, iniciou-se em 1990 no nordeste do país a introdução de uma pequena vespa que ataca os ovos da traça-do-tomateiro.

No entanto, são necessárias muitas pesquisas sobre os organismos e o ambiente para amenizar possíveis efeitos danosos que podem ser consequência da introdução de novas espécies.

Atividades



ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

1. Escreva, em seu caderno, os diferentes níveis de organização do mundo vivo em ordem de complexidade, da célula até a biosfera.
2. Em seu caderno, organize uma tabela comparativa entre os processos de fotossíntese e respiração celular. Essa tabela deve conter as matérias-primas e os produtos de cada um desses processos e exemplos de organismos que realizam fotossíntese, respiração ou ambos.
3. O fenômeno da respiração celular é um exemplo de anabolismo ou catabolismo? E o da fotossíntese?
4. Por que podemos dizer que a reprodução sexuada gera maior variedade de indivíduos?
5. Por que se pode dizer que a energia que um atleta emprega durante uma corrida vem, em última análise, do Sol?
6. Um estudante afirmou que a principal diferença entre plantas e animais está no tipo de nutrição. Explique com suas palavras o que ele quis dizer com isso.
7. Muitas pessoas pensam que somente animais reagem a estímulos. Como você explicaria a uma dessas pessoas que plantas também apresentam reações?
8. A figura abaixo mostra um organismo unicelular (um protozoário) dividindo-se em dois.

Dr. Richard Kessel & Dr. Gene Shu/SPU/Latinstock

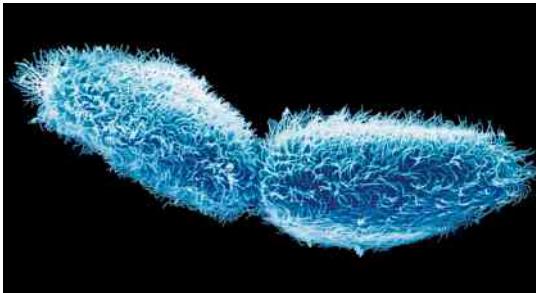


Foto ao microscópio eletrônico; aumento de cerca de 800 vezes.

- a) Que tipo de reprodução a figura representa?
b) Os indivíduos produzidos nesse tipo de reprodução são geneticamente iguais? Por quê?
c) Que diferenças existem entre esse tipo de reprodução e a reprodução da maioria dos animais?
9. Uma hemácia, também chamada glóbulo vermelho, circula apenas cerca de quatro meses no sangue, sendo depois destruída. Como o número de hemácias se mantém constante no corpo?
10. Muitas lagartas que vivem sobre as folhas são verdes. Que vantagem essa cor traz para a lagarta?
11. Se lhe perguntassem por que os filhos são parecidos com os pais, o que você diria? Redija em seu caderno um pequeno texto que contenha as palavras: cromossomos, fecundação, gametas, DNA e célula-ovo.
12. Utilizando os conceitos de “mutação” e “seleção natural”, explique como uma população de insetos pode se tornar resistente a um inseticida.
13. João e José são gêmeos idênticos (possuem o mesmo conjunto de genes), mas foram criados em cidades diferentes e nunca se conheceram. Ambos são sedentários e se tornaram adultos obesos. Pode-se afirmar que a obesidade depende apenas dos genes de João e José? Justifique sua resposta.
14. A construção e a renovação do corpo estão sempre ocorrendo. Por exemplo, muitas células morrem e são substituídas por células novas, em um processo que, em certos casos, continua por toda a vida. Apesar disso, o organismo mantém suas características básicas; como um rio, cuja água é sempre renovada, embora ele pareça o mesmo. De que processo estamos falando e por que ele é importante para a sobrevivência dos organismos?
15. (Ufop-MG) Considerando a capacidade de os seres vivos obterem alimentos, responda:
 - a) As plantas continuariam a existir se todos os animais morressem? Por quê?
 - b) Os animais continuariam a existir se todas as plantas morressem? Por quê?
16. (UFV-MG) Utilizando os seus conhecimentos sobre a vida do planeta Terra, responda:
 - a) De onde provêm todos os açúcares naturais (carboídruatos) utilizados pelos animais e vegetais?
 - b) Por que se diz que, se a produção dos açúcares naturais acabasse, a vida na Terra seria extinta?
17. (Fatec-SP) Todos os seres vivos mantêm um ambiente interno estável, mesmo quando as condições ambientais externas apresentam variações. Essa estabilidade, denominada I, é garantida por um conjunto de reações químicas ordenadas, que constituem o II. Assim, cada ser vivo mantém a sua própria vida e, através do processo de III, garante a sobrevivência de sua espécie. Assinale a alternativa que contém os termos que preenchem, corretamente, as lacunas I, II e III.
 - a) I = metabolismo; II = homeostase; III = reprodução.
 - b) I = metabolismo; II = reação a estímulos do ambiente; III = reprodução.
 - c) I = reação a estímulos do ambiente; II = reprodução; III = adaptação.
 - d) I = homeostase; II = metabolismo; III = reprodução.
 - e) I = homeostase; II = reprodução; III = adaptação.

- 18.** (UFSM-RS) Aproximadamente 30 milhões de hectares do planeta são afetados por sais, e de 0,25 a 0,5 milhão de hectares de área produtiva é perdido a cada ano em função da salinização do solo.

Fonte: FAO, 2002 apud Willadino & Camara, 2010. (adaptado)

A informação apresentada tem preocupado agricultores, ambientalistas e pesquisadores. Em busca de novos cultivares de plantas adaptadas a solos com maior salinidade, pesquisadores do mundo inteiro estão intensificando estudos sobre espécies de plantas halófitas, que são naturalmente adaptadas a altas concentrações de sais no solo. Considerando-se os mecanismos gerais de evolução por seleção natural, apresentados por Darwin e Wallace, é possível inferir:

- cc, é possível inferir em:

 - a) Futuramente, todas as espécies cultivadas estarão adaptadas ao excesso de sais no solo, pois, ao longo do seu crescimento, cada indivíduo realizará adequações metabólicas profundas que garantirão sua sobrevivência.
 - b) Para que as plantas se adaptem a solos com alta salinidade, basta submetê-las lentamente a doses crescentes de solução salina, estimulando a ocorrência de mutações que as tornarão resistentes.
 - c) Poderão ocorrer mutações ao acaso em certos indivíduos, algumas delas conferindo resistência à alta salinidade e permitindo maior sucesso reprodutivo dos indivíduos portadores dessa mutação nos solos com alta salinidade, em comparação com aqueles indivíduos não portadores da mutação.
 - d) Poderão ocorrer mutações específicas, causadas pelo excesso de sais, que serão direcionadas pela planta para resistência à alta salinidade.
 - e) É inútil procurar novas plantas adaptadas à alta salinidade do solo além das já conhecidas, pois as espécies são imutáveis.

Trabalho em equipe

Em grupo, selecionem cinco notícias de jornais e revistas impressos ou de sites confiáveis na internet que, para serem compreendidas, requeiram um conhecimento básico de Biologia. Se possível, peçam orientação do professor de Língua Portuguesa com relação a grandes jornais e revistas que geralmente publicam matérias com conteúdo científico.

Depois, apresentem um resumo de uma dessas notícias para a classe, argumentando por que esse tipo de conhecimento é importante.

Após a apresentação, criem uma exposição para a comunidade escolar (alunos, professores e funcionários da escola e pais ou responsáveis) em que se fale da importância dos conhecimentos básicos em Biologia. Usem a criatividade para mostrar para as pessoas como essa disciplina é importante em nosso dia a dia. Vocês podem criar cartazes, folhetos, frases curtas de alerta (*slogans*), letras de música, peças de teatro, fotos, vídeos, etc.

Fique de olho!

Quando fizer pesquisas na internet, dê preferência para *sites* de universidades e órgãos públicos. Sempre procure a informação em mais de uma fonte e não se esqueça de dar o crédito dos textos e imagens apresentados em sua pesquisa.

19. (UFC-CE) Existem inúmeras características que nos permitem diferenciar a matéria viva da inanimada. A característica “o ser vivo é capaz de manter a constância do meio interno” é identificada como:

 - a) homeostase.
 - b) metabolismo.
 - c) irritabilidade.
 - d) nutrição.

- 20.** (UFPR) Por metabolismo entende-se:

 - a) o conjunto de processos responsáveis pela eliminação das substâncias tóxicas ao organismo.
 - b) o conjunto de processos através dos quais diferentes materiais são incorporados ao organismo ou usados como fonte de energia.
 - c) o processo pelo qual o alimento ingerido é preparado para a absorção.
 - d) a capacidade de os organismos reagirem a um estímulo do meio.
 - e) o aumento da massa protoplasmática e consequente crescimento do organismo.

- 21.** (Cefet-MG) *A determinação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) busca impedir o consumo indiscriminado de antibióticos, pois associa este fato ao surgimento de superbactérias.*

MENDES, G. C. F. Farmácias fora da lei. Disponível em: <<http://www.revistatempo.com.br>>. Acesso em: 24 jul. 2012. (Adaptado).

O surgimento dos microrganismos citados justifica-se pelo fato de os antibióticos:

- a) atuarem sobre o genoma microbiano, ocasionando mutações.
 - b) provocarem alterações metabólicas, originando novas espécies.
 - c) debilitarem o sistema imunológico, reduzindo a capacidade de defesa do corpo.
 - d) possuírem baixo espectro de ação, induzindo a geração de linhagens resistentes.
 - e) causarem pressão seletiva, mantendo os genes de resistência nas populações microbianas.

Como o cientista estuda a natureza

M. Robberto/ESA/NASA



A nebulosa de Órion em imagem produzida pelo telescópio Hubble. Nebulosas são imensas nuvens de gás e poeira no espaço.

A geração de imagens como esta e todo o conhecimento que temos hoje sobre o espaço se devem a muitas gerações de pensadores e cientistas que foram construindo suas teorias com base em descobertas anteriores.

Ao explicar como foi capaz de sintetizar tantos fenômenos físicos por meio de suas três famosas leis, o físico e matemático inglês Isaac Newton (1642-1727) disse que só foi capaz de enxergar mais longe porque se apoiou nos ombros de gigantes. Entre esses gigantes certamente estavam o astrônomo italiano Galileu Galilei (1564-1642) e o alemão Johannes Kepler (1571-1630). Ao reconhecer a importância de cientistas que vieram antes dele, Newton foi capaz também de sintetizar como a ciência funciona.



- ◆ Como são feitas as investigações na ciência?
- ◆ Você sabe o que são leis e teorias científicas?
- ◆ Será que cabe à ciência resolver todos os problemas de nossa sociedade?

1 A investigação científica

O termo “ciência” engloba tanto o processo de aquisição de conhecimento sobre o mundo como o próprio conhecimento adquirido por meio do processo científico.

A Biologia tenta, assim como outras Ciências da Natureza, como a Física e a Química, resolver problemas e encontrar explicações para os fenômenos da natureza: como a vida começou? Como nossos tecidos e órgãos podem surgir a partir de uma única célula? Por que envelhecemos?

Perguntas originais

Além de resolver problemas, um cientista pode também formular perguntas originais. Por meio dessas perguntas, a ciência descobre novas questões, enquanto muitas pessoas enxergariam apenas fatos banais. Isso ocorreu, por exemplo, na descoberta de um antibiótico chamado penicilina.

Antes das pesquisas do cientista escocês Alexander Fleming (1881-1955), os pesquisadores simplesmente jogavam fora meios de cultura de bactérias, quando essas tinham sido invadidas por mofo, fato que acontece com certa frequência em laboratório. Em 1929, entretanto, Fleming observou que em volta do mofo havia uma região em que não cresciam

bactérias. A partir dessa observação, ele supôs que alguma substância estivesse sendo produzida pelo mofo e que ela pudesse inibir o desenvolvimento de bactérias. Posteriormente foi iniciada uma série de pesquisas que culminaram com o aparecimento do primeiro antibiótico, a penicilina, extraída do fungo do gênero *Penicillium* (Figura 2.1).

A descoberta de Fleming não foi totalmente casual, nem sua observação, passiva. Ele vinha pesquisando substâncias antibacterianas havia algum tempo, tendo até descoberto a lisozima – enzima presente nas lágrimas que é capaz de atacar algumas bactérias. Porém, a lisozima mostrava-se ineficaz contra a maioria das bactérias causadoras de doenças. Fleming, portanto, já estava procurando algo para matar bactérias.

Formulando hipóteses

Para explicar um fenômeno da natureza, o cientista, tendo como base um conhecimento prévio, faz observações, percebe um problema e arrisca um palpite, isto é, pensa em uma possível solução para resolver o problema. Em outras palavras, ele formula **hipóteses**. Não há um método preciso para conceber ideias novas, descobrir problemas ou formular hipóteses. Entretanto, é importante ter em mente que a investigação científica costuma ser uma atividade coletiva, que ocorre por meio da interação entre grupos de pesquisa formados por equipes de pesquisadores que discutem e divulgam os conhecimentos produzidos.



Cientistas preparam e identificam meios de cultura de bactérias.

O fungo *Penicillium chrysogenum*, usado no passado na produção do antibiótico penicilina, crescendo em um meio de cultura.



Figura 2.1 Até hoje, a pesquisa com bactérias é feita com a utilização de placas de cultura semelhantes àquela usada por Alexander Fleming. O estudo e o cultivo de microrganismos permitem que muitas doenças sejam diagnosticadas e tratadas.

Testando hipóteses

As atividades desenvolvidas por uma equipe de pesquisadores dependem da dedicação e da criatividade dos cientistas que a integram. No entanto, há certos procedimentos que aparecem frequentemente na investigação científica. Eles fazem parte do que costuma ser chamado **método científico**. Esses procedimentos, porém, variam de acordo com o tipo de pesquisa e não podem ser aplicados mecanicamente a qualquer tipo de estudo, como uma receita de bolo.

A partir de uma hipótese, o cientista pode fazer previsões e testá-las por meio de observações ou experimentos. Por fim, ele analisa os resultados do teste e conclui se sua hipótese é verdadeira ou falsa. Ele pode, ainda, concluir que não é possível confirmar ou descartar a hipótese.

Vejamos um exemplo de como um cientista pode testar uma hipótese.

Imagine que ele queira testar a hipótese de que o magnésio é um mineral importante para o crescimento de uma planta. Com base nessa hipótese, ele faz uma previsão: se a planta for cultivada em uma solução nutritiva sem magnésio, ela não cresce. Para testar a hipótese, ele realiza um experimento colo- cando dois grupos de plantas, em fase de crescimento e da mesma espécie, em um local iluminado. O primeiro grupo é cultivado em solução com todos os nutrientes necessários ao crescimento da planta; o segundo é cultivado em uma solução com os mesmos nutrientes – exceto o magnésio (**figura 2.2**).

Ilustrações: Casa de Típos/Arquivo da editora



Figura 2.2 A ilustração mostra uma planta de cada grupo analisado pelo cientista. (Os elementos não estão em escala; cores fantasia.)

O cientista acompanha o crescimento da planta e analisa o resultado do experimento. Se o grupo de plantas que não recebeu o magnésio não tiver crescido, ou se tiver seu crescimento prejudicado em relação ao outro grupo, ele poderá concluir que o magnésio é necessário para o crescimento, confirmando, portanto, sua hipótese.

Por que o primeiro grupo – o das plantas cultivadas com todos os nutrientes – é importante? Sem ele, a falta de crescimento do segundo grupo pode ser atribuída a outro fator do ambiente – talvez pouca luz ou alguma doença provocada por um fungo, por exemplo. No caso do magnésio, já sabemos que esse mineral faz parte da molécula de clorofila e sua carência reduz o crescimento da planta, podendo até mesmo causar sua morte.

Esse tipo de experimento, realizado em condições em que se procura controlar a interferência de algum fator nos resultados (no caso, a presença do magnésio), é chamado **experimento controlado** ou **teste controlado**. O grupo de plantas que recebeu todos os nutrientes é chamado **grupo de controle**, pois não sofre a influência do fator que se quer testar e serve de comparação. O outro grupo, em que se faz uma alteração em um fator a ser testado (a presença de magnésio), é chamado **grupo experimental**.

Apesar de todos os cuidados e controles, as conclusões dos experimentos científicos nem sempre são muito claras e pode haver erros no experimento. Por isso, um mesmo experimento precisa ser repetido por outros cientistas, para que eles também testem a hipótese. Isso só é possível se o cientista comunicar suas descobertas, publicando-as em revistas científicas e apresentando-as e discutindo-as em congressos. Desse modo, outros cientistas poderão verificar se os resultados estão corretos.

Em termos simplificados, podemos dizer que, nas Ciências da Natureza, o cientista muitas vezes se vale dos seguintes procedimentos:

- observação de um fato e formulação de um problema;
- elaboração de hipóteses que resolvam o problema e de previsões que possam ser testadas;
- realização de observações ou experimentos para testar a hipótese;
- análise dos resultados das observações ou dos experimentos, seguida de conclusão: se a previsão for confirmada, a hipótese é aceita como verdadeira (pelo menos até prova em contrário); se a previsão não for confirmada, é preciso revisar as hipóteses envolvidas no experimento ou formular uma nova hipótese.

2 Leis e teorias

Enunciados gerais que descrevem regularidades que ocorrem em certas condições são chamados **leis científicas** ou **princípios científicos**. Em Biologia, por exemplo, há as leis da hereditariedade, formuladas pelo cientista austríaco Gregor Mendel (1822-1884), e o princípio da seleção natural (**figura 2.3**), formulado por Darwin. Leis científicas também podem ser apresentadas na forma de equações matemáticas, como acontece frequentemente em Física.

Então, para explicar fenômenos, os cientistas se valem de conceitos, como o de fotossíntese, energia, carga elétrica, etc., e de leis, modelos e teorias.

Embora na linguagem coloquial a palavra **teoria** seja usada como sinônimo de hipótese (“eu tenho

uma teoria para explicar isso”), em ciência esse termo é usado como um conjunto de leis, conceitos e modelos com o qual é possível explicar diversos fenômenos. É o caso da moderna teoria da evolução, que explica como as populações se transformam ao longo do tempo, como surgem as diversas adaptações, por que algumas espécies são mais semelhantes entre si do que em relação a outras espécies, etc. Também é o caso, na Física, da mecânica newtoniana, que explica a queda dos corpos, o movimento dos planetas, as marés, etc.

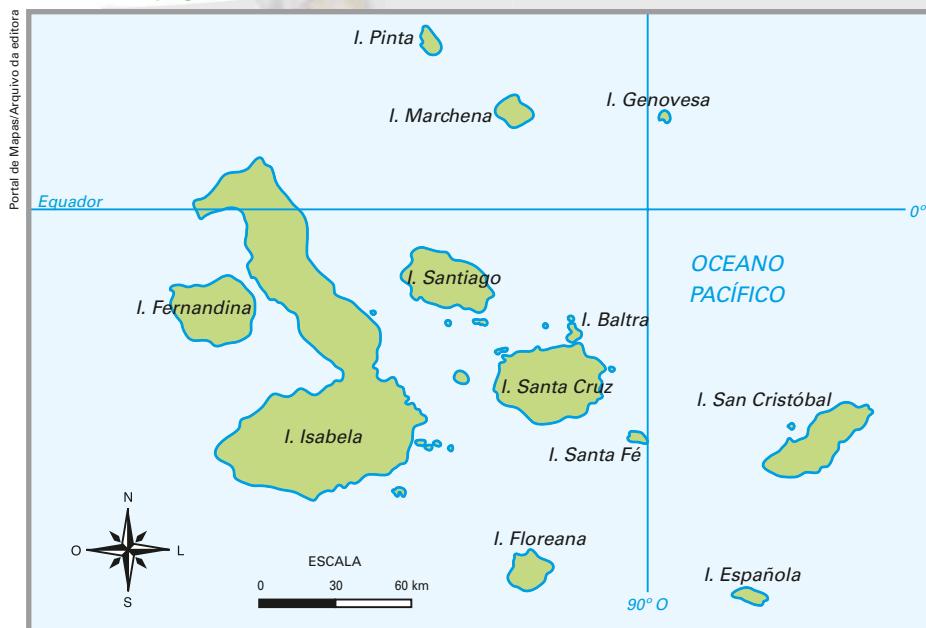
É importante, porém, ter sempre em mente que, por mais bem-sucedida que uma lei ou uma teoria seja, ela pode sempre ser corrigida, aperfeiçoada e até substituída à medida que se descobrem novos fatos ou se realizam novas experiências.



Darwin notou que as espécies de tentilhões (ao lado, *Camarhynchus pallidus*, cerca de 8 cm de comprimento; abaixo, *Geospiza scandens*, cerca de 10 cm de comprimento) do arquipélago de Galápagos eram muito parecidas com outra espécie da mesma ave que vivia no continente vizinho, onde as condições ambientais eram diferentes daquelas existentes nas ilhas. Essa observação o ajudou a pensar que essas aves teriam se originado no continente e que, ao longo do tempo, as espécies teriam se diversificado e se adaptado às condições ambientais das ilhas.



Arquipélago de Galápagos



Adaptado de: ATLANTE geografico metodico De Agostini 2011-2012. Novara: Istituto Geografico De Agostini, 2011.

Arquipélago de Galápagos, onde Darwin fez muitas das observações que o levaram a desenvolver o princípio da seleção natural.

Figura 2.3 Depois de voltar do arquipélago de Galápagos, no oceano Pacífico, Darwin tinha informações para rebater as ideias da época, que consideravam que as espécies sempre foram como as conhecemos hoje.



Modelos

Certa vez, o físico alemão Albert Einstein (1879-1955) comparou o trabalho do cientista ao de uma pessoa que tenta compreender o mecanismo de um relógio fechado. Sem abrir o relógio, ela procura imaginar um mecanismo que explique o que observa.

Do mesmo modo, embora não possa ver o que está acontecendo no átomo, por exemplo, o cientista pode fazer experiências e, com base nelas, construir um **modelo** do átomo. Ele pode fazer um desenho mostrando com o que se parecem as partes do átomo, por exemplo.

Na [figura 1.1](#) do capítulo anterior, você viu um modelo de átomo. Os modelos, assim como as teorias, podem sofrer modificações ao longo do tempo, em função de novas observações ou experimentos. Um dos primeiros modelos de átomo, por exemplo, elaborado pelo físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940), representava o átomo com elétrons mergulhados em uma esfera de carga positiva ([figura 2.4](#)). Experimentos posteriores, porém, indicaram que as cargas positivas deveriam estar no centro do átomo, com elétrons ao seu redor, como na figura do capítulo anterior.

O uso que o ser humano faz de modelos para entender o mundo a seu redor é estudado em Filosofia da Ciência. Todas as áreas do conhecimento se valem de modelos. Assim como a Química utiliza o modelo de átomo, a Biologia usa o modelo da molécula de DNA e o modelo de membrana plasmática (estudados mais adiante), por exemplo, para explicar diversas propriedades da célula.

Esses modelos são aceitos pelos outros cientistas se com eles for possível explicar tudo o que se sabe. É provável que, à medida que novas observações e testes forem sendo feitos, esses modelos serão modificados e corrigidos para adaptar-se às novas descobertas. Isso ocorreu com os primeiros modelos atômicos e os da membrana celular. Dessa maneira, os cientistas procuram corrigir erros e aumentar o conhecimento que se tem sobre o mundo.

3

Os limites da ciência

As tecnologias são práticas do conhecimento científico. A ciência e a tecnologia são “ferramentas” poderosas e eficazes, como podemos perceber em equipamentos eletrônicos, como o telefone celular, e nas máquinas que costumamos ver por aí. Mas será que a ciência e a tecnologia produzem apenas coisas boas? Lembre-se de que novas tecnologias podem salvar vidas, mas pode haver um custo muito alto, como o esgotamento de recursos naturais, a poluição e os desequilíbrios ecológicos.

Não se deve esquecer de que o progresso científico não consegue resolver todos os problemas da sociedade. Em 2015, por exemplo, um relatório da Organização das Nações Unidas apontou que mais de 10% da população mundial, ou seja, cerca de 748 milhões de pessoas, não têm acesso a água potável. Sabemos que a tecnologia para tratar a água já está disponível há muitos anos. Por que então ainda temos tantas pessoas privadas de seu direito de acesso à água?

É preciso lembrar que o progresso científico deve ser acompanhado de progresso em várias outras áreas, como a social e a política.

Da mesma forma, princípios éticos devem nortear qualquer experimento. Nenhuma pesquisa científica pode ser considerada desvinculada de suas aplicações práticas e de suas eventuais consequências sociais. As aplicações da ciência devem respeitar sempre os valores e os direitos humanos.

Outras áreas do conhecimento discutem questões que não podem ser testadas. É o caso da ética – que debate valores: o que é certo, o que é errado, o bem, o mal –, da filosofia – que discute o que é verdade, por exemplo – e da religião – que discute a alma e outras questões que transcendem a ciência.

A ciência, enfim, é também uma parte da cultura humana, como a arte, a filosofia, a religião e o conhecimento cotidiano.

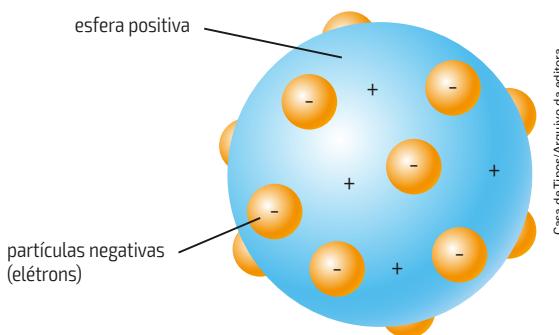


Figura 2.4 Modelo atômico de Thomson, sugerido em 1904.
(Figura sem escala; cores fantasia.)

Atividades

1. Como você faria para descobrir se a luz é importante para o crescimento de uma planta? Faça um esquema no caderno para explicar seu experimento.
2. Mecânica quântica, teoria da relatividade, teoria da evolução, teoria atômica, teoria da tectônica de placas: essas são algumas das inúmeras teorias científicas. Compare o significado do termo *teoria* em ciência com esse termo usado na linguagem cotidiana.
3. O físico Albert Einstein disse certa vez que a imaginação é mais importante que o conhecimento, que ela estimula o progresso e é um fator importante na pesquisa científica. Explique por que a imaginação é importante para a investigação científica.
4. *Em nosso esforço para compreender a realidade, somos algo semelhante a um homem tentando compreender o mecanismo de um relógio fechado. Ele vê o mostrador e os ponteiros em movimento, até ouve o seu tique-taque, mas não tem meio algum de abrir a caixa. Se for engenhoso, poderá formar alguma imagem de um mecanismo que seria responsável por todas as coisas que observa, mas jamais poderá estar totalmente certo de que essa imagem é a única capaz de explicar suas observações.*

EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A evolução da Física*. Lisboa: Edições Livros do Brasil, 1977. p. 37.

Identifique no texto trechos que correspondam às seguintes ideias:

- a) O cientista observa certos fenômenos da natureza.
- b) O cientista formula teorias e modelos para explicar esses fenômenos.
- c) Nossas teorias e modelos não correspondem a verdades absolutas e podem, no futuro, ser corrigidos e reformulados.

5. (Fuvest-SP) Um cientista, procurando identificar que sentidos são usados por piranhas para reconhecer e atacar presas, montou um experimento em que preparou três aquários com esses peixes, nas seguintes condições: O aquário I foi mantido iluminado e nele se introduziram presas vivas; o aquário II ficou em total escuridão e também recebeu presas vivas; o aquário III, iluminado, recebeu presas vivas e envoltas num recipiente impermeável, transparente e incolor.
 - a) Se a visão for o único sentido que faz a piranha reconhecer a presa, o que será observado nos três aquários?
 - b) O que será observado caso a piranha utilize apenas o olfato para reconhecer a presa?
 - c) Se as piranhas não atacarem o aquário III, o que você conclui?

6. (UFRJ) O crescimento da soja (*Glycinia max*) é influenciado por bactérias fixadoras de nitrogênio (do gênero *Rhizobium*), que vivem em associação com suas raízes. As plantas obtêm nitratos das bactérias e, em troca, as bactérias recebem nutrientes úteis para seu crescimento. Pesquisadores formularam a hipótese de que as plantas só transfeririam nutrientes para as bactérias em resposta à obtenção dos nitratos. Para testar essa hipótese, os pesquisadores mantiveram as bactérias em associação com as raízes de uma mesma planta de soja, mas em duas condições experimentais diferentes: Condição A: atmosfera com nitrogênio suficiente para a multiplicação das bactérias, mas insuficiente para que nitratos fossem liberados; Condição B: atmosfera normal, com nitrogênio suficiente para a multiplicação de bactérias e para a liberação de nitratos. Os resultados obtidos mostraram que as bactérias na condição A se multiplicaram com metade da eficiência daquelas na condição B. Esses resultados experimentais corroboram ou invalidam a hipótese testada? Justifique sua resposta.

7. (Acafe-SC)

O projeto de pesquisa, que existe desde 2001, ainda está longe do fim, explica a pesquisadora. É um processo demorado mesmo. Porém, com mais um ano, já teremos novos resultados, quem sabe, ainda mais positivos.

A expectativa do grupo é saber se a ação contra o causador da malária vai ser realmente confirmada. Vamos ver a viabilidade disso nos modelos experimentais [animais].

O estudo feito pela UnB, em parte, também contou com a participação da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). O processo de isolamento e síntese dos peptídios já está patenteado.

Sobre a atividade científica, podemos inferir:

- a) O conhecimento científico é o único tipo de conhecimento válido, já que é produzido por meio de métodos experimentais precisos e seguros.
- b) A veracidade dos conhecimentos produzidos pela ciência é efêmera. Isto significa que aquilo que a ciência, hoje, intitula como válido, pode não ser verdade amanhã.
- c) A ciência é um empreendimento autônomo que não depende de esforços políticos nem econômicos. Ela se automantém.
- d) A visão de mundo de cada época não interfere na produção do conhecimento científico.
- e) A atividade científica deve ser desenvolvida sem levar em consideração suas implicações sociais, já que o objetivo dos cientistas é descobrir a verdade dos fenômenos naturais.

Trabalho em equipe

Formem um grupo e escolham um dos temas a seguir para pesquisar em livros, em revistas, na internet, em CD-ROMs, etc. Apresentem o resultado do trabalho para a classe na forma de um painel. Cada grupo terá até 10 minutos para apresentar sua pesquisa.

- a) Exemplos de aplicações científicas que beneficiam a sociedade. Ainda que sejam benéficas, essas tecnologias podem produzir efeitos negativos de longo prazo. Apresentem esses efeitos e possíveis soluções.
- b) Pesquisem o que é bioética e qual a sua importância para a sociedade. Criem sugestões de medidas que poderiam ser tomadas contra o uso indevido da ciência.
- c) Analisem o sentido de uma das afirmações a seguir, dando a opinião de vocês sobre o que foi

dito. Apresentem ainda um pequeno resumo das contribuições à ciência do autor da frase escolhida.

1. “A pesquisa científica consiste em ver o que todos viram, mas pensar o que ninguém pensou.” Albert Szent-Györgyi (1893-1986), bioquímico húngaro.
2. “Um gênio é um por cento inspiração e 99 por cento transpiração.” Thomas Alva Edison (1847-1931), inventor estadunidense.
3. “Tenho tentado sempre manter a minha mente livre, de forma a poder abandonar qualquer hipótese, por mais que goste dela [...], no momento em que os fatos se mostram contrários a ela.” Charles Darwin, naturalista britânico (1809-1882).

Atividade prática

Criação de hipóteses

Material

- Três objetos do cotidiano (por exemplo, lápis, caneta, bola de pingue-pongue, borracha, tesoura, colher, tampa de garrafa, etc.).
- Uma caixa de papelão (ou de madeira) com tampa.

Procedimento

Sem que os outros grupos vejam, coloquem os objetos dentro da caixa e fechem-na bem (se for necessário, cole a tampa com fita adesiva). O professor

deve orientar os grupos para que sejam formadas caixas com diferentes combinações de objetos. Os vários grupos da classe devem trocar as caixas entre si e cada componente do grupo deverá tentar descobrir – sem abrir, apenas sacudindo a caixa recebida – quais são os objetos que estão em seu interior. Depois que todos vocês tiverem feito uma tentativa de descobrir os objetos, abram a caixa e confirmem se acertaram.

Conclusão

Quando todos os grupos tiverem terminado, discutam a seguinte questão: Existe alguma semelhança entre essa atividade e o modo como o cientista trabalha? Expliquem.

Sugestões de aprofundamento

Para ler:

- **Oswaldo Cruz & Carlos Chagas: o nascimento da ciência no Brasil.** Moacyr Scliar. São Paulo: Odysseus, 2007. (Coleção Imortais da Ciência).

Para acessar:

- **Bioética:** <www.bioetica.ufrgs.br/textos.htm#animal>
- **Embrapa – Controle biológico:** <www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=224&func=pesq>
- **Passagem de Darwin pelo Brasil:** <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000300019&script=sci_arttext>

Acesso em: 17 mar. 2016.

A química da vida

Imagine observar uma pintura em um museu. Muitas obras de arte representam a visão do artista sobre determinada realidade. Essas representações são geralmente muito ricas em detalhes e, para compreendê-las, é necessária uma observação atenta de cada uma de suas partes, bem como de sua totalidade.

Algo semelhante ocorre com o estudo dos seres vivos. Eles certamente são mais do que apenas uma reunião de átomos e moléculas. A complexa organização de um ser vivo e a interação entre suas partes permitem que novas propriedades, que não estavam presentes em cada parte isolada, apareçam.

Mariusz Kluzniak/Getty Images



Flamingo rosado (*Phoenicopterus roseus*), que pode atingir 1 m de altura.

Um dos poucos animais que conseguem sobreviver no deserto do Atacama, no norte do Chile, é o flamingo rosado (*Phoenicopterus roseus*). Essa espécie habita uma planície de sal, onde há lagos formados pela água que desce da cordilheira dos Andes. A água evapora rapidamente, restando apenas os sais. Uma das mais importantes adaptações do flamingo a esse ambiente é a eliminação do excesso de sal por aberturas que ele apresenta na região das narinas.



- ◆ A água tem propriedades tão importantes que sem ela não haveria vida. Você conhece algumas dessas propriedades?
- ◆ De que forma a água e os sais minerais estão presentes em nosso corpo?
- ◆ Em quais alimentos podemos encontrar os sais minerais que ajudam a compor nosso organismo?

1 Água

Aproximadamente 70% da superfície da Terra está coberta por água. Essa também é a substância mais abundante nos seres vivos. Aliás, sabe-se que foi no ambiente aquático que surgiram os primeiros organismos vivos.

No corpo humano, a água representa cerca de 70% do peso, o que significa que uma pessoa de 70 kg contém quase 50 kg de água. Por isso, é possível sobreviver algumas semanas sem comida, mas poucos dias (de 4 a 7) sem água. A perda de 20% de água corpórea (desidratação) pode levar à morte, e uma perda de apenas 10% já causa problemas graves.

Mas, afinal, por que a água é tão importante para os seres vivos?

Essa substância dispõe de características únicas. A molécula de água apresenta uma região negativa – a do oxigênio – e outra positiva – a dos hidrogênios –, formando uma molécula polar (figura 3.1). Por causa dessa estrutura, a água conta com uma série de propriedades importantes para os organismos vivos, como veremos a seguir.

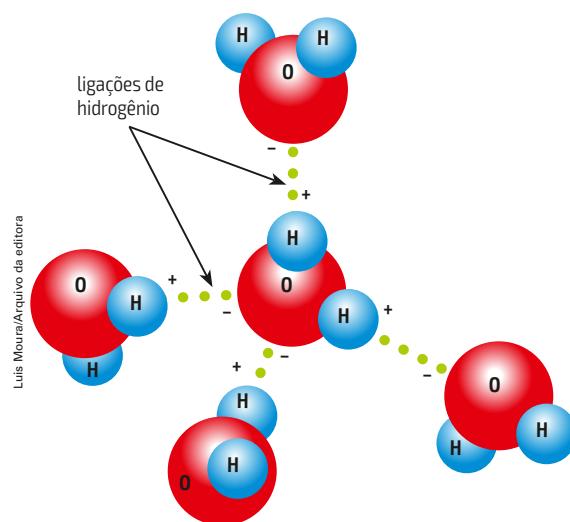


Figura 3.1 O átomo de oxigênio de uma molécula de água tem carga parcial negativa. Por isso atrai um átomo de hidrogênio (com carga parcial positiva) de outra molécula. Essa atração elétrica é chamada ligação de hidrogênio. (Modelos da molécula; cores fantasia.)

A água como solvente

Uma das propriedades mais importantes da água é sua capacidade de dissolver outras substâncias. Essa propriedade está ligada à polaridade, ou seja, à atração entre as cargas parciais da molécula de água e a carga elétrica da substância a ser dissolvida.

O cloreto de sódio (sal de cozinha), por exemplo, é um composto iônico formado por íons cloro (negativos) e íons sódio (positivos). Quando o cloreto de sódio é colocado em água, a carga parcial negativa da água atrai os íons sódio, e a positiva atrai os íons cloro. Com isso, esses íons ficam separados uns dos outros e são distribuídos de modo homogêneo pela água, ou seja, são dissolvidos (figura 3.2). O sal dessa mistura é chamado **sóluto**, e a água, **solvente**. Esse é mais um exemplo de como um conhecimento básico de Química (no caso, sobre a estrutura da molécula de água) ajuda a compreender melhor vários fenômenos biológicos.

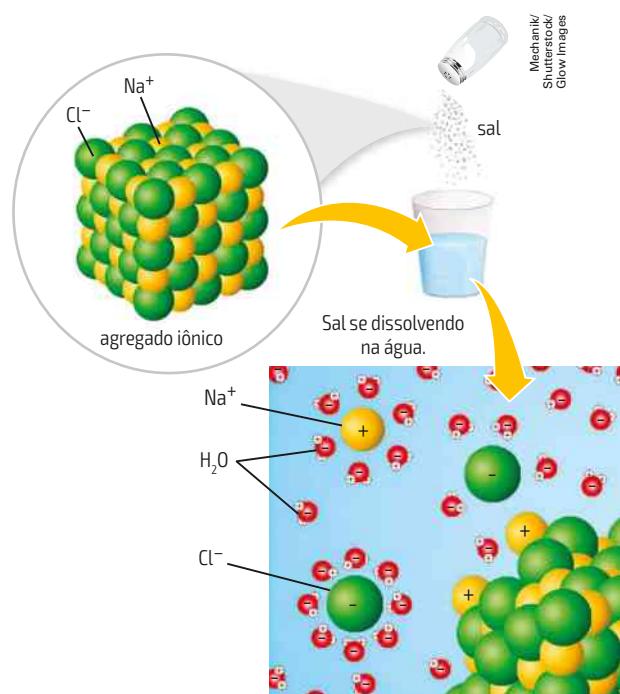


Figura 3.2 Esquema da dissolução de sal em água. (Modelos de moléculas e íons; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

O aparecimento da vida em nosso planeta dependeu, entre outros fatores, dessa capacidade que a água tem de dissolver diversas substâncias, como sais, glicídios, proteínas, etc., permitindo, desse modo, as reações químicas que sustentam os sistemas vivos. Vamos compreender melhor isso.

A dissolução de substâncias é importante para a ocorrência de certas reações químicas, pois facilita o choque efetivo entre as partículas. Além disso, pro-

picia o transporte de substâncias entre as diversas partes da célula ou do corpo.

É por isso que um dos principais objetivos das missões espaciais enviadas a Marte e a outros corpos celestes é descobrir água em estado líquido (ou alguma outra substância no estado líquido), o que permitiria a ocorrência de reações químicas e indicaria a possibilidade de existir ou já ter existido vida no planeta.

Biologia e tecnologia



Vida em Marte

Em março de 2013 foi inaugurada no Chile a maior rede de telescópios do mundo. O local escolhido para abrigar as mais de sessenta antenas foi uma planície no deserto do Atacama, a mais de 5 mil metros de altitude, com quase nenhuma água, nem no céu nem no chão. As informações recolhidas pelo enorme observatório já ajudam na compreensão sobre a formação do Universo.

A escolha de um deserto para abrigar essa rede de telescópios não foi por acaso. A baixa umidade que torna o Atacama o lugar ideal para observações astronômicas praticamente impossibilita a presença de vida. Seus visitantes frequentemente descrevem o local como se fosse outro planeta, talvez Marte.

Um dos principais objetivos das diversas missões espaciais enviadas a Marte é descobrir se lá existe água em estado líquido (**figura 3.3**). Fotos da superfície de Marte, por exemplo, mostram bolhas e ranhuras em algumas rochas, indicando que elas já estiveram submersas em água.



Detlef Van Ravenswaay/Getty Images

Figura 3.3 Representação artística da superfície de Marte gerada por computador.

A água como reguladora da temperatura

Ao aquecermos água no fogão, podemos observar que o metal da panela esquenta muito mais rapidamente que a água. Por outro lado, quando vamos à praia à noite, é comum que a areia esteja mais fria do que a água do mar. Por que será que isso acontece?

Esse fenômeno está relacionado à propriedade física chamada calor específico, que define a quantidade de calor necessário para alterar a temperatura de uma substância. A água necessita de uma quantidade de calor maior que o ferro ou a areia para variar a sua temperatura. É preciso fornecer quase dez vezes mais calor a 1 g de água para aumentar sua temperatura em 1 °C do que para aumentar em 1 °C a temperatura de 1 g de ferro, por exemplo.

O fato de os seres vivos serem formados por muita água, portanto, faz com que a temperatura cor-

poral dos organismos não varie muito durante a entrada ou a saída de calor.

A quantidade de calor necessária para provocar a evaporação da água também é muito alta. Cada vez que certa quantidade de água evapora, leva consigo muito calor. Essa quantidade de calor, chamada calor de vaporização, é estudada em Física. Esse fenômeno explica por que sentimos frio quando saímos molhados do banho.

Muitos mamíferos, incluída a espécie humana, apresentam glândulas sudoríferas (ou sudoríparas). Quando faz muito calor, essas glândulas eliminam água na forma de suor (sudorese), que, ao evaporar, absorve o calor do sangue abaixo da pele e refrigera o corpo.

Fique de olho!

Animais como o cachorro perdem calor por meio de uma respiração rápida (ofego), que aumenta a evaporação da água pelas vias respiratórias. Isso ocorre, provavelmente, porque esses animais apresentam poucas glândulas sudoríferas.



O gelo e a vida em regiões geladas

Você deve saber, até por experiência própria, que o gelo flutua na água. Ao contrário das outras substâncias, a fase sólida da água (gelo) é menos densa que a líquida. As mudanças de estado das substâncias são estudadas com mais detalhes em Química e Física, mas você vai precisar entender esses fenômenos para compreender muitos aspectos da Biologia.

O gelo é formado por uma rede tridimensional de moléculas de água unidas entre si por ligações de hidrogênio. No gelo, essas ligações são mais estáveis, e as moléculas agrupam-se formando uma rede cristalina. Nessa rede, o espaço ocupado pelas moléculas de água é maior do que na água líquida. Quando aquecemos gelo a 0 °C, essas ligações se quebram, e as moléculas de água “deslizam” umas sobre as outras à medida que o gelo derrete, ficando umas mais próximas das outras. Por isso o gelo é menos denso que a água líquida e flutua nela.

Quando a temperatura da água é 4 °C, a organização das moléculas é a mais compacta possível (**figura 3.4**). Nesse ponto, a densidade da água é máxima (1 g/cm³). Acima de 4 °C, a água comporta-se como outros líquidos: a energia recebida na forma de calor aumenta a distância média entre as moléculas e faz a água aumentar de volume.

Essa propriedade da água é importante para a sobrevivência dos seres aquáticos em regiões muito frias. No inverno, a água da superfície de rios e lagos, em contato com o ar frio, começa a congelar. Esse gelo que se forma na superfície da água atua, então, como isolante, e fica mais difícil a água abaixo dele congelar. Se o gelo fosse mais denso, afundaria à medida que se formasse, e a água superficial ficaria em contato com o ar muito frio, congelando também. Isso faria com que os rios e lagos dessas regiões congelassem totalmente, impossibilitando a vida (**figura 3.4**). Como isso não acontece, é raro uma massa de água de grandes dimensões congelar completamente.

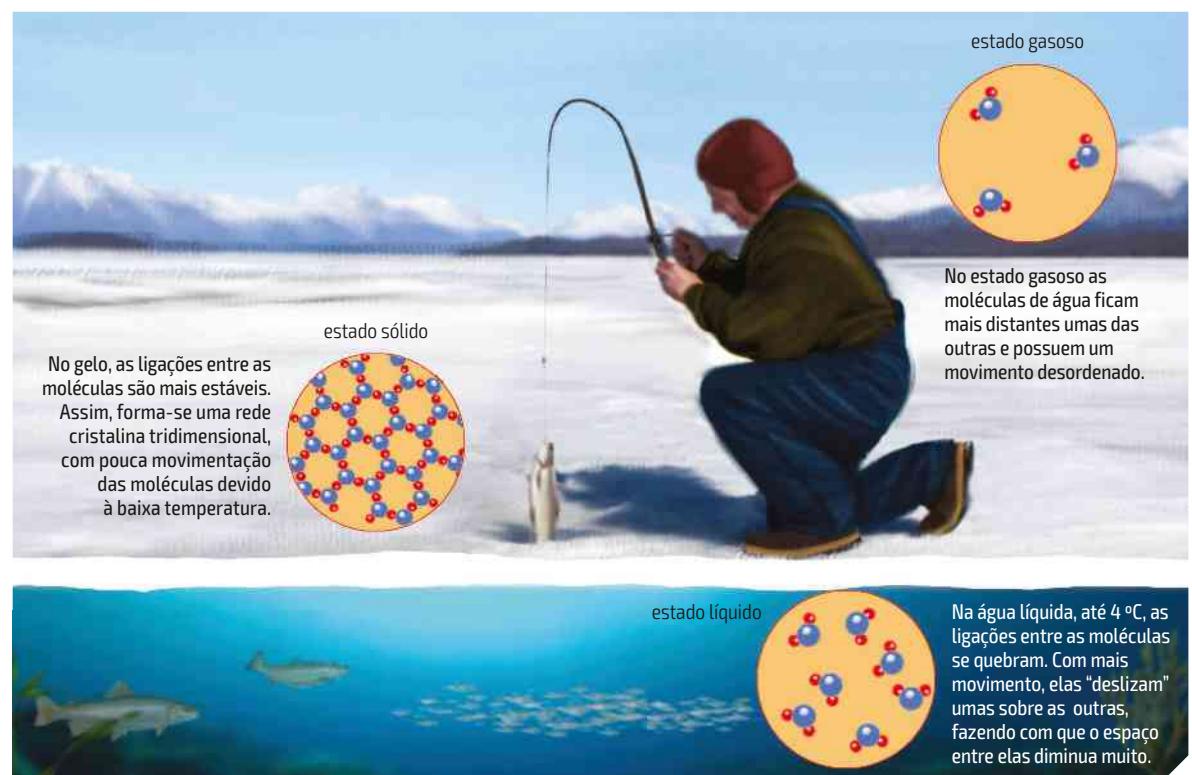


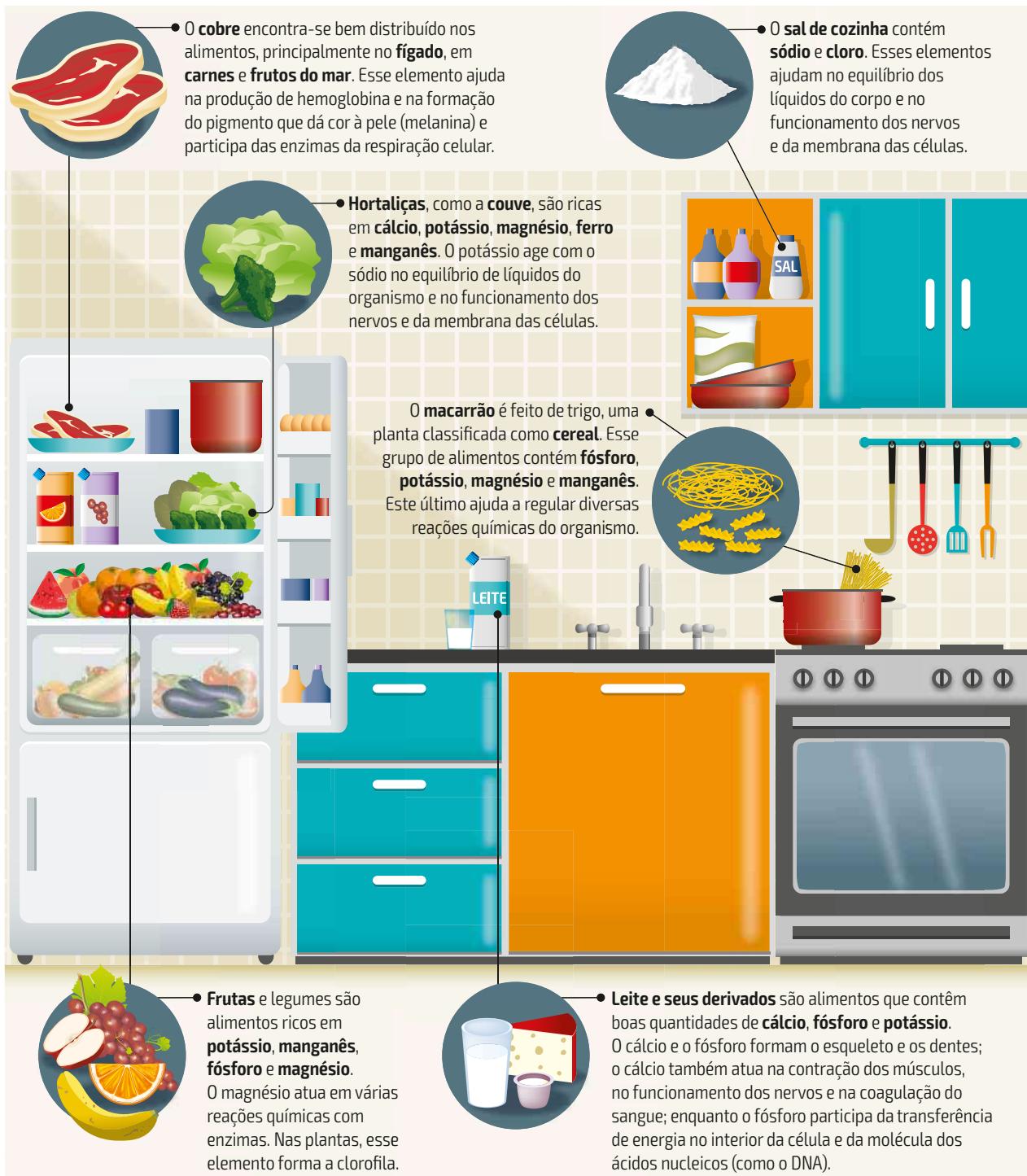
Figura 3.4 Por ser menos densa que a água, a camada de gelo evita que a água abaixo dela congele, o que permite a vida aquática nas regiões frias. (Modelos de moléculas; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

2 Sais minerais

Os sais minerais aparecem de três maneiras diferentes nos organismos: dissolvidos na forma de íons na água do corpo; formando cristais, como o carbonato e o fosfato de cálcio encontrados nos ossos que formam o esqueleto; combinados com

moléculas orgânicas, como o ferro na molécula de hemoglobina (que ajuda a levar o oxigênio para as células), o magnésio na clorofila das plantas e o cobalto na vitamina B₁₂.

A figura 3.5 mostra algumas das funções dos elementos dos sais minerais (você vai aprender a função desses sais ao longo do estudo da Biologia).



Alex Argozinho/Arquivo da editora

Figura 3.5 Alguns elementos químicos importantes para o nosso metabolismo, suas fontes e funções. (Os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia.)

Atividades



ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

1. Algumas pessoas fazem exercícios físicos com roupas pesadas em dias quentes porque isso aumenta a transpiração. Com base nesse fato, explique:
 - a) O que a pessoa perdeu pelo suor que a fez diminuir de massa?
 - b) Por que essa perda "extra" de massa é temporária?
 - c) Por que a prática de exercícios com roupas pesadas em dias quentes é perigosa para a saúde?
2. Por que a variação de temperatura nas cidades à beira-mar costuma ser menor que em regiões longe do mar (na mesma latitude e altitude)?
3. O rato-canguru, um pequeno mamífero dos desertos norte-americanos, não bebe água. De onde vem a água necessária para seu organismo?
4. Por que os cientistas se preocupam em encontrar alguma prova da existência de água no estado líquido em outro corpo celeste?
5. Com base nos gráficos abaixo, responda às questões:

Vegetais
Foto: fermer/Shutterstock

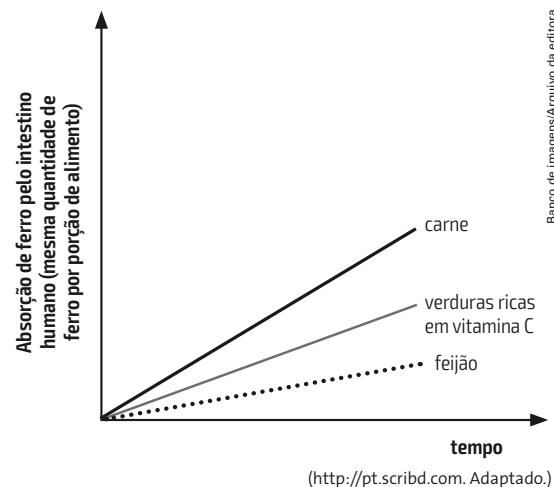
Animais
Foto: Eric Isselee/Shutterstock

(Os elementos representados não estão em escala.)

 - a) Qual é a substância mais encontrada nos seres vivos?
 - b) Qual é o tipo de substância orgânica mais encontrada nos animais? E nas plantas?
6. Era um dia muito quente e de muito sol em uma praia rochosa. Tão quente que não era possível pisar descalço sobre a areia ou as rochas, pois os pés queimavam. Mas não havia nenhum problema em andar com os pés mergulhados na água. Como se explica essa diferença de temperatura?

7. (UFRJ) No interior das sementes podem ser encontrados o embrião, que dará origem a uma nova planta, e uma reserva de alimento, que nutrirá o embrião no início de seu desenvolvimento. Se todos os componentes necessários para a formação de um novo vegetal já estão presentes nas sementes, por que os grãos de feijão, por exemplo, normalmente não germinam dentro das embalagens nas quais estão contidos?

8. (Unifesp) Considere as afirmações e o gráfico.
 - I. Nas carnes e vísceras, o ferro é encontrado na forma Fe^{2+} .
 - II. Nos vegetais, o ferro é encontrado na forma mais oxidada, Fe^{3+} .
 - III. A vitamina C é capaz de reduzir o ferro da forma Fe^{3+} para a forma Fe^{2+} .



Banco de imagens/Arquivo da editora

- a) Qual das formas iônicas do ferro é mais bem absorvida pelo intestino humano? Justifique.
- b) As afirmações e o gráfico justificam o hábito do brasileiro de consumir laranja junto com a feijoada? Justifique.

9. (Uepa)

O surgimento e a manutenção da vida, no nosso planeta, estão associados à água, que é a substância mais abundante dentro e fora do corpo dos seres vivos. Entretanto, segundo dados fornecidos pela Associação Brasileira de Entidades do Meio Ambiente (Abema), 80% dos esgotos do país não recebem nenhum tipo de tratamento e são despejados diretamente em rios, mares, lagos e mananciais, contaminando a água aí existente.

(Adaptado de Poluição da Água: <www.colegioweb.com.br/biologia/constituiacaoda-agua.html>. Acesso: 5 set. 2011.)

Considerando as funções exercidas nos seres vivos pela substância em destaque no texto, analise as afirmativas abaixo.

I. Facilita o transporte das demais substâncias no organismo.

II. Participa do processo da fotossíntese.

III. Dissolve as gorduras facilitando sua absorção.

IV. Auxilia na manutenção da temperatura do corpo.

De acordo com as afirmativas acima, a alternativa correta é:

a) I e II.

d) II, III e IV.

b) I, II e III.

e) I, II, III e IV.

c) I, II e IV.

- 10.** (Enem) A água é um dos componentes mais importantes das células. A tabela a seguir mostra como a quantidade de água varia em seres humanos, dependendo do tipo de célula. Em média, a água corresponde a 70% da composição química de um indivíduo normal.

Tipo de célula	Quantidade de água
Tecido nervoso – substância cinzenta	85%
Tecido nervoso – substância branca	70%
Medula óssea	75%
Tecido conjuntivo	60%
Tecido adiposo	15%
Hemárias	65%
Ossos (sem medula)	20%

(Fonte: Junqueira, L. C. e Carneiro, J. *Histologia básica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1985.)

Durante uma biópsia, foi isolada uma amostra de tecido para análise em um laboratório. Enquanto intacta, essa amostra pesava 200 mg. Após secagem em estufa, quando se retirou toda a água do tecido, a amostra passou a pesar 80 mg. Baseado na tabela, pode-se afirmar que essa é uma amostra de:

a) tecido nervoso – substância cinzenta.

b) tecido nervoso – substância branca.

c) hemárias.

d) tecido conjuntivo.

e) tecido adiposo.

- 11.** (UCS-RS) Além de fazer parte da constituição dos organismos vivos, a água apresenta outras características importantes, que são vitais à manutenção dos ecossistemas do planeta.

Com relação às características da água, assinale a alternativa correta.

a) Na Terra, a água pode ser encontrada somente em dois estados físicos: líquido (água salgada e doce) e sólido (geleiras, neve e icebergs).

b) Ao resfriar, a partir de 4 °C a água diminui sua densidade, solidificando, por exemplo, em lagos e mares, apenas na superfície. Isso contribui para a manutenção da vida em regiões de alta latitude.

c) A temperatura da água do mar não varia com a profundidade e a latitude, o que garante a formação de corais.

d) Na formação das geleiras, a molécula de água ganha mais um átomo de hidrogênio.

e) Devido principalmente à sublimação, a água armazena e libera energia para o ambiente, influenciando no clima da região em que se encontra.

- 12.** (UFSC) A maior parte dos seres vivos é composta de água. No corpo humano, a porcentagem de água pode variar de 20%, nos ossos, a 85%, nas células nervosas; nas medusas (animais marinhos), a porcentagem de água chega a mais de 95%. Assinale as afirmativas que indicam corretamente a importância da água nos seres vivos.

(01) A maioria dos elementos químicos presentes nos seres vivos necessita de um meio aquoso para se dissolver e reagir uns com os outros.

(02) A água atua no transporte e na remoção dos produtos do metabolismo.

(04) A grande capacidade da água de absorver calor protege o material vivo contra súbitas mudanças térmicas.

(08) A água atua como lubrificante, estando presente nos líquidos corporais, entre um órgão e outro.

Dê como resposta a soma dos números associados às alternativas corretas. **01 + 02 + 04 = 07**

- 13.** (Enem) Nas recentes expedições espaciais que chegaram ao solo de Marte, e através dos sinais fornecidos por diferentes sondas e formas de análise, vem sendo investigada a possibilidade da existência de água naquele planeta. A motivação principal dessas investigações, que ocupam frequentemente o noticiário sobre Marte, deve-se ao fato de que a presença de água indicaria, naquele planeta,

a) a existência de um solo rico em nutrientes e com potencial para a agricultura.

b) a existência de ventos, com possibilidade de erosão e formação de canais.

c) a possibilidade de existir ou ter existido alguma forma de vida semelhante à da Terra.

d) a possibilidade de extração de água visando ao seu aproveitamento futuro na Terra.

e) a viabilidade, em futuro próximo, do estabelecimento de colônias humanas em Marte.

Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas abaixo para pesquisar (em livros, CD-ROMs, na internet, etc.). Depois, exponham o resultado do trabalho para a classe e para a comunidade escolar (alunos, professores, funcionários da escola e pais ou responsáveis). O resultado de sua pesquisa poderá ser apresentado em diferentes linguagens, como cartazes, peças de teatro, campanhas publicitárias, vídeos.

a) Causas e consequências da diarreia, principalmente em crianças e idosos; medidas preventivas contra a desidratação (soro de reidratação oral, por exemplo) em casos de diarreia; medidas de higiene pessoal para prevenir a diarreia infecciosa (essas informações podem ser obtidas por meio de visitas a postos de saúde ou entrevistas com profissionais da saúde). Procurem dados estatísticos sobre a morte de crianças causada por diarreia no Brasil e no mundo e pesquisem o que pode ser feito para evitar esse problema; com o auxílio dos professores de Geografia e Sociologia, analisem a possível influência de fatores sociais nesse caso. No final, elaborem uma campanha para esclarecer a população sobre a importância dos

cuidados para evitar a diarreia e como tratar a doença. A campanha poderá ser feita com cartazes, folhetos e outros recursos (frases de alerta, letras de música, fotos, vídeos, etc.). Se possível, convidem profissionais da área de saúde para ministrar palestras à comunidade escolar sobre esse tema.

b) Façam uma lista dos diversos usos que, diariamente, fazemos da água em casa, em empresas, em estabelecimentos de comércio ou na escola. Depois, pesquisem maneiras de economizar água em cada uma dessas situações e elaborem uma campanha contra o desperdício de água. A campanha poderá ser feita com cartazes, folhetos e outros recursos, como fotos e vídeos feitos com o telefone celular.

c) Pesquisem e apresentem para a classe as principais propriedades físicas e químicas da água, indicando como essas propriedades possibilitam a existência da vida na Terra. Usem ilustrações e modelos esquemáticos para explicar de forma sucinta as características especiais da água. Se possível, peça orientações para os professores de Física e de Química.



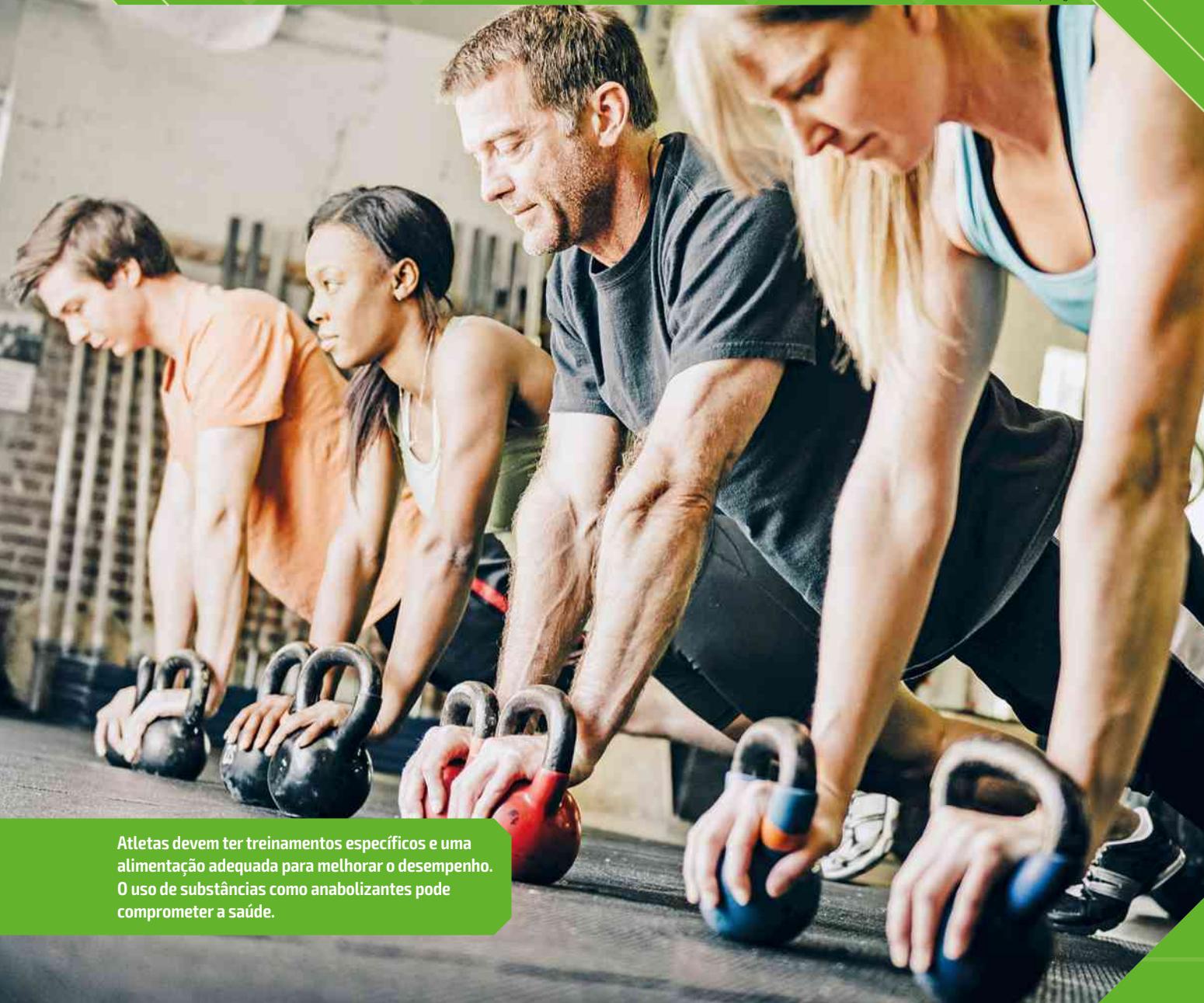
Syda Productions/Shutterstock

Vocês podem usar um aparelho de telefone celular para fazer fotos ou vídeos e montar uma campanha de conscientização sobre o uso racional da água.

Fique de olho!

O trabalho em equipe permite não apenas que você pesquise e aprenda, construindo o conhecimento, mas também que exerça a capacidade de se comunicar, de ouvir e de respeitar a opinião de outros estudantes. A troca de ideias nos permite avaliar e tomar decisões sobre o conteúdo a ser apresentado, não apenas para os outros estudantes, mas para toda a comunidade escolar.

ferrantrate/Getty Images



Atletas devem ter treinamentos específicos e uma alimentação adequada para melhorar o desempenho. O uso de substâncias como anabolizantes pode comprometer a saúde.

Embora sejam proibidos, os esteroides (compostos lipídicos) anabolizantes são muito usados por atletas profissionais. Por isso, em competições oficiais, como os Jogos Olímpicos, uma amostragem de atletas é submetida a exames de urina para detectar essas e outras substâncias, como estimulantes. A ingestão adequada de nutrientes por meio de uma alimentação balanceada e a prática regular de exercícios físicos são a melhor forma de manter o equilíbrio do corpo e a saúde.

- ◆ Que funções os nutrientes desempenham em nosso organismo?
- ◆ Em que alimentos podemos encontrar carboidratos e lipídios?
- ◆ Quais os problemas que a ingestão excessiva dessas substâncias pode provocar?



1 Carboidratos

Os alimentos ricos em **carboidratos ou glicídios** (do grego *glykys* = doce; embora nem todos os glicídios sejam doces) são chamados **energéticos** e, em sua maioria, são de origem vegetal:

- cereais: arroz, trigo, aveia, etc.;
- raízes e tubérculos: batata, aipim, cenoura, beterraba;
- leguminosas: feijão, ervilha, soja, etc.;
- frutas: banana, manga, maçã, etc.

Além desses grupos de alimentos, também são ricos em carboidratos os alimentos preparados com esses vegetais ou com o açúcar comum (sacarose), retirado principalmente da cana-de-açúcar.

As funções dos carboidratos

A energia que o ser vivo utiliza para formar suas células, movimentar-se, produzir calor, etc. provém da oxidação do alimento por meio do processo de respiração celular. O principal combustível da respiração celular são os carboidratos, que são oxidados mais facilmente, mas as proteínas e os lipídios também podem ser usados nesse processo.

A energia obtida pela oxidação dos alimentos pode ser medida em calorias (cal).

Uma caloria é a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1 g de água em 1 °C. Quando estudamos Física, também empregamos esse conceito. Uma caloria equivale a cerca de 4,18 joules, que é a unidade de energia no Sistema Internacional de Unidades. Para medir a quantidade de energia gerada pelo alimento, costumamos utilizar a unidade **quilocaloria (kcal)**, que equivale a 1 000 cal. Uma maçã, por exemplo, tem, em média, 70 kcal. Essa é a notação mais comum nos rótulos dos alimentos industrializados (**figura 4.1**).

Para Brasil / Argentina / Uruguai / Paraguai

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL / INFORMACIÓN NUTRICIONAL /

Quantidade por porção/ Cantidad por porción	%VD (*)
Valor energético Carboidratos/Carbohidratos	83 kcal = 349 kJ 4%
Proteínas	8,4 g 3%
Gorduras totais/Grasas totales	3,8 g 5%
Gorduras saturadas/ Grasas saturadas	3,7 g 7%
Gorduras trans/Grasas Trans	2,3 g 11%
Fibra alimentar/Alimentaria	não contém/No contiene 0 g 0%
Sódio	54 mg 2%

Para Brasil

* % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8.400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

** Quantidade suficiente para preparar 240 ml. *** VD não estabelecido.

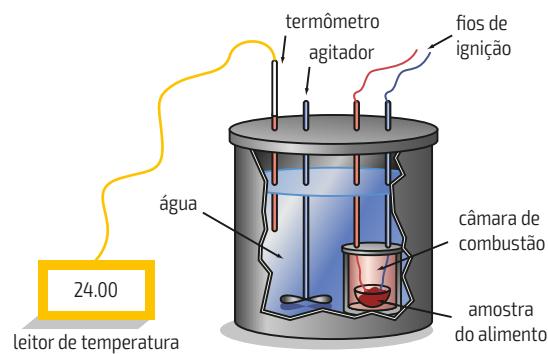
Daniel Cymbalista/Pulsar Imagens

Figura 4.1
Informação nutricional presente na embalagem de cápsulas de café e leite.

A quantidade de calorias de um alimento pode ser medida em um aparelho chamado calorímetro (**figura 4.2**), utilizado em Física. O alimento é queimado no calorímetro e um termômetro mede o aumento de temperatura de uma massa conhecida de água.

Você já deve saber que quanto maior o nível de atividade física, mais calorias são consumidas pelo organismo. E, portanto, mais a pessoa precisa comer para repor essas calorias perdidas.

Além de sua função energética, os carboidratos participam da formação de algumas estruturas dos seres vivos, compondo o revestimento (ou a membrana) das células, e estão presentes nas substâncias existentes entre as células de um tecido. Também são encontrados na estrutura dos ácidos nucleicos, participando, assim, da estrutura dos genes.



Casa do Tipos/Arquivo da editora

Figura 4.2 Esquema simplificado de um calorímetro usado para medir as calorias presentes em uma amostra de alimento. (Os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia.)

Tipos de carboidratos

Os carboidratos podem ser classificados em **monossacarídeos** (do grego *monos* = único; *sáccharon* = açúcar; *eidos* = semelhante), **dissacarídeos** (do grego *di* = dois) e **polissacarídeos** (do grego *polys* = muitos).

Monossacarídeos ou açúcares simples são os carboidratos de moléculas menores, que não são quebrados pela digestão.

A **glicose** (figura 4.3), composto mais utilizado pelos seres vivos como fonte de energia, é um monossacarídeo fabricado pelos vegetais por meio da fotossíntese e armazenado na forma de moléculas mais complexas. Outro carboidrato simples, a **frutose**, encontrada no mel, também tem função energética, assim como a **galactose**, outro monossacarídeo que, ligado à glicose, forma a lactose presente no leite.

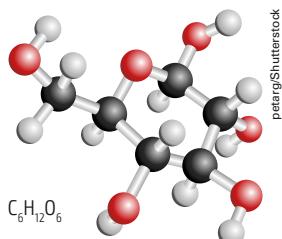


Figura 4.3 Modelo espacial de uma molécula de glicose. As esferas mais escuras representam átomos de carbono; as esferas mais claras representam átomos de hidrogênio; as vermelhas representam átomos de oxigênio (cores fantasia).

Os dissacarídeos são carboidratos formados pela união de duas moléculas de monossacarídeos. Os principais são a sacarose, a lactose e a maltose.

A **sacarose** (figura 4.4) é o dissacarídeo mais conhecido e também o mais doce. Trata-se do açúcar comum, adicionado a bebidas, doces, bolos, etc. Sua molécula é formada pela união de uma molécula de glicose com uma de frutose. É encontrada em muitos vegetais, principalmente na cana-de-açúcar e na beterraba, sendo também a forma pela qual a glicose produzida nas folhas é distribuída pelo corpo do vegetal.

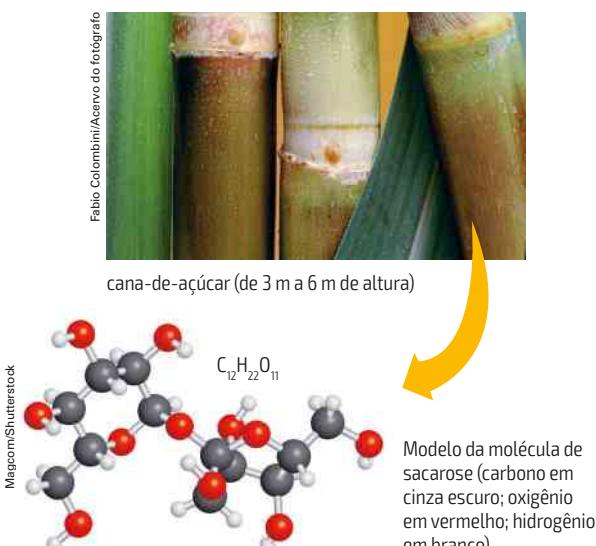


Figura 4.4 A sacarose, presente no açúcar comum, é um dissacarídeo (cores fantasia).

Biologia e saúde



Cuidado com o excesso de calorias!

Se você está consumindo mais calorias do que gasta, o resultado pode ser o sobrepeso e, até mesmo, a obesidade. Podem contribuir para isso o consumo excessivo de alimentos, sobretudo aqueles ricos em açúcares e gorduras, e a falta de atividade física.

Veja este exemplo: 100 g de maçã têm cerca de 63 kcal, e 100 g de banana têm aproximadamente 98 kcal. Já 100 g de bolo de chocolate ou biscoito doce têm cerca de 440 kcal, e 100 g de chocolate têm por volta de 540 kcal. Evite, portanto, consumir em demasia quaisquer tipos de doces, como balas, chocolates, refrigerantes, chicletes e sorvetes, principalmente antes das refeições.

Apesar de muito ricos em calorias, esses alimentos não possuem os demais nutrientes (vitaminas, proteínas, etc.) importantes para uma boa saúde em quantidade adequada. Seu consumo diminui o apetite temporariamente sem satisfazer as necessidades alimentares da pessoa, além de propiciar o ganho de peso e picos de glicemia no sangue (quantidade de glicose na corrente sanguínea).

O tratamento para a obesidade deve ser orientado pelo médico, que em geral vai indicar uma modificação na alimentação, isto é, uma reeducação alimentar, além do aumento do gasto energético, com a inclusão de atividades físicas orientadas por especialistas.

A **lactose**, formada pela união de glicose e galactose, é encontrada no leite e representa a principal fonte de energia para o bebê durante a amamentação. A **maltose**, formada pela união de duas glicoses, é produzida durante a germinação das sementes por digestão das reservas de amido, um polissacarídeo.

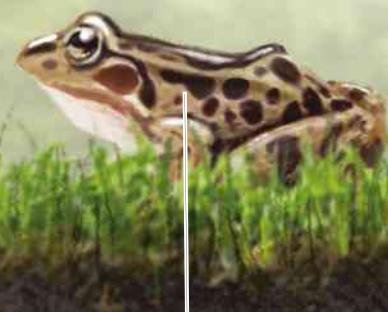
Para entender o que é um polissacarídeo, precisamos conhecer um termo usado em Química: **polí-**

mero. Polímeros (do grego *polys* = muito; *meros* = parte) são substâncias formadas pela união de numerosas moléculas mais simples, os monômeros (do grego *monos* = um). Assim, polissacarídeos são carboidratos de longas cadeias (polímeros), constituídos pela reunião de muitos monossacarídeos (monômeros). Vejamos alguns exemplos de polissacarídeos na **figura 4.5**.

Figura 4.5 Tipos e funções de polissacarídeos.
(Os elementos da figura não estão em escala;
cores fantasia.)



1 Amido ou amilo. Polissacarídeo mais usado pelas plantas como reserva energética. Sua produção é consequência do excesso de glicose resultante da fotosíntese.



3 Glicogênio (do grego *glykys* = doce; *genos* = gerar). Assim como o amido representa uma reserva de glicose para o vegetal, o glicogênio, encontrado nos músculos e no fígado, desempenha esse papel nos animais para curtos períodos de falta de glicose. Quando esse período se prolonga, o organismo utiliza os lípidios, uma reserva maior e mais duradoura.



Mauro Nakai/
Arquivo da editora

4 Celulose. Carboidrato mais abundante na natureza, a celulose, associada a outras substâncias, compõe a estrutura de sustentação dos vegetais.

A importância das fibras

Associada a outros polissacarídeos, a celulose forma as fibras vegetais. Embora o ser humano não seja capaz de digerir e aproveitar esse carboidrato, as fibras são úteis na alimentação. Por absorverem água, amolecem as fezes e aumentam o seu volume, estimulando as contrações musculares do intestino. Assim, elas evitam a prisão de ventre e outros problemas intestinais. Por isso, é importante comer com regularidade alimentos ricos em fibras, como verduras, frutas e legumes (alface, brócolis, maçã, manga, pera, laranja com bagaço, abóbora, cenoura, etc.). Veja a **figura 4.6**.



Martin Dohrn/SPL/Alamy Stock

Figura 4.6 Alguns alimentos ricos em fibras.

2 Lipídios: reserva de energia

Os **lipídios** (do grego *lipos* = gordura) mais conhecidos são as **gorduras** e os **óleos**. Podem ser encontrados no leite e em seus derivados, na gema de ovo, nas carnes, nos óleos vegetais (**figura 4.7**) e em alguns frutos, como abacate e coco.



Africa Studio/Shutterstock

Figura 4.7 Alguns alimentos ricos em lipídios: manteiga, azeitonas e óleos vegetais.

As funções dos lipídios

Os lipídios funcionam como uma eficiente reserva de energia: 1 g de lipídio libera 9 kcal contra 4 kcal liberadas por 1 g de carboidrato. Além disso, por serem insolúveis na água, podem ser armazenados de forma mais concentrada. Essa reserva energética é produzida geralmente a partir da gordura ingerida e do excesso de carboidratos, que pode ser transformado em gordura.

A gordura deposita-se nas **células adiposas**, também chamadas **adipócitos**. Elas se dispõem em volta dos órgãos ou na parte mais profunda da pele, onde formam uma camada protetora. Além de proteger contra impactos mecânicos, essa camada atua como isolante térmico, porque o calor tem dificuldade em atravessar a gordura. Essa é uma adaptação fundamental dos animais que vivem em climas frios (**figura 4.8**).

Como as proteínas, os lipídios colaboram na formação da membrana da célula. Alguns lipídios constituem também hormônios e vitaminas.



Jonathan Kingston/Getty Images

Figura 4.8 Foca (*Phoca vitulina*, cerca de 1,5 m de comprimento) descansa sobre uma placa de gelo na costa do Alasca, EUA.

Tipos de lipídios

Presentes na manteiga, no leite, no queijo, nos ovos, na banha (gorduras de origem animal) e em óleos vegetais, os **glicerídios** são os lipídios encontrados em maior quantidade nos alimentos e estão representados pelos óleos e gorduras. São também os principais lipídios presentes nas células adiposas.

Como você verá no estudo de Química, os **acil-gliceróis** (outra denominação para os glicerídios) são formados pela união de glicerol (um álcool) com **ácidos graxos** (ácidos com longa cadeia, com mais de doze átomos de carbono). Pode haver uma, duas ou, o que é mais comum, três moléculas de ácido graxo ligadas ao glicerol. Nesse caso, o composto é chamado **triglycerídio** ou **triacilglicerol**.

Alguns ácidos graxos, como os ácidos oleico e linoleico, possuem ligações químicas duplas unindo certos átomos de carbono. Por causa disso, esses ácidos graxos são chamados **insaturados**. Já os ácidos graxos que possuem apenas ligações simples são chamados **saturados**. Os óleos são ricos em ácidos graxos insaturados, o que faz com que eles sejam líquidos em temperatura ambiente (**figura 4.9**), enquanto as gorduras, por causa da presença de ácidos graxos saturados, são sólidas (**figura 4.9**). Alguns autores, no entanto, usam indistintamente o termo gordura para se referir tanto a óleos como a gorduras, estabelecendo uma distinção, nesse caso, entre **gordura insaturada** (óleos ricos em ácidos graxos insaturados) e **gordura saturada** (gorduras ricas em ácidos graxos saturados).

Um óleo pode ser convertido em gordura, passando do estado líquido para o sólido, se adicionarmos átomos de hidrogênio a sua molécula, quebrando as ligações duplas. Esse processo, empregado em Química, é chamado **hidrogenação** e é usado, por exemplo, na produção de margarina a partir de óleos vegetais. Mas, nesse caso, a hidrogenação é parcial, o que deixa a margarina pastosa. Em alguns tipos de margarina, as ligações duplas são preservadas e o estado sólido é obtido pela adição de produtos químicos.

No grupo de lipídios conhecidos como cerídios estão as **ceras**, como a da orelha humana (ouvido, pela antiga nomenclatura), da carnaúba e do favo da abelha. A cera da orelha a protege contra germes.

As ceras dos vegetais formam camadas impermeáveis, que cobrem folhas e frutos em algumas plantas, evitando a perda de água. Essa é uma importante adaptação à vida terrestre.

Os fosfolipídios, também chamados **fosfoacilgliceróis**, apresentam uma região polar, que se mistura com a água (região hidrófila), e outra apolar, que não se mistura com a água (região hidrófoba), onde estão os ácidos graxos. Isso faz com que eles assumam uma arrumação típica na composição da membrana da célula, como veremos no Capítulo 7.

No grupo dos **esteroides**, encontramos os hormônios sexuais e o colesterol. O colesterol está presente na membrana apenas da célula animal e pode ser ingerido com alimento ou produzido no fígado (origem endógena). O colesterol é usado na síntese dos hormônios sexuais, da vitamina D e dos sais biliares.

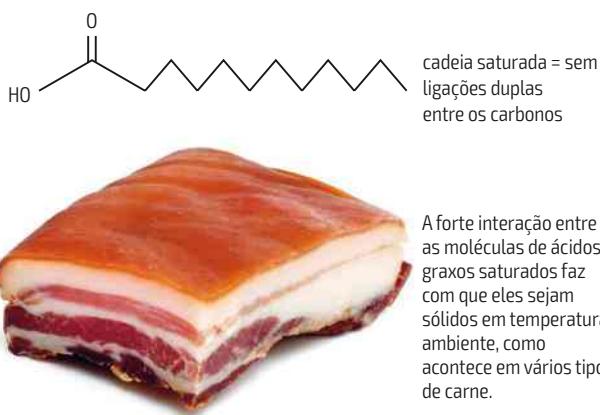


Figura 4.9 Esquema mostrando características gerais dos ácidos graxos saturados e insaturados. Você aprenderá mais detalhes sobre esses compostos durante o estudo de Química. (Os elementos representados não estão em escala.)



Colesterol e gordura trans

O fígado é capaz de sintetizar colesterol a partir de gorduras saturadas do alimento. Esse colesterol, combinado a proteínas e ácidos graxos (lipoproteínas), é transportado pelo sangue do fígado para outros tecidos. As lipoproteínas podem ser de baixa densidade (LDL, do inglês *Low Density Lipoprotein*) ou de alta densidade (HDL, do inglês *High Density Lipoprotein*).

As de baixa densidade (LDL) são chamadas "colesterol ruim". Essas lipoproteínas são consideradas prejudiciais à saúde porque podem provocar acúmulo de placas de gordura nas artérias, que vão ficando endurecidas e estreitas. Com isso, o fornecimento de sangue para os órgãos do corpo diminui; é o problema conhecido como aterosclerose (**figura 4.10**). Além disso, aumenta a probabilidade de formação de coágulos, que podem obstruir artérias importantes, como as que irrigam o coração. Nesse caso, porções maiores ou menores do músculo cardíaco podem ser lesadas: é o infarto do miocárdio, que pode provocar a morte.

O HDL (chamado "colesterol bom") não se deposita nas artérias e leva o colesterol não utilizado até o fígado para que seja eliminado.

O consumo excessivo de gorduras saturadas, encontradas sobretudo em alimentos de origem animal, pode provocar um aumento do "colesterol ruim" no sangue.

A gordura trans é fabricada industrialmente pela hidrogenação (acréscimo de átomos de hidrogênio) dos ácidos insaturados presentes nos óleos vegetais. Nesse processo, algumas duplas-ligações são transformadas em simples e outras moléculas sofrem uma mudança espacial

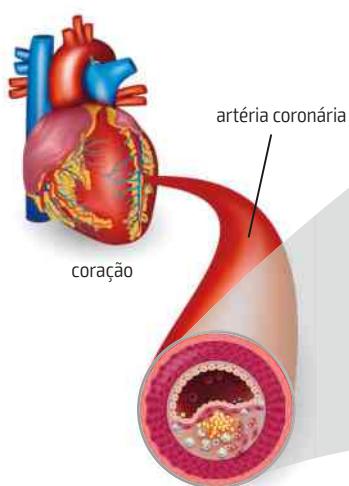
(passam da forma conhecida em Química como *cis* para a forma *trans*, pouco frequente nos alimentos naturais).

A hidrogenação dá uma consistência mais sólida (o óleo passa de líquido a pastoso) a alguns alimentos industrializados, como sorvetes, batatas fritas, bolos, biscoitos, chocolate, comidas de "consumo rápido" (*fast-food*), como hambúrgueres, e margarinas (algumas marcas de margarina não usam esse processo). No rótulo desses alimentos as expressões "gordura ou óleo vegetal hidrogenado", "parcialmente hidrogenado" ou "óleo vegetal hidrogenado" indicam a presença de gordura *trans*.

A gordura *trans* pode provocar aumento do "colesterol ruim" e diminuição do "colesterol bom", aumentando com isso a chance de problemas cardiovasculares. Por isso, os médicos recomendam um consumo bem restrito desse tipo de gordura. Também por esse motivo, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) passou a exigir, desde 2006, que as gorduras *trans* sejam discriminadas no rótulo de alimentos e bebidas.

Com o objetivo de prevenir problemas cardiovasculares, o médico pode detectar, por meio de um exame de sangue, se a taxa de colesterol está normal e, se for o caso, prescrever medicamentos para normalizá-la. Nesse caso, é importante também diminuir o consumo de gorduras saturadas, praticar exercícios físicos (sob orientação de profissionais especializados, para evitar uma sobrecarga para o coração ou lesões nos sistemas esquelético e muscular), manter um peso adequado e não fumar.

Tefi/Shutterstock



Artéria em corte transversal, mostrando luz (por onde o sangue passa) e a obstrução.

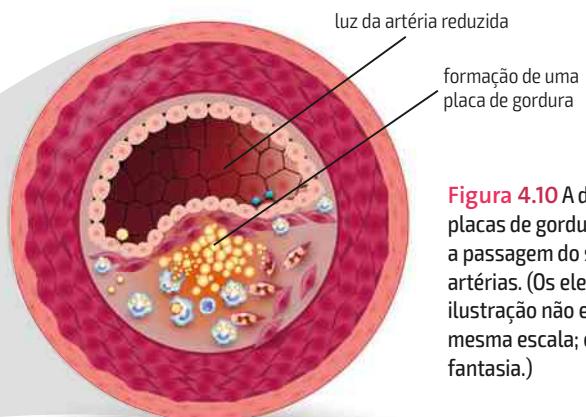


Figura 4.10 A deposição de placas de gordura dificulta a passagem do sangue nas artérias. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Atividades



1. Um estudante afirmou que “açúcar é energia”. Explique o que ele quis dizer com isso.
2. Uma pessoa que precisa emagrecer resolveu diminuir a ingestão de alimentos ricos em carboidratos. Cite alguns desses alimentos e explique por que, quando o objetivo é perder peso, não basta restringir a ingestão de alimentos desse grupo.
3. O amido desempenha, nas plantas, uma função semelhante à do glicogênio nos animais. Qual é essa função?
4. Um estudante afirmou que não devemos ingerir lipídios porque as gorduras são prejudiciais ao organismo. Ele está certo? Por quê?
5. Os valores abaixo (aproximados) indicam quantas quilocalorias existem em 100 g de alimento e referem-se à forma mais comum de consumo do alimento (cru ou cozido).
 - alface, pepino, agrião, berinjela, chuchu, couve-flor, tomate, brócolis, pimentão, cenoura: 10 a 30 kcal
 - suco de laranja, mamão, abacaxi: 35 a 50 kcal
 - batata cozida: 52 kcal
 - maçã: 63 kcal
 - feijão: 77 kcal
 - banana-prata: 98 kcal
 - arroz: 128 kcal
 - leite em pó desnatado: 362 kcal
 - açúcar: 387 kcal
 - biscoito doce, com recheio de chocolate: 472 kcal
 - leite em pó integral: 497 kcal
 - batata frita: 540 kcal
 - manteiga e margarina: 720 kcal
 - a) Que substâncias químicas são as principais responsáveis pelo valor calórico do açúcar comum? E da banana? E da manteiga?
 - b) Como você justifica o maior valor calórico da manteiga ou da margarina em relação ao da banana ou ao do açúcar comum?
 - c) Por que o leite integral tem mais calorias do que o desnatado?
 - d) Por que a batata frita tem mais calorias do que a batata cozida?
6. (Vunesp-SP) Os açúcares complexos, resultantes da união de muitos monossacarídeos, são denominados polissacarídeos.
 - a) Cite dois polissacarídeos de reserva energética, sendo um de origem animal e outro de origem vegetal.
 - b) Indique um órgão animal e um órgão vegetal, onde cada um destes açúcares pode ser encontrado.

7. (Enem) Defende-se que a inclusão da carne bovina na dieta é importante, por ser uma excelente fonte de proteínas. Por outro lado, pesquisas apontam efeitos prejudiciais que a carne bovina traz à saúde, como o risco de doenças cardiovasculares. Devido aos teores de colesterol e de gordura, há quem decida substituí-la por outros tipos de carne, como a de frango e a suína. O quadro a seguir apresenta a quantidade de colesterol em diversos tipos de carne crua e cozida.

Alimento	Colesterol (mg/100 g)	
	Crua	Cozida
Carne de frango (branca) sem pele	58	75
Carne de frango (escura) sem pele	80	124
Pele de frango	104	139
Carne suína (bisteca)	49	97
Carne suína (toucinho)	54	56
Carne bovina (contrafilé)	51	66
Carne bovina (músculo)	52	67

Revista ProTeste, n. 54, dez/2006 (com adaptações).

Com base nessas informações, avalie as afirmativas a seguir.

- I. O risco de ocorrerem doenças cardiovasculares por ingestões habituais da mesma quantidade de carne é menor se esta for carne branca de frango do que se for toucinho.
- II. Uma porção de contrafilé cru possui, aproximadamente, 50% de sua massa constituída de colesterol.
- III. A retirada da pele de uma porção cozida de carne escura de frango altera a quantidade de colesterol a ser ingerida.
- IV. A pequena diferença entre os teores de colesterol encontrados no toucinho cru e no cozido indica que esse tipo de alimento é pobre em água.

É correto apenas o que se afirma em:

- | | |
|--------------|----------------|
| a) I e II. | d) II e IV. |
| b) I e III. | x e) III e IV. |
| c) II e III. | |

8. (Faap-SP) A celulose é um carboidrato, um polissacarídeo de origem vegetal e com função estrutural. É um componente presente em todos os alimentos de origem vegetal. Os seres humanos não são capazes de digerir as fibras de celulose, porém elas são importantíssimas, pois:

- a) fornecem energia para o corpo.
 - b) formam estruturas esqueléticas importantes.
 - c) são fontes de vitaminas.
 - d) facilitam a formação e a eliminação das fezes.**
 - e) são importantes para o crescimento.

9. (UEM-PR) O colesterol é um dos lipídios encontrados no corpo humano, bastante conhecido devido à sua associação com doenças cardiovasculares. Apresenta ainda diversas funções importantes ao organismo. Sobre essa molécula, é correto afirmar que:

- (01) ela é a precursora dos hormônios sexuais, como a testosterona e a progesterona.
- (02) ela participa da composição química da membrana plasmática.
- (04) ela é encontrada em alimentos de origem animal e vegetal, uma vez que é derivada do metabolismo dos glicerídeos.
- (08) ela é produzida no fígado, quando de origem endógena.
- (16) ela permite a formação da vitamina D e dos sais biliares. **01 + 02 + 08 + 16 = 27**

10. (Uema) Os glicídios são as principais fontes de energia diária para seres humanos e são classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos, de acordo com o tamanho da molécula. Polissacarídeos são polímeros de glicose constituídos fundamentalmente por átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio que desempenham diversas funções essenciais ao bom funcionamento do organismo. Os polissacarídeos mais conhecidos são o glicogênio, a celulose, o amido e a quitina.

As funções atribuídas a essas moléculas são, respectivamente:

- b) reserva, reserva, estrutural, estrutural.
 - c) reserva, estrutural, reserva, estrutural.
 - d) estrutural, estrutural, reserva, reserva.
 - e) reserva, estrutural, estrutural, reserva.

11. (UPE) Leia o texto abaixo:

História e variações do cuscuz

O kuz-kuz ou alcuzcuz nasceu na África setentrional. Inicialmente, feito pelos mouros com arroz ou sorgo, o prato se espalhou pelo mundo no século XVI, sendo feito com milho americano. No Brasil, a iguaria foi trazida pelos portugueses na fase colonial. Estava presente apenas nas mesas das famílias mais pobres e era a base da alimentação dos negros. Em São Paulo e Minas Gerais, o prato se transformou em uma refeição mais substancial, recheado com camarão, peixe ou frango e molho de tomate. No Nordeste, a massa de milho feita com fubá é temperada com sal, cozida no vapor e umedecida com leite de coco com ou sem açúcar.

Fonte: <www.mundolusiada.com.br/.../gas015_juno8>.

Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna.

Delícia da culinária da nossa terra, o cuscuz feito de milho é rico em .

- a) amido.
b) carotenoide.
c) cera.

12. (IFSP) Um site de nutrição apresenta exemplos de boas refeições que podem ser feitas antes de competições esportivas:

- Café da manhã de cereais + leite magro + frutas frescas ou em conserva
 - Bolinhos + doce, geleia ou mel
 - Panquecas + mel
 - Tortas + feijão ou macarrão
 - Sanduíches com recheio de banana
 - Salada de frutas + iogurte magro
 - Massa + molho de tomate
 - Batata assada
 - Barras nutricionais desportivas ou barras de cereais + bebida desportiva
 - Vitamina de frutas (com leite com baixo teor de gordura + frutas + iogurte magro gelado)

(Disponível em: <www.alimentacaosaudavel.org/refeicoes-antes-desporto.html>, Acesso em: 17 nov. 2013.)

Baseando-se nas opções de refeições apresentadas, pode-se concluir que os atletas devem consumir, preferencialmente, alimentos ricos em:

- a) lipídios, que contribuirão para o aumento da massa muscular.
 - b) proteínas, que servirão como importante fonte de açúcares.
 - c) proteínas, que serão armazenadas no corpo como um estoque de energia.
 - d) carboidratos, que fornecerão os aminoácidos necessários para o músculo.
 - e) carboidratos, que aumentarão a oferta de energia disponível para o organismo.

13. (Unifor-CE) Atribuíram as seguintes funções aos lipídios, grupo de substâncias sempre presentes nas células:

- I. Como substâncias de reserva são exclusivos de células animais.
 - II. Podem ter função energética, ou seja, fornecem energia para as atividades celulares.
 - III. Têm função estrutural, uma vez que entram na composição das membranas celulares.

É correto o que se afirma somente em:

- a) I.
b) II.
c) III.
d) I e II.
X e) II e III.

Atividades práticas

1. Providencie o material a seguir:
 - cinco tampas de vidro ou cinco pires e um conta-gotas.
 - cinco tipos de alimento: amido de milho, rodelas de banana, fatias de pão, arroz cozido, clara de ovo, rodelas de aipim, biscoitos de cor clara, pedaços de carne crua e de queijo, um pouco de farinha de trigo, pedaços de batata sem casca (crua ou cozida), leite, macarrão cozido, óleo de soja, chocolate, alface, etc.
 - solução de iodo preparada, pelo professor, a partir de tintura de iodo (comprada em farmácia), diluída em água até ficar com cor alaranjada ou castanho-clara.

ATENÇÃO

O laboratório não é lugar de brincadeiras! Não realize experimentos nem manipule produtos químicos sem o consentimento e a supervisão do seu professor. Não mexa em torneiras de gás, se houver. Não cheire nem prove produtos químicos e evite o contato deles com a pele e os olhos.

Coloque um pouco do amido de milho (uma colher de café, por exemplo) sobre uma tampa ou um pires. Peça ao professor que pingue de duas a três gotas de solução de iodo. Em outra tampa, coloque um pouco de água e, novamente, peça ao professor que pingue duas ou três gotas de iodo (tome cuidado para a solução não cair na pele ou na roupa). Compare a cor das duas misturas e anote os resultados. Depois, distribua um

pouco de cada alimento nos pires ou tampas restantes e peça ao professor que pingue duas ou três gotas de solução de iodo sobre cada um deles. Anote as cores que aparecem em cada amostra, compare com a cor obtida na mistura de água e na do amido de milho e responda:

- a) Que substância presente nos alimentos provocou mudança de cor no iodo?
- b) Que alimentos são ricos dessa substância?
- c) Em que tipo de alimento essa substância está ausente?

ATENÇÃO

Importante: Não coloque o iodo na boca, nos olhos ou dentro do nariz. Ele é usado para desinfetar a pele, mas não pode ser aplicado nas mucosas (tecidos que formam a boca, o nariz, etc.), muito menos bebido, é claro, porque é tóxico.
(Também não coma alimento no qual tenham sido pingadas gotas de iodo.)

2. A maneira mais simples de identificar lipídios é observar a formação de manchas gordurosas e translúcidas em papel de embrulho. Pingue uma gota de óleo de cozinha em um canto do papel e no outro canto uma gota de água. Espere secar e examine contra a luz.
Faça o teste com o leite e o repita com os seguintes alimentos: um pouco de clara e um pedaço da gema de um ovo cozido; maionese; manteiga; legumes cozidos (os alimentos sólidos podem ser esfregados com o dedo no papel).

Trabalho em equipe

1. Se possível, procurem um profissional da área da saúde para conversar com a comunidade escolar sobre nutrição e dieta. Esse profissional deve ser preferencialmente um técnico em nutrição e dietética; um nutricionista; ou um médico nutrólogo. Cada grupo deve fazer um roteiro de três perguntas sobre alimentos, nutrição, doenças relacionadas à alimentação e campos de atuação dos profissionais da área de nutrição e alimentos.
2. Escolham um dos temas a seguir para pesquisar (na internet, em livros, em CD-ROMs, etc.).

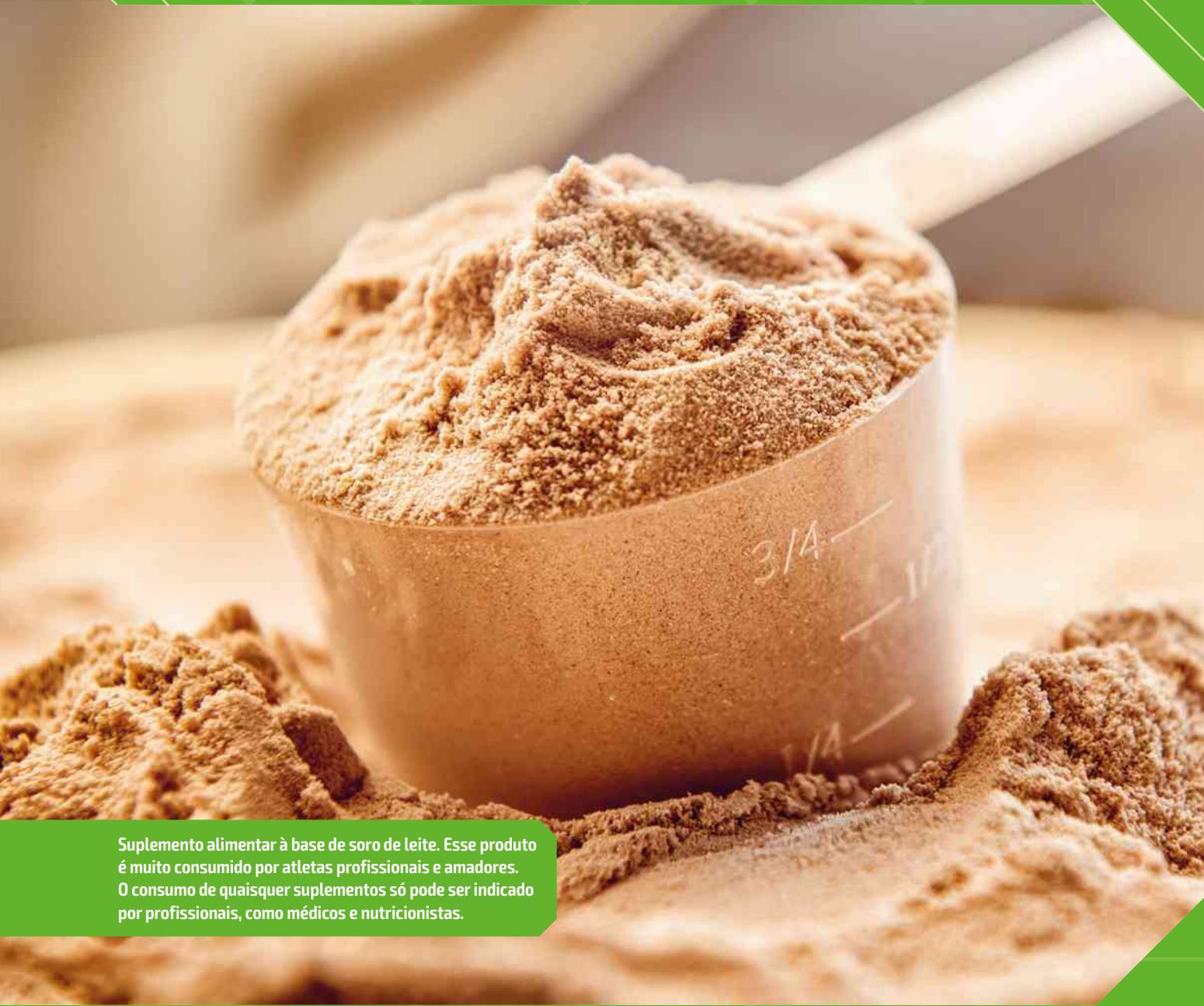
Depois, exponham o resultado da pesquisa para a classe e para a comunidade escolar.

- a) O que são produtos *diet* e *light* e para que são indicados esses alimentos?
- b) Intolerância à lactose: causa, sintomas, tratamento.

Fique de olho!

Uma forma de apresentar os resultados da pesquisa é criar *blogs*, vídeos ou páginas em redes sociais na internet. Assim, é possível trocar ideias com pessoas dentro e fora da escola. Mas nunca se esqueçam de citar a fonte das informações expostas.

Nikita Starichenko/Shutterstock



Suplemento alimentar à base de soro de leite. Esse produto é muito consumido por atletas profissionais e amadores. O consumo de quaisquer suplementos só pode ser indicado por profissionais, como médicos e nutricionistas.

Pessoas que frequentam academias de ginástica já ouviram falar em *whey protein*. Mas o que isso significa? Esse composto, em geral comercializado na forma de um pó com diferentes sabores, é o soro do leite, um subproduto da fabricação de queijos. Até pouco tempo atrás, no Brasil, esse soro era considerado um resíduo industrial e, como é muito rico em proteínas, era aproveitado na alimentação de animais de criação. Atenção! Nunca tome suplementos alimentares sem indicação de um profissional.

- ◆ Como as proteínas participam de processos importantes em nosso organismo?
- ◆ Quais são os principais grupos de alimentos que fornecem proteínas a nossa dieta?
- ◆ O que acontece com uma pessoa que apresenta uma dieta pobre em vitaminas?



1 As funções das proteínas

As **proteínas** (do grego *Proteus* = nome de um semideus da mitologia greco-romana, célebre por sua capacidade de se transfigurar nas mais diversas formas; *inas* = natureza de) são essenciais para o funcionamento geral dos organismos. Enzimas, que controlam reações químicas; alguns hormônios, que controlam diferentes funções; e os anticorpos, que protegem nosso corpo contra invasores, são proteínas. O transporte de oxigênio no sangue e a contração dos músculos também são realizados com a participação de proteínas.

As proteínas exercem, portanto, função estrutural, enzimática, contrátil, hormonal, de defesa e de transporte, entre outras. A ingestão de proteínas em excesso pode comprometer a função de órgãos como os rins.

Características gerais das proteínas

Como você vai estudar com mais detalhes em Química, as proteínas são moléculas grandes, ou **macromoléculas**, formadas pela união de moléculas menores, os **aminoácidos**. Dizemos então que as proteínas são **polímeros** de aminoácidos. De maneira simplificada, uma proteína pode ser representada por um colar de pedrinhas, em que cada uma das pedrinhas representa um aminoácido.

Biologia e Química



Polímeros

O ser humano convive com polímeros desde sempre, uma vez que as proteínas, o DNA e os polissacarídeos que existem em nosso organismo são polímeros naturais. Apesar dessa longa convivência, foi só no século XX que um químico, Staudinger, formulou a hipótese macromolecular afirmando que existem moléculas muito grandes, as "macromoléculas". Essa hipótese foi verificada experimentalmente nos anos 1920, quando Svedberg e os Bragg provaram que a hemoglobina e a celulose são formadas por moléculas gigantes. A aceitação da existência de macromoléculas permitiu a descoberta de muitas substâncias macromoleculares cujo resultado mais visível são os plásticos, borrachas, tintas e vernizes que fazem parte do nosso dia a dia, ou seja, os polímeros sintéticos. Além de descobertas intencionais, como a do *nylon*, dos poliésteres e do polipropileno isotático, houve também descobertas

accidentais, como as do polietileno e do politrafluoretileno. Hoje, continuam sendo criadas novas e interessantes macromoléculas, para se obterem novas propriedades mecânicas, ópticas e elétricas. A importância desses materiais pode ser observada olhando ao nosso redor e vendo a quantidade de objetos feitos de plásticos que nós utilizamos, sustentando uma intensa atividade industrial, e muitos empregos. Os polímeros sintéticos mudaram a face da indústria química: superando em valor os quimioterápicos, fertilizantes e corantes, os polímeros passaram a ser a principal fonte de receita dessa indústria na segunda metade do século XX, e criaram um forte vínculo entre a química, a ciência e a engenharia de materiais. [...]

WAN, Emerson; GALEMBECK, Eduardo; GALEMBECK, Fernando. Polímeros sintéticos. *Cadernos temáticos de Química Nova na Escola*, maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbn.org.br/online/cadernos/02/polimer.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

Os aminoácidos são cadeias de carbono com hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e, às vezes, enxofre. Em sua molécula, há um grupamento **carboxila** (**COOH**) – que caracteriza os ácidos orgânicos – e um grupamento **amina** (**NH₂**), vindo daí o nome aminoácido. Uma função química ou grupamento é um conjunto de substâncias com propriedades químicas semelhantes, como você estudará com mais detalhes em Química.

Na **figura 5.1** podem ser vistas as fórmulas estruturais de dois aminoácidos, a glicina e a alanina (os traços indicam as ligações químicas entre os átomos).

Observe os elementos destacados em amarelo: na fórmula estrutural da glicina trata-se de um átomo de hidrogênio e na fórmula da alanina, um carbono ao qual estão ligados três átomos de hidrogênio (**figura 5.1**). Esses elementos variam de acordo com o tipo de aminoácido: pode ser um simples átomo de hidrogênio ou uma cadeia de carbonos, por exemplo.

Os vegetais fabricam todos os aminoácidos de que necessitam a partir de cadeias de carbono (obti-

das dos açúcares produzidos na fotossíntese) e de sais minerais contendo átomos de nitrogênio retirados do ambiente. Os animais podem fabricar um tipo de aminoácido a partir de outro que tenham obtido na alimentação. No ser humano, os chamados aminoácidos **essenciais**, como a fenilalanina, a leucina e o triptofano, não podem ser formados a partir de outros em quantidade suficiente para suprir as necessidades do organismo; por isso devem estar presentes obrigatoriamente na alimentação.

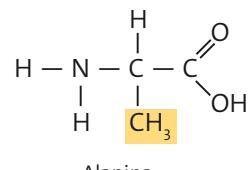
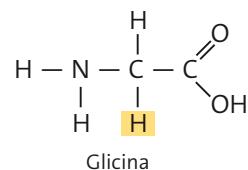


Figura 5.1 Fórmulas estruturais dos aminoácidos glicina e alanina.

Biologia e cotidiano



Arroz com feijão

Alimentos de origem animal, como carne, leite, queijo, peixe e ovos, possuem proteínas completas ou de alto valor biológico, isto é, apresentam quantidade adequada de todos os aminoácidos essenciais.

Em geral, as proteínas presentes nos vegetais não possuem todos os aminoácidos na proporção adequada ao funcionamento do nosso organismo. Essas proteínas são incompletas, ou seja, um único tipo de vegetal nunca possui todos os aminoácidos essenciais. Entretanto, uma dieta variada, com mistura adequada de certos vegetais, pode ser uma boa fonte de proteínas. É o caso da popular combinação brasileira do arroz com feijão: na quantidade certa – uma parte de feijão para duas de arroz – fornece energia (na forma de carboidratos) e também uma fonte barata de

proteína de boa qualidade. Isso acontece porque os cereais, como o arroz, são ricos nos aminoácidos que faltam nas leguminosas, e vice-versa. O arroz é rico em metionina e triptofano, mas pobre em lisina, leucina e isoleucina. Já o feijão é um alimento rico em lisina, leucina e isoleucina, mas pobre em metionina e triptofano.

Essa complementação vale, geralmente, para outras combinações entre cereais (ou mandioca) e leguminosas; por exemplo, macarrão, fubá ou farinha de mandioca com feijão, lentilha, ervilha ou soja.

O fato de essas combinações já serem feitas antes de as análises químicas apontarem a razão dessa complementação mostra que, às vezes, o conhecimento cotidiano se antecipa ao conhecimento científico – um tema discutido em Filosofia.

A união entre os aminoácidos – chamada **ligação peptídica** (do grego *pepto* = digerir) – é sempre feita entre a carboxila (COOH) de uma unidade e o grupo amina (NH_2) da unidade vizinha. O composto formado é um **peptídio** (figura 5.2). Se forem apenas duas unidades, é um dipeptídio; três, tripeptídio; e assim por diante. Desse modo, formam-se filamentos mais ou menos longos, os **polipeptídios**. A molécula de proteína pode ser formada por um simples fílamento ou por vários fílamentos ligados entre si, podendo apresentar até muitos milhares de aminoácidos. Essas moléculas diferem entre si pelo tipo e número de aminoácidos e, principalmente, pela sequência em que eles se apresentam na cadeia. A sequência característica, chamada **estrutura primária**, é responsável pelas propriedades da molécula.

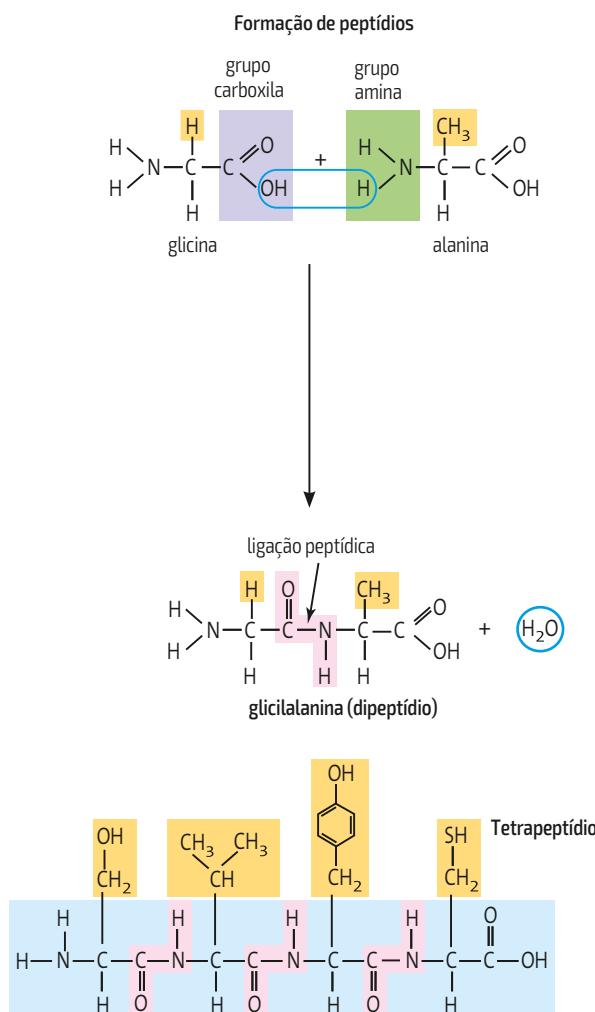


Figura 5.2 Os peptídos apresentam uma cadeia principal, na qual se ligam os grupamentos que distinguem um aminoácido de outro. Dois polipeptídios diferem entre si pelos grupos que se prendem à cadeia principal (destacados em amarelo).

Existem vinte tipos conhecidos de aminoácidos e com eles podemos ter um número praticamente infinito de proteínas diferentes – assim como, com vinte letras de um alfabeto, é possível criar um número praticamente infinito de palavras.

O controle da sequência de aminoácidos depende dos genes (DNA) do organismo. Uma alteração em sua estrutura, conhecida como **mutação**, pode mudar a sequência de aminoácidos e, consequentemente, as propriedades da proteína.

Como a proteína se dobra no espaço

A proteína não é apenas um fio de aminoácidos esticado no espaço. É um fio que se torce e adquire, em geral, a forma de uma hélice – semelhante a um fio de telefone. Essa hélice é mantida por causa das ligações de hidrogênio. O enrolamento da cadeia polipeptídica é chamado **estrutura secundária** (figura 5.3).

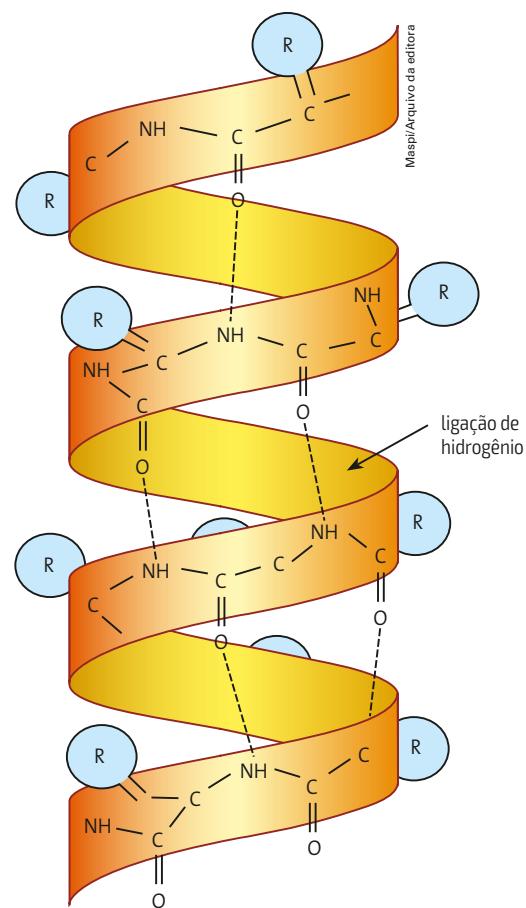


Figura 5.3 Fórmula simplificada da estrutura secundária da proteína: as ligações de hidrogênio fazem a cadeia de aminoácidos se dobrar em forma de hélice (cores fantasia).

Na maior parte dos casos, a cadeia de aminoácidos se enrola mais de uma vez. A hélice descreve, então, curvas nas três direções do espaço, dobrando-se várias vezes sobre si mesmas. A proteína adquire, assim, uma estrutura tridimensional, chamada **estrutura terciária**, que lhe confere uma forma característica (**figura 5.4**).

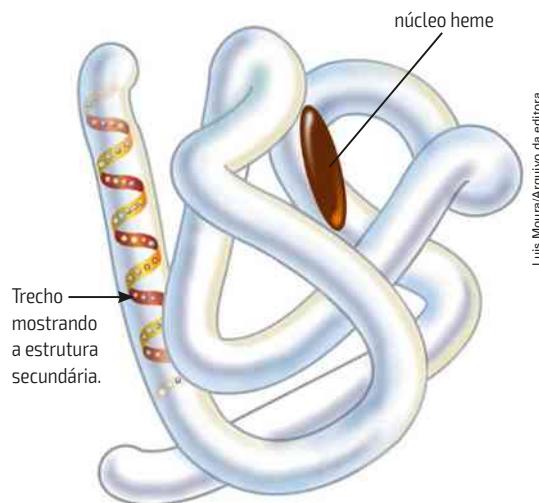


Figura 5.4 Representação esquemática simplificada da estrutura terciária da mioglobina, proteína encontrada nos músculos. Ela funciona como uma reserva de oxigênio, pois sua parte não proteica é capaz de se combinar com esse gás (cores fantasia).

As curvas descritas pela proteína resultam das várias atrações químicas entre aminoácidos de diferentes pontos da cadeia. Além das ligações de hidrogênio, há, entre outras, atrações elétricas entre aminoácidos.

Existem ainda proteínas formadas pela associação de várias cadeias polipeptídicas enoveladas. Essa estrutura, que consiste na associação espacial de vários novelos ou fibras, é classificada como **estrutura quaternária**.

Concluímos, então, que a estrutura terciária da proteína depende da sequência de aminoácidos. Se trocarmos um aminoácido com carga positiva por outro sem carga ou com carga negativa, por exemplo, a proteína pode deixar de se dobrar nessa região, mudando sua forma.

Por que a forma de uma proteína é importante? Por causa de sua função. Enzimas e anticorpos, por exemplo, exercem suas funções encaixando-se em outras moléculas, como acontece com uma chave em uma fechadura. Portanto, desvendar a estrutura de proteínas permite compreender sua função e seu papel nos organismos. Isso pode ser aplicado, por exemplo, na busca pela cura de doenças.

A desnaturação das proteínas

Da mesma forma que é importante entender a estrutura das proteínas, compreender o que pode fazer essas estruturas se desfazerem também tem muitas aplicações. Diversos fatores – calor, variação da acidez, presença de algumas substâncias químicas, etc. – podem romper as ligações que mantêm a forma da proteína, isto é, podem deformá-la, alterando sua estrutura secundária e terciária. O rompimento dessas ligações, que desmancha a estrutura espacial da molécula, destrói suas propriedades. Quando a estrutura espacial se desfaz, dizemos que ocorreu **desnaturação** (do latim *des* = perda; *natura* = natureza) da proteína.

A desnaturação das proteínas pelo calor é útil, por exemplo, no preparo de alimentos. Quando cozinhamos, as proteínas desnaturadas tornam-se insolúveis e se solidificam, separando-se da água. Veja a **figura 5.5**.

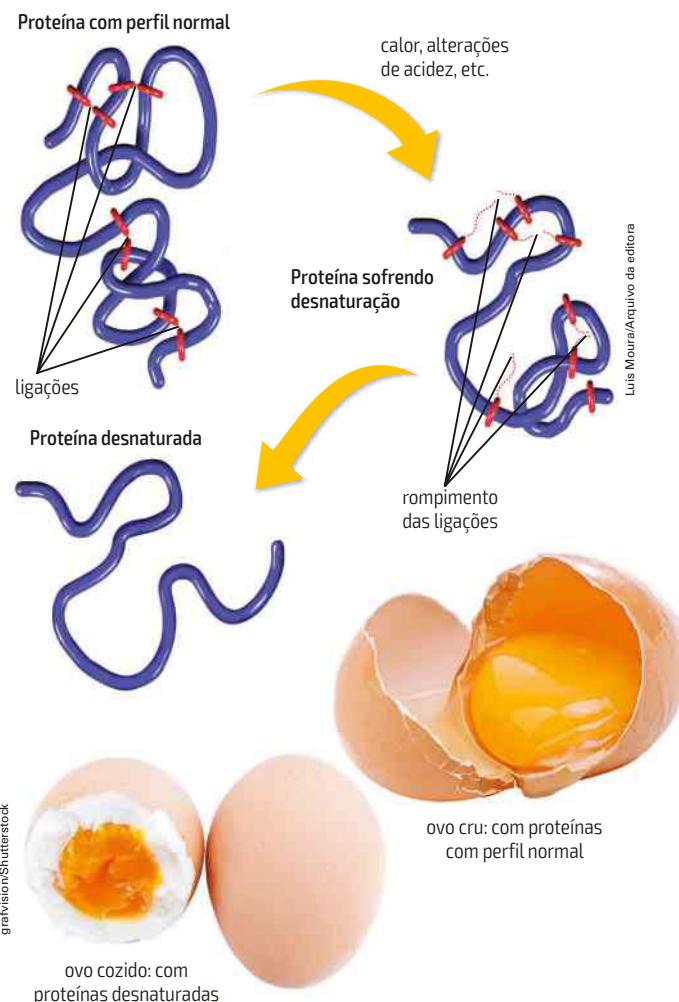


Figura 5.5 Esquema simplificado da desnaturação de uma proteína (cores fantasia). A albumina, proteína presente na clara do ovo, desnatura com o cozimento.

A desnaturação das proteínas também é usada para esterilizar utensílios e alimentos. Isso é possível porque os microrganismos morrem quando aquecidos a altas temperaturas, pois suas enzimas perdem a forma e deixam de funcionar.

A desnaturação também pode ser perigosa. Quando temos febres muito altas, a desnaturação pode inativar proteínas do sistema nervoso e causar a morte. Como vemos, um conhecimento da Química e da Biologia ajuda a explicar vários fenômenos do cotidiano.

Além do aquecimento, outra forma de desnaturalizar proteínas é a alteração do pH. Para compreender o conceito de pH, vamos ver rapidamente alguns conceitos de Química. Quando dissolvidas em água, algumas substâncias, como o ácido clorídrico (HCl), liberam íons H^+ (prótons); essas substâncias são chamadas ácidos. Outras, como o hidróxido de sódio (NaOH), liberam íons OH^- (hidroxila) ou aceitam prótons de ácidos; são chamadas bases ou álcalis.

Dependendo das substâncias presentes na solução, ela pode apresentar acidez ou alcalinidade variável, isto é, concentração variável de prótons ou de íons hidroxila dissolvidos. A presença de um ácido, por exemplo, aumenta a concentração de H^+ ; a presença de uma base aumenta a concentração de OH^- ou diminui a concentração de prótons. Assim, podemos dizer que, quanto maior a concentração do

ácido ou da base, ou quanto mais fortes eles forem, maior a acidez ou a alcalinidade, respectivamente.

Existe uma escala que mede essa variação, chamada **escala de pH** (potencial de hidrogênios iônicos), que vai de 0 a 14. O pH em torno de 7 indica que a solução é neutra, isto é, a concentração de H^+ é igual à de OH^- . O pH menor que 7 indica soluções ácidas, nas quais a concentração de H^+ é maior que a de OH^- . As soluções de pH maiores que 7 são básicas, com concentração de OH^- maior que a de H^+ . Observe a **figura 5.6**.

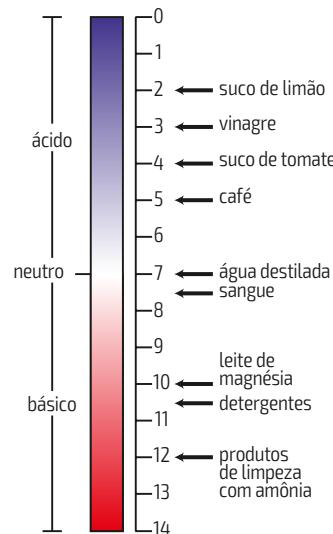


Figura 5.6 pH aproximado de algumas soluções.

Biologia e profissões



As moléculas no mundo do trabalho

Algumas das principais áreas profissionais que usam o estudo das moléculas são: Ciências Biológicas e Biomédicas, Agronomia, Biotecnologia, Ecologia, Enfermagem, Engenharia Ambiental e de Alimentos, Química, Farmácia, Medicina, Nutrição. A perícia criminal, por exemplo, envolve algumas dessas áreas além de outras, como a Odontologia, para ajudar a polícia na resolução de crimes e acidentes (figura 5.7).

O conhecimento das substâncias químicas dos organismos é fundamental para uma série de atividades profissionais. Mas, independentemente da carreira seguida, esse conhecimento ajuda a formar cidadãos informados e capazes de participar de decisões que afetam toda a coletividade.



Rivaldo Gomes/Folhapress

Figura 5.7 Peritos criminais e profissionais do Corpo de Bombeiros trabalham na cratera formada pela queda do avião em que estava o candidato à Presidência da República Eduardo Campos, em Santos (SP). Foto de agosto de 2014.

2 Promovendo reações químicas: enzimas

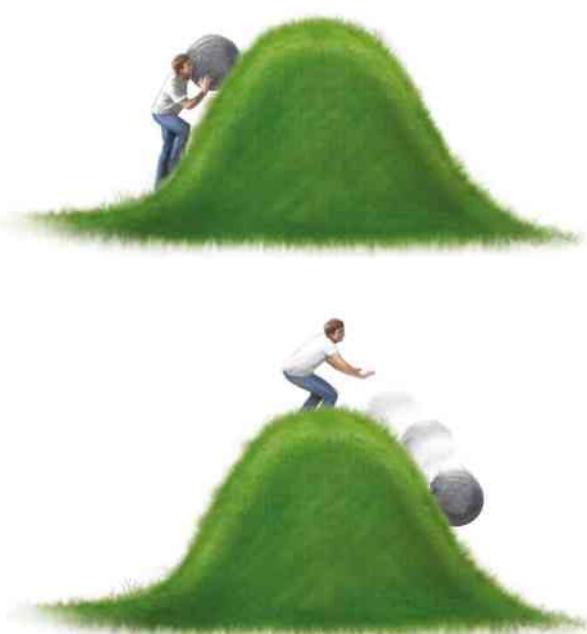
Você provavelmente conhece algumas **enzimas**. O nome de muitas delas é formado com o acréscimo do sufixo **-ase** ao nome do substrato; por exemplo, amilase, que age sobre o amido; lactase, que atua sobre a lactose; etc. Outras enzimas têm seu nome consagrado pelo uso, não obedecendo a essa regra. É o caso da tripsina e da pepsina, enzimas que atacam proteínas.

A cada momento, milhares de reações químicas ocorrem nos seres vivos devido à ação das enzimas. Quase todas as enzimas são proteínas e, como veremos a seguir, sem elas a vida não seria possível.

Energia de ativação

Muitas vezes as substâncias químicas precisam ser aquecidas para reagir, ou seja, precisam de energia para começar a reação. Sem aquecimento, uma reação pode não ocorrer ou ocorrer de forma muito lenta. É de acordo com esse princípio que os carros funcionam, por exemplo. A centelha das velas é um dispositivo que produz uma faísca que provoca a explosão da mistura de ar com a gasolina no motor do automóvel.

O exemplo abaixo (**figura 5.8**) ilustra como muitas reações químicas precisam de uma ajuda inicial para



Ilustrações: Mauro Nakata/Aquivo da editora

Figura 5.8 Uma comparação: para rolar uma pedra morro abaixo, é necessário fornecer uma energia inicial para levá-la até o alto do morro. E para que muitas reações químicas ocorram é preciso gastar certa quantidade de energia, chamada energia de ativação (os elementos das figuras não estão em escala; cores fantasia).

acontecer. Essa ajuda é fornecida por uma forma qualquer de energia, que deixa as moléculas da substância em condições de iniciar a reação. Podemos comparar essas moléculas a uma pedra que, para rolar do alto de um morro, precisa ser levada até lá. Essa energia inicial, necessária para desencadear uma reação, é chamada **energia de ativação**.

As reações químicas do metabolismo precisam, em geral, de uma energia de ativação relativamente grande para ocorrerem com boa velocidade. Se fosse fornecida na forma de calor, porém, essa energia aumentaria a temperatura da célula, provocando sua morte.

É aí que entram as enzimas: elas são proteínas que funcionam como **catalisadores**, diminuindo a quantidade de energia de ativação necessária para que as reações ocorram (**figura 5.9**). Com isso, as reações passam a ocorrer mais rapidamente e em temperatura compatível com a vida.

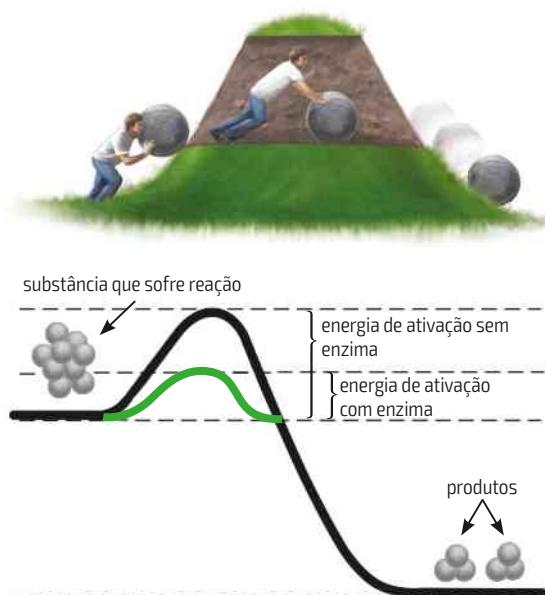


Figura 5.9 Uma comparação: como o túnel escavado no morro, a enzima diminui a energia de ativação necessária a uma reação (os elementos das figuras não estão em escala; cores fantasia).

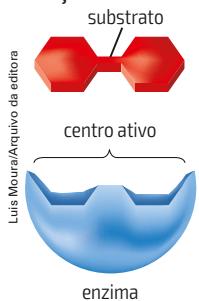
Como a enzima funciona

Todas as enzimas são proteínas, com exceção de algumas moléculas de ácido ribonucleico, que também atuam como enzimas (como veremos no Capítulo 10). As enzimas podem ser proteínas **simples** (que possuem apenas aminoácidos) ou **conjugadas** (proteínas associadas a uma parte não proteica). No caso das proteínas conjugadas, o composto não proteico – chamado **cofator** – pode ser um metal, um fosfato, ou uma

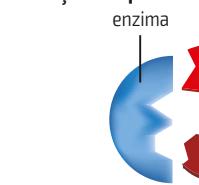
molécula orgânica. Nos casos em que o cofator é uma molécula orgânica, ele é chamado **coenzima**. Muitas vitaminas, por exemplo, funcionam como coenzimas.

As enzimas apresentam uma forma especial, ou seja, um “perfil” característico. Determinada região da enzima – **centro** ou **sítio ativo** – possui um formato que lhe possibilita encaixar-se nos reagentes da reação – os **substratos**. Quando a enzima se encaixa nos reagentes, ela é capaz de alterar a estrutura dessas moléculas, permitindo que a reação ocorra com menor energia de ativação (**figura 5.10**).

Reação de síntese



Reação de quebra



Em alguns casos a enzima pode colocar na posição correta duas moléculas, aproximando as reações que vão reagir. Esse processo também torna a reação mais fácil, diminuindo a energia de ativação. No final da reação, a molécula do produto se separa da enzima, que permanece inalterada. Como não é gasta, a enzima pode repetir o processo com novos reagentes. Assim, podemos compreender por que é suficiente uma pequena concentração de moléculas de enzima para a reação ocorrer (**figura 5.10**).

Figura 5.10 Esquema simplificado de como a enzima ajuda a reação. O formato da enzima é complementar ao das moléculas que vão reagir. Com isso, ela pode encaixar-se nelas, facilitando a reação (cores fantasia).

Uma enzima para cada tipo de reação

Pelo que acabamos de ver, podemos concluir que uma enzima só catalisa reações cujos reagentes tenham forma complementar à sua, pois só assim pode ocorrer o encaixe entre eles. É por isso que as enzimas são específicas, isto é, cada tipo de enzima funciona apenas para determinado tipo de reação.

Costuma-se dizer que a enzima está para o substrato assim como uma chave está para uma fechadura. Uma enzima, no entanto, é capaz de ajudar a reação de substratos semelhantes, desde que eles participem do mesmo tipo de reação.

Fatores que alteram a velocidade das reações enzimáticas

Vários fatores influenciam a velocidade das reações controladas por enzimas, entre eles os estudados a seguir.

Concentração da enzima. Com o aumento da concentração de moléculas da enzima, a velocidade da reação aumenta, desde que haja quantidade de substrato suficiente para receber as enzimas.

Concentração do substrato. Com o aumento da concentração do substrato, aumenta-se a velocidade da reação até o momento em que todas as moléculas de enzima fiquem “ocupadas”. Nesse ponto, a velocidade da reação é máxima e, a partir daí, é inútil qualquer aumento de substrato, pois a velocidade permanecerá constante (**figura 5.11**).

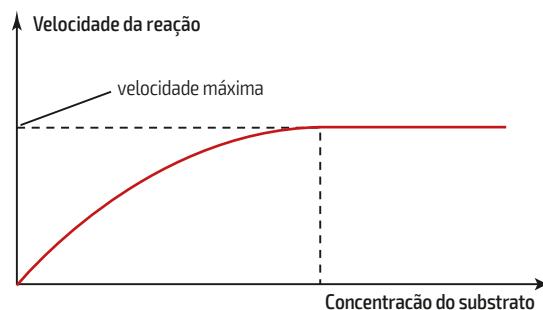


Figura 5.11 Influência da concentração do substrato na velocidade da reação enzimática.

Temperatura. Uma elevação da temperatura também aumenta a velocidade das reações químicas. Quando a reação é enzimática, porém, observamos que a velocidade aumenta até certo nível e, então, começa a diminuir. Esse prejuízo na velocidade a partir de determinada temperatura é consequência da desnaturação da enzima pelo excesso de calor. Sua forma se modifica, dificultando o encaixe do substrato. Se o problema aumentar, a reação poderá até cessar (**figura 5.12**).

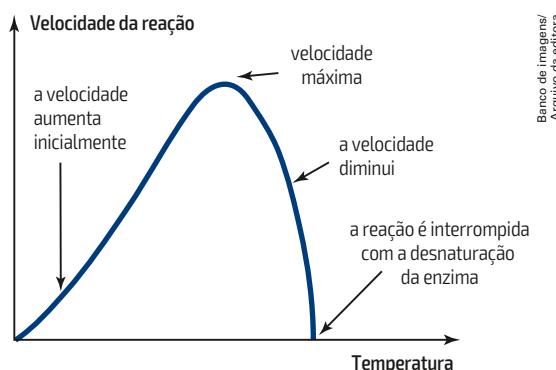


Figura 5.12 Influência da temperatura na velocidade da reação enzimática.

Grau de acidez da solução (pH). Alterações de pH também podem mudar a forma da enzima, afetando seu funcionamento. Uma solução muito ácida, por exemplo, apresenta concentração alta de íons H^+ , que neutralizam regiões negativas das moléculas da enzima, alterando ligações elétricas que mantinham sua forma.

Cada enzima tem um pH ótimo para seu funcionamento. Acima ou abaixo desse pH, sua atividade diminui (**figura 5.13**). O pH ótimo varia de acordo com a enzima. Para a pepsina, produzida no estômago, o pH da solução deve estar em torno de 2 (muito ácido), enquanto para a amilase, enzima da saliva, e para a maior parte das enzimas intracelulares, o pH deve estar entre 6 e 8.

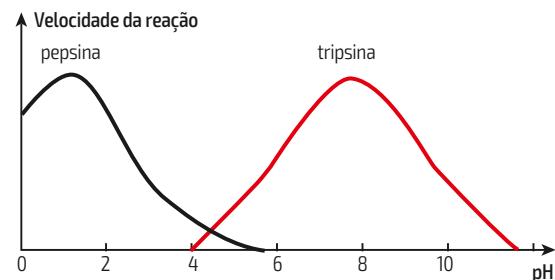


Figura 5.13 Atividade de duas enzimas, a pepsina e a tripsina, que digerem proteína em função do pH. Observe que a pepsina é mais ativa em pH ácido, e a tripsina, em pH alcalino.

Biologia e sociedade



Segurança Alimentar e Nutricional

A Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) comprehende a realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis (Art. 3º da Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional).

Infelizmente, ainda ocorrem no mundo muitos casos relacionados à insegurança alimentar. Em regiões mais pobres, é comum, após o desmame, crianças apresentarem deficiência de proteínas, embora recebam a cota normal de glicídios. Como consequência, instala-se uma doença conhecida como *kwashiorkor* (pronuncia-se “cuashiorcór”), que se caracteriza por estatura abaixo do normal, lesões na pele e no fígado, atraso no desenvolvimento mental e infecções no tubo digestório, com diarreias frequentes.

O termo *kwashiorkor* significa, em um dialeto da África ocidental, ‘mal do primeiro filho, quando nasce o segundo’, porque a doença atinge principalmente crianças que foram desmamadas após o nascimento do irmão.

Já a carência de proteínas e de calorias provoca o marasmo, em que a criança fica muito magra e com músculos atrofiados, entre outros sintomas.

Em ambos os casos, a criança pode morrer se não receber alimentação equilibrada a tempo.

Uma das causas da desnutrição é a falta de recursos para uma alimentação equilibrada, isto é, uma insegurança alimentar, conceito utilizado em Sociologia e em Nutrição.

Para que a segurança alimentar seja possível, as pessoas devem ter poder aquisitivo, isto é, devem dispor de renda para comprar os alimentos. Há aqui, portanto, espaço para ações governamentais para lidar com esse problema.

3 Características gerais das vitaminas

As vitaminas são **alimentos reguladores**, ou seja, controlam várias atividades das células e várias funções do corpo. Embora importantes para o funcionamento do organismo, como elas trabalham em conjunto com as enzimas e não são consumidas nas reações químicas do metabolismo, as vitaminas são necessárias em quantidade muito menor do que a dos demais nutrientes. Alguns miligramas ou até

menos são suficientes, o que pode ser obtido com uma alimentação equilibrada.

Uma pequena fração de cada vitamina é eliminada pela urina ou destruída na própria célula. Como não são fabricadas pelo organismo, temos de ingeri-las por meio dos alimentos. Não existe um alimento com todas as vitaminas nas quantidades adequadas; por isso é preciso ter uma alimentação variada, que inclua leite ou derivados, legumes, cereais, verduras, frutas e carnes ou alternativos (mistura de cereal com leguminosa, ovo, etc.).

História da ciência



A história das vitaminas

Várias vezes ao longo da História suspeitou-se de que a deficiência de alguns alimentos poderia causar doenças. Há mais de 2 mil anos, por exemplo, Hipócrates (460-377 a.C.) já recomendava comer fígado (de boi, de aves, etc.) para tratar uma doença conhecida como cegueira noturna (dificuldade de enxergar em ambientes pouco iluminados).

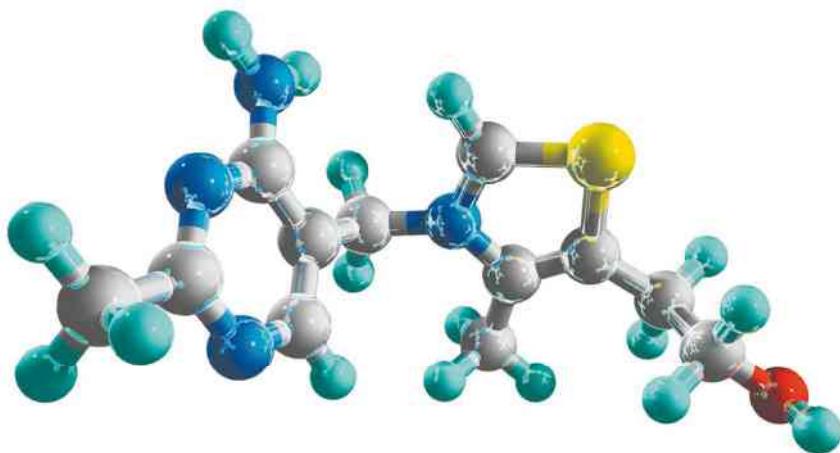
Em 1885, o médico japonês Baron Takaki Kanehiro (1849-1920) observou que uma doença era comum entre os tripulantes de navios que se alimentavam quase exclusivamente de arroz branco, mas não ocorria entre os que comiam carne e verduras. Em 1897, o médico holandês Christiaan Eijkman (1858-1930) observou que as galinhas do hospital onde trabalhava, em Jacarta (Indonésia), moviam-se com dificuldade, apresentando sintomas semelhantes aos dos portadores de beribéri. Ele observou também que essas galinhas eram

alimentadas com restos de arroz polido ou descascado. O médico selecionou, então, um grupo de galinhas e passou a alimentá-las com a película retirada dos grãos de arroz. Após algum tempo, constatou que elas estavam curadas.

Anos mais tarde, o químico polonês Casimir Funk (1884-1967) descobriu que a película do arroz devia conter um nutriente capaz de prevenir o beribéri. O nutriente foi depois denominado por ele de vitamina, uma vez que essa substância era vital e sua molécula possuía um grupamento de átomos com nitrogênio conhecido em Química orgânica como “amina”. A vitamina em questão ficaria conhecida como tiamina ou vitamina B₁ (**Figura 5.14**).

Essa história ilustra o fato de que o progresso do conhecimento científico depende do trabalho em cooperação de muitos cientistas. Nesse caso até de áreas diferentes, como Química e Medicina.

Figura 5.14 Modelo espacial da tiamina (vitamina B₁), cuja fórmula molecular é C₁₂H₁₇N₄OS (carbono em cinza; hidrogênio em turquesa; nitrogênio em azul; oxigênio em vermelho; enxofre em amarelo; cores fantasia). Você vai estudar modelos de moléculas com mais detalhes em Química.



Laguna Design/SIP/Latinstock

Além de não existir nenhum alimento completo, muitas vitaminas se perdem durante o processamento dos alimentos. Alimentos industrializados, ou aqueles preparados com muita água perdem parte das vitaminas. Assim, o ideal é consumir vegetais frescos crus, ou, ainda, cozidos por pouco tempo em pouca água. Isso reduz a perda de vitaminas e de sais minerais.

As vitaminas são divididas em dois grandes grupos: **lipossolúveis** (solúveis em lipídios) e **hidrossolúveis** (solúveis em água). Problemas de saúde podem ser causados pela carência total (avitaminose) ou parcial de determinada vitamina (hipovitaminose). Problemas também podem surgir com a ingestão em excesso de vitaminas (hipervitaminose).

Vitaminas lipossolúveis

A **vitamina A** é também chamada **retinol** porque atua na formação de uma substância presente na retina que participa da visão. Por isso, um dos sinais da falta dessa vitamina é a dificuldade de enxergar em ambientes pouco iluminados, distúrbio conhecido como **cegueira noturna**.

Essa vitamina é importante também para manter saudáveis os tecidos epiteliais, que cobrem o corpo e revestem cavidades. Como esses tecidos são barreiras contra a penetração de microrganismos, a pessoa com falta de vitamina A fica mais suscetível a contrair infecções.

Outro problema grave que a falta de vitamina A provoca é a **xerofthalmia** (do grego *xeros* = seco; *ophtalmós* = olho): a córnea (tecido transparente que cobre a parte anterior do olho) fica ressecada e com lesões que podem levar à cegueira permanente (**figura 5.15**).

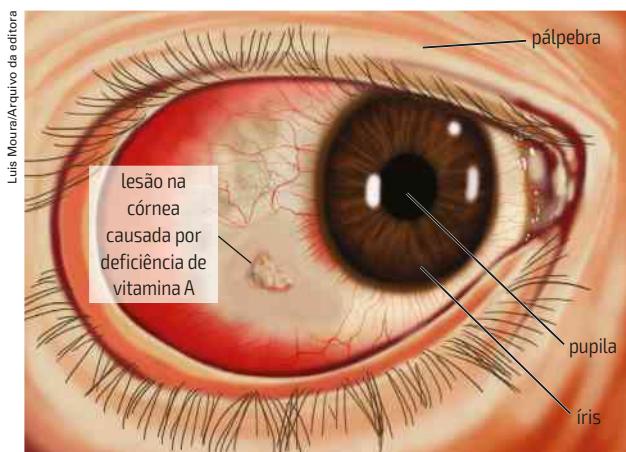


Figura 5.15 Ilustração evidenciando algumas estruturas de olho humano e lesão na córnea causada por xerofthalmia. (Cores fantasia.)

A vitamina A é encontrada na gema de ovo, em laticínios, na margarina e nas vísceras, como fígado e rins. Além disso, ela é fabricada no fígado a partir do betacaroteno. Esse composto é encontrado em verduras com folhas verde-escuras e vegetais amarelos ou alaranjados (cenoura, abóbora, batata-doce, brócolis, espinafre, couve, agrião, caqui, pêssego, entre outros).

A **vitamina D** facilita a absorção de sais de cálcio e fósforo no intestino. Ela favorece, ainda, o depósito desses sais em nossos ossos. Por isso, sua carência pode provocar alterações ou deformidades no esqueleto das crianças. Isso acontece porque, na fase de crescimento, os ossos pobres em sais de cálcio e fósforo se tornam moles e flexíveis, caracterizando uma doença conhecida como raquitismo. Já a fraqueza óssea em adultos caracteriza a osteomalacia.

A vitamina D é encontrada em alguns alimentos gordurosos, como gema de ovo, fígado, peixes como o atum e a sardinha, e leite. O precursor da vitamina D é ativado pela ação dos raios ultravioleta do Sol. Por isso é importante que crianças tomem sol regularmente, mas sem exageros. Deve-se evitar a exposição ao sol entre as 10h e as 16h e sempre usar protetor solar, além de outros cuidados indicados pelo médico.

O termo **vitamina E** comprehende vários compostos que são encontrados em muitos tipos de alimentos: óleos vegetais, cereais, leguminosas, laticínios, gema de ovo e hortaliças com folhas verdes. Por isso, é difícil que alguém tenha carência dessa vitamina. Mas, quando isso acontece, pode haver danos nos glóbulos vermelhos e anemia, além de lesões musculares e nervosas.

O termo **vitamina K** comprehende um grupo de substâncias conhecidas como **quinonas**. Além de ser encontrada em muitos alimentos (folhas verdes, batata, gema de ovo, óleo de soja, tomate, fígado, leite), ela é fabricada por bactérias que vivem no intestino grosso. Como essa vitamina participa da coagulação do sangue, sua falta pode dificultar o estancamento de hemorragias.

Vitaminas hidrossolúveis

A expressão “vitaminas do complexo B” comprehende a niacina, o ácido fólico, as vitaminas B₁, B₂, B₆, B₁₂, entre outras. Elas agem em muitas reações químicas do corpo, principalmente no processo da respiração celular, responsável pela produção de energia.

As células nervosas, que precisam de bastante energia, são as primeiras a sofrer com a falta de **vitamina B₁** (**tiamina**). A carência dessa vitamina provoca inflamação nos nervos, paralisia e atrofia muscular, caracterizando uma doença chamada **beribéri** (do cingalês, idioma do Sri Lanka, *beri* = fraqueza). O feijão, a soja, a ervilha, os miúdos, a carne, a gema de ovo, o pinhão e os cereais integrais ou enriquecidos são boas fontes dessa vitamina.

A falta de **vitamina B₂** (**riboflavina**) e **B₆** (**piridoxina**) também provoca lesões no sistema nervoso, rachaduras no canto da boca, vermelhidão na língua, inflamação da conjuntiva dos olhos e problemas dermatológicos. Essas vitaminas são encontradas na carne, no fígado, nos miúdos, nas hortaliças com folhas, em ovos, leite e em cereais integrais ou enriquecidos.

A falta de **niacina** (ou **nicotinamida**) provoca diarreia, fraqueza, lesões na pele e no sistema nervoso e desordens mentais, um distúrbio conhecido como **pelagra** (do italiano *pelle* = pele; *agra* = enferma). Essa vitamina é encontrada no fígado, em carnes, no peixe, no feijão, no amendoim, no pinhão, na couve, no café e em cereais integrais ou enriquecidos.

A **vitamina B₁₂**, e o **ácido fólico**, também conhecido como **folato** ou **vitamina B₉**, são importantes

para a renovação das células do corpo, e sua falta pode causar **anemia perniciosa**. O ácido fólico está presente em quase todos os alimentos, principalmente em vegetais com folhas, no fígado, em ovos, no feijão e nas frutas. A vitamina B₁₂ é praticamente exclusiva de alimentos de origem animal (fígado, miúdos, ovos, carnes, queijo, frutos do mar).

Os médicos costumam indicar suplementos de ácido fólico para mulheres que queiram engravidar e durante certo período da gravidez, com o objetivo de prevenir malformações no cérebro e na medula do feto. Esse procedimento é recomendado pela Organização Mundial da Saúde.

A **vitamina C**, também chamada **ácido ascórbico**, é importante para a manutenção dos tecidos conjuntivos (derme, ossos, cartilagem, etc.). Essa vitamina atua na síntese do colágeno, proteína que faz parte da substância intercelular desses tecidos e que também envolve os capilares. Por isso, na sua falta, esses tecidos ficam fracos, e podem ocorrer sangramentos na pele, na gengiva, nas articulações, perda de dentes, etc. É a doença conhecida como **escorbuto**.

São ricos em vitamina C: acerola, *kiwi*, goiaba, caju, pimentão, brócolis, couve, tomate, manga, laranja, morango, mamão e muitas outras frutas.

Biologia e saúde



Vitaminas nos alimentos ou em comprimidos?

Alguns estudos indicam que certas vitaminas, como a C e a E, e o betacaroteno protegem o organismo contra os radicais livres – átomos ou moléculas com elétrons livres, muito reativos, produzidos naturalmente em nosso organismo ou adquiridos do ambiente, que podem oxidar e danificar as células.

Por isso surgiu a ideia de que seria vantajoso complementar a alimentação com comprimidos concentrados dessas vitaminas. No entanto, cientistas afirmam que são necessários mais estudos para comprovar essa ação antioxidante e para afastar o risco de efeitos colaterais prejudiciais resultantes da ingestão de altas doses de vitamina.

Em princípio, todas as vitaminas de que precisamos podem ser obtidas em quantidade suficiente com uma alimentação equilibrada. Para

certas pessoas, porém, um médico pode indicar doses adicionais, como para mulheres grávidas (Figura 5.16).

Exceto em casos específicos, a maioria dos cientistas considera que não devem ser tomadas altas doses de vitamina na forma de suplementos. Estes devem ser considerados medicamentos e, portanto, só devem ser consumidos com orientação médica.

Figura 5.16 Mulher grávida consumindo ácido fólico por recomendação médica. Suplementos de vitaminas são considerados medicamentos e, portanto, só devem ser tomados sob orientação médica.

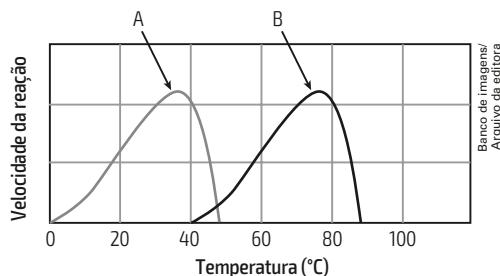


Atividades



1. Um estudante afirmou que precisamos ingerir todos os vinte aminoácidos para que nosso corpo possa sintetizar as proteínas necessárias ao organismo. Ele está certo? Por quê?
2. Explique por que, embora haja apenas vinte tipos de aminoácidos, há milhares de proteínas diferentes em nosso organismo.
3. Teríamos de esperar dias para que algumas moléculas de sacarose (açúcar comum) dissolvidas em um vidro com água se transformassem em glicose e frutose, ao passo que essas mesmas moléculas são rapidamente digeridas e absorvidas no intestino delgado.
Como você explica isso?
4. Um estudante afirmou que um dos motivos pelos quais o calor pode matar um ser vivo é que a maioria das enzimas deixa de funcionar em temperaturas muito altas.
Explique por que a enzima deixa de funcionar nesse caso.
5. Duas proteínas possuem exatamente 456 aminoácidos. Com essa informação, podemos concluir que essas proteínas são iguais? Justifique sua resposta.
6. Um estudante afirmou que não é necessário ingerir vitaminas porque elas não fornecem energia nem fazem parte de nenhuma estrutura do corpo. Critique a afirmação desse estudante.
7. Leia o texto abaixo e depois responda às questões.
Nos séculos XV e XVI, na época das Grandes Navegações, feridas por todo o corpo, dores nas articulações, hemorragias, inflamações das gengivas e perda dos dentes eram comuns nos marinheiros que faziam viagens longas. Era a doença conhecida como "mal das gengivas". O alimento de bordo era basicamente carne de charque bovina ou de porco, bacalhau, azeite, açúcar, mel, vinho e biscoitos. Faltavam frutas e verduras. Em 1747, o médico inglês James Lind (1716-1794) observou que as frutas cítricas, como a laranja e o limão, conseguiam prevenir o mal. No entanto, os médicos da época tinham dificuldade em aceitar que doenças crônicas poderiam ser causadas por má alimentação, preferindo atribuí-las a microrganismos ainda desconhecidos.
 - a) Qual o nome atual da doença conhecida na época como "mal das gengivas"?
 - b) Que vitamina é capaz de curar esse mal e em que alimentos ela é encontrada em boa quantidade?
8. Justifique a afirmativa: mesmo que um suplemento de vitaminas possa ser benéfico, ele deve ser considerado remédio e, portanto, tomado só com orientação médica.
9. Analisando o rótulo de uma barra de chocolate, um estudante viu que em 100 g do produto havia cerca de 8 g de proteína, 60 g de carboidratos, 30 g de gordura, 15% da necessidade diária de riboflavina, 9% da necessidade diária de cálcio e 7% da necessidade diária de ferro. Ele, então, perguntou a si mesmo que mal haveria em se alimentar ingerindo apenas chocolate. O que você responderia a ele?
10. (UFPR) Um problema do estilo de vida nas grandes cidades é que as pessoas, cada vez menos, tomam banhos de sol. Dentre fatores que podem decorrer desse problema está o aumento da predisposição à osteoporose, que é a descalcificação dos ossos, ou o raquitismo, em crianças.
Qual é a vitamina, cujo precursor é ativado por luz solar, envolvida nesses processos? Qual é a função dessa vitamina na prevenção das doenças mencionadas acima?
11. (Enem) O milho-verde recém-colhido tem um sabor adocicado. Já o milho-verde comprado na feira, um ou dois dias depois de colhido, não é mais tão doce, pois cerca de 50% dos carboidratos responsáveis pelo sabor adocicado são convertidos em amido nas primeiras 24 horas. Para preservar o sabor do milho-verde pode-se usar o seguinte procedimento em três etapas:
 - 1º) descascar e mergulhar as espigas em água fervente por alguns minutos;
 - 2º) resfriá-las em água corrente;
 - 3º) conservá-las na geladeira.A preservação do sabor original do milho-verde pelo procedimento descrito pode ser explicada pelo seguinte argumento:
 - a) O choque térmico converte as proteínas do milho em amido até a saturação; este ocupa o lugar do amido que seria formado espontaneamente.
 - b) A água fervente e o resfriamento impermeabilizam a casca dos grãos de milho, impedindo a difusão de oxigênio e a oxidação da glicose.
 - c) As enzimas responsáveis pela conversão desses carboidratos em amido são desnaturadas pelo tratamento com água quente.
 - d) Microrganismos que, ao retirarem nutrientes dos grãos, convertem esses carboidratos em amido são destruídos pelo aquecimento.
 - e) O aquecimento desidrata os grãos de milho, alterando o meio de dissolução onde ocorreria espontaneamente a transformação desses carboidratos em amido.

- 12.** (UEM-PR) A figura a seguir mostra as velocidades de reação de duas enzimas: enzima humana (A) e de bactérias de fontes termais (B).



Considerando os dados da figura e a ação da temperatura na atividade enzimática, assinale o que for correto.

- (01) A temperatura é um fator importante para a atividade enzimática.
- (02) Dentro de certos limites, a velocidade de uma reação enzimática aumenta com o aumento da temperatura.
- (04) A partir de determinado ponto, o aumento de temperatura faz com que a velocidade de reação diminua bruscamente e cesse.
- (08) A temperatura ótima para a atividade de enzima humana está em torno de 37 °C.
- (16) A temperatura ótima para a atividade de enzimas de bactérias de fontes termais está em torno de 78 °C.
- (32) Somente na enzima humana o aquecimento acima da temperatura ótima provoca desnaturação.
- (64) Para ambas as enzimas, se for ultrapassada a temperatura ótima, a agitação das moléculas se torna tão intensa que as ligações que estabilizam a estrutura espacial da enzima se rompem.

Dê como resposta a soma dos números associados às alternativas corretas. $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 64 = 95$

- 13.** (PUC-RJ) Em relação às enzimas, podemos afirmar que:
- a) não podem ser reutilizadas, pois reagem com o substrato, tornando-se parte do produto.
 - b) são catalisadores eficientes por se associarem de forma inespecífica a qualquer substrato.
 - c) seu poder catalítico resulta da capacidade de aumentar a energia de ativação das reações.
 - d) atuam em qualquer temperatura, pois sua ação catalítica independe de sua estrutura espacial.
 - x e) sendo proteínas, por mudança de pH, podem perder seu poder catalítico ao se desnaturarem.

- 14.** (UEG-GO) As enzimas são moléculas de proteínas que funcionam como efetivos catalisadores biológicos. A sua presença nos seres vivos é essencial para viabilizar as reações químicas, as quais, em sua ausência, seriam extremamente lentas ou até mesmo

não ocorreriam. Considerando-se as propriedades desses biocatalisadores, constata-se o seguinte:

- a) a mioglobina presente nos músculos é um exemplo de enzima.
- b) as enzimas aumentam a energia de ativação de uma reação química.
- x c) com o aumento da temperatura, a atividade catalítica atinge um ponto máximo e depois diminui.
- d) essas moléculas alteram a posição de equilíbrio das reações químicas.

- 15.** (UPF-RS) A maioria das reações metabólicas de um organismo somente ocorre se houver a presença de enzimas. Sobre as enzimas, analise as afirmativas abaixo.

- I. A ação enzimática sofre influência de fatores como temperatura e potencial de hidrogênio; variações nesses fatores alteram a funcionalidade enzimática.
- II. São formadas por aminoácidos e algumas delas podem conter também componentes não proteicos adicionais, como, por exemplo, carboidratos, lipídios, metais ou fosfatos.
- III. Apresentam alteração em sua estrutura após a reação que catalisam, uma vez que perdem aminoácidos durante o processo.
- IV. A ligação da enzima com seu respectivo substrato tem elevada especificidade. Assim, alterações na forma tridimensional da enzima podem torná-la inativa, porque impedem o encaixe de seu centro ativo ao substrato.

Está correto apenas o que se afirma em:

- x a) I, II e IV. c) II, III e IV. e) I, III e IV.
- b) I, II e III. d) III e IV.

- 16.** (UnB-DF) Embora o art. XXV da Declaração Universal dos Direitos Humanos garanta que toda pessoa tem direito a adequada alimentação, em diferentes regiões do mundo há grande desigualdade social, que se manifesta de várias formas. Em muitos países, inclusive no Brasil, a escassez de alimentos leva parte da população a viver sob diversas condições de carência nutricional. Com relação a esse assunto, julgue os itens que se seguem. V - F - F - V

1. As proteínas são constituídas por aminoácidos essenciais, não sintetizados pelo organismo, e aminoácidos não essenciais, sintetizados pelo organismo.
2. Uma população que se alimente apenas de cereais e grãos apresentará carência proteica, pois as únicas fontes de proteínas para o homem são produtos de origem animal.
3. Enzimas e vitaminas possuem papel antagonista no metabolismo.
4. Os alimentos são utilizados como fonte de energia no crescimento, na reparação dos tecidos e na manutenção da composição química tissular.

Trabalho em equipe

Em grupo, e com o auxílio de professores de várias disciplinas, escolham um dos temas a seguir para pesquisar (na internet, em livros, CD-ROMs, etc.). Depois, apresentem o trabalho para a classe e a comunidade escolar (alunos, professores e funcionários da escola e pais ou responsáveis).

1. Desnutrição: tipos de desnutrição, seus efeitos sobre a saúde, situação no mundo e no Brasil, dados estatísticos, causas e soluções. Podem ser consultados professores de Biologia, História e Geografia, entre outros. Elaborem também uma campanha para mostrar à comunidade local a importância do combate à desnutrição. A campanha poderá ser feita com cartazes, folhetos e outros recursos (frases de alerta, letras de música, fotos, vídeos, etc.). Finalmente, proponham a realização de palestras sobre esse tema por profissionais de saúde para a comunidade.
2. Obesidade: diagnóstico (índice de massa corpórea), causas, consequências para a saúde, tratamentos, dados estatísticos sobre obesidade no Brasil e no mundo, sua evolução ao longo da História, crítica à automedicação e a tratamentos sem comprova-

ção científica, efeitos de propagandas que estimulam o consumo de alimentos hipercalóricos. Podem ser consultados professores de Biologia, História e Geografia, entre outros. Elaborem também uma campanha para ajudar a conscientizar a comunidade local sobre a importância de combater a obesidade. Essa campanha poderá ser feita com cartazes, folhetos e outros recursos (frases de alerta, letras de música, fotos, vídeos, etc.). Finalmente, proponham a realização de palestras sobre o tema por profissionais de saúde e convidem a comunidade escolar para participar das palestras.

3. Conhecimentos básicos de Bioquímica e de Biologia em geral são importantes para profissionais de várias áreas da saúde. Pesquise em que consiste o trabalho, qual a escolaridade requerida e qual o mercado de trabalho para profissionais da área de farmácia (farmacêutico, técnico em farmácia) e enfermagem (enfermeiro, técnico em enfermagem), análises clínicas (biomédico, técnico em análises clínicas) e nutrição (nutricionista, técnico em nutrição e dietética). Se possível, entrevistem profissionais de uma dessas áreas.

Atividade prática

Providencie o seguinte material:

- um pedaço de fígado de boi ou de galinha fresco e outro bem cozido
- água oxigenada a 10 volumes
- dois copos pequenos de vidro
- conta-gotas
- pinça
- tesoura sem pontas

Sob a orientação de seu professor, pingue algumas gotas de água oxigenada nos dois copos. Com auxílio da tesoura e da pinça, corte um pedaço bem pequeno (do tamanho de grãos de arroz

ou feijão) do fígado cru e um pedaço igual de fígado cozido. Utilizando a pinça e tendo cuidado para não tocar nos pedaços de fígado com os dedos, coloque o pedaço de fígado cru em um dos copos e o pedaço de fígado cozido no outro. Observe o que acontece.

Agora, sabendo que os tecidos animais e vegetais possuem a enzima catalase (também conhecida como peroxidase), que decompõe a água oxigenada (também chamada de peróxido de hidrogênio) em água e gás oxigênio, explique as diferenças entre os resultados obtidos em cada copo.

Sugestões de aprofundamento

Para acessar:

- **Alimentação saudável:** <www.alimentacaosaudavel.org>
 - **Obesidade na adolescência:** <www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/infantil/obesidade-infantil.htm>
- Acesso em: 17 mar. 2016.

Para assistir:

- **Fora do figurino.** Paulo Péllico. Brasil, 2011. 73 minutos.
Documentário que mostra a necessidade de um

levantamento antropométrico capaz de apontar as medidas brasileiras médias. O uso de tabelas estrangeiras de medidas apresenta dificuldades e leva a várias consequências negativas.

- **Ouvir o rio: uma escultura sonora de Cildo Meireles.** Marcela Lordy. Brasil, 2012. 79 minutos. Documentaristas viajaram de Foz do Iguaçu a Foz do Rio São Francisco, passando pela Pororoca do Macapá e pelo Parque das Águas Emendadas, no Distrito Federal discutindo a relação do ser humano com a água e a preservação desse recurso.

UNIDADE

3

Célula: unidade da vida

A ciência é movida, em grande parte, pela curiosidade do ser humano em aprender mais sobre si mesmo e sobre o mundo que o cerca.

Atualmente, muitas pesquisas são movidas pela pura busca de conhecimento. E, não raro, delas advêm diversas aplicações práticas. Por outro lado, há também pesquisas realizadas com um objetivo mais específico e direto.

Estudando as células, por exemplo, os cientistas descobriram que, quando há problemas nos mecanismos celulares, podemos ficar doentes. Assim, não é só a curiosidade e a necessidade de compreender a natureza que fazem os cientistas estudar a célula.

Este estudo – a Citologia – nos ajuda a compreender melhor a origem das doenças e faz parte também da pesquisa de novos medicamentos e de tecnologias que nos garantem melhor qualidade de vida.

CAPÍTULO

6

Uma visão geral da célula

Hero Images/Getty Images



Pesquisadora prepara placas com meio de cultura para o cultivo de células. Entre os profissionais que estudam as células estão: biólogos, biomédicos, farmacêuticos, médicos, enfermeiros, entre outros.

Quando estudam as células, os cientistas conseguem compreender melhor a origem das doenças, o que facilita a pesquisa de novos tratamentos. O conhecimento básico a respeito das células e de outros conceitos da Biologia é fundamental para que o cidadão seja capaz de participar de discussões e decisões que afetam os indivíduos e a sociedade.



- ◆ Como é possível estudar estruturas tão pequenas como as células?
- ◆ Todos os seres vivos apresentam células do mesmo tipo?
- ◆ Muitos vírus e bactérias causam doenças. Será que esses seres possuem estruturas iguais?

1 A invenção do microscópio e a descoberta da célula

É difícil dizer quem inventou o aparelho hoje conhecido como **microscópio** (do grego *mikros* = pequeno; *skopeo* = examinar). Um dos candidatos a essa invenção foi o cientista Galileu Galilei (1564-1642), em 1609. Mas quem chamou a atenção dos cientistas para o uso desse aparelho no estudo de microrganismos foi um comerciante de tecidos holandês, como veremos a seguir.

A descoberta da célula

O holandês Anton van Leeuwenhoek (1632-1723; pronuncia-se “lêvenhuk”) foi um comerciante de tecidos que dedicava boa parte do seu tempo ao estudo da natureza. Ele tinha notável habilidade para polir lentes e torná-las muito finas, para poder usá-las para examinar as fibras de tecidos e atestar sua qualidade.

Com suas lentes e técnicas de iluminação, Leeuwenhoek (**figura 6.1**) foi capaz de aumentar a imagem dos objetos até 270 vezes. Ele pôde, assim, observar microrganismos que mediam apenas cerca de 0,003 mm de comprimento. Embora as imagens fossem ainda muito distorcidas na forma e na cor, isso já constituía um grande avanço, pois o ser humano não enxerga, a olho nu, objetos com menos de aproximadamente 0,1 mm de comprimento.

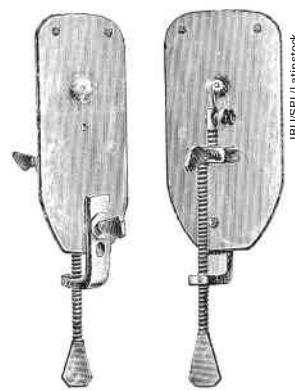


Figura 6.1 Pintura retratando Leeuwenhoek. À direita, vista anterior e posterior do microscópio criado por ele.

Na mesma época em que Leeuwenhoek desenvolvia suas lentes e realizava suas observações de um mundo pequeno demais para ser observado a olho nu, o cientista inglês Robert Hooke (1635-1703; pronuncia-se “huk”, com a letra “h” aspirada) observou pedaços de cortiça com o auxílio de um microscópio formado por duas ou mais lentes associadas dentro de um tubo de metal. Esse objeto era o chamado **microscópio composto**, semelhante aos microscópios de hoje. Hooke descreveu pequenas cavidades no interior daqueles pedaços de cortiça e deu-lhes o nome de **células** (do latim *cellula* = pequeno compartimento). De fato, como a cortiça é um tecido de células mortas que protege o tronco das árvores, o que Hooke viu foi apenas o envoltório da célula e o espaço vazio antes ocupado pela célula viva (**figura 6.2**).



Edward Kinsman/Photo Researchers, Inc./Latinstock

Figura 6.2 Microscópio utilizado por Hooke e ilustração, feita por ele, de um pedaço de cortiça observado com o instrumento (o corpo do microscópio tinha cerca de 15 centímetros de comprimento). Na foto à direita, cortiça vista ao microscópio eletrônico (aumento de cerca de 4 400 vezes).

A construção do conhecimento humano sobre as células continua até hoje. Depois de Hooke, na década de 1820, o botânico escocês Robert Brown (1773-1858; pronuncia-se “bráun”) descobriu um pequeno corpo no interior de vários tipos de células e o chamou de **núcleo**.

Já em 1838, o botânico alemão Matthias Schleiden (1804-1881; pronuncia-se “xláiden”) concluiu que a célula era a unidade básica de todas as plantas. Um ano mais tarde, o zoólogo alemão Theodor Schwann (1810-1882; pronuncia-se “xvan”) generalizou esse conceito para os animais. Iniciava-se assim o desenvolvimento da **teoria celular** de Schwann (**figura 6.3**) e Schleiden. Essa teoria afirma, entre outras generalizações, que todos os seres vivos são formados por células.



Album/Prisma/Latinstock

Figura 6.3 Theodor Schwann. Ele estende o conceito de Schleiden e afirma que a célula é a unidade básica de todos os animais.

Mas ainda havia uma questão: de onde vinham as células? Em 1858, o médico alemão Rudolf Virchow (1821-1902; pronuncia-se “firchow”) afirmou que toda célula provém de outra, querendo dizer que uma célula é capaz de se reproduzir. Virchow fez mais uma afirmação ousada para a época: as doenças seriam consequência de problemas nas células.

A teoria celular

Com base nessas e em outras descobertas, elaborou-se a teoria celular. Como vimos, a elaboração dessa teoria foi resultado de várias pesquisas realizadas por diversos cientistas ao longo do tempo.

De acordo com essa teoria, todos os seres vivos são formados por células. Alguns têm o corpo formado por uma única célula. Portanto, a célula é a unidade morfológica dos seres vivos.

A teoria celular também parte do princípio de que a célula é a menor unidade viva. As propriedades vitais de um organismo dependem das propriedades de suas células, nas quais ocorrem as reações do metabolismo. Portanto, a célula é a unidade fisiológica dos seres vivos.

Por fim, essa teoria defende que as células surgem sempre de outras células. E que cada uma contém as informações hereditárias de todo o organismo.

O tamanho das células

No corpo de um ser humano adulto existem aproximadamente 65 trilhões de células. Em geral, elas são tão pequenas que não podem ser vistas a olho nu. O tamanho da maioria delas varia entre 10 μm e 100 μm , ou seja, entre 0,01 mm e 0,1 mm. Isso significa que, no ponto-final desta frase, caberiam, alinhadas, cerca de dez células grandes. Veja a seguir o valor de algumas unidades de medida utilizadas em Citologia:

$$\begin{aligned}1 \text{ micrômetro } (\mu\text{m}) &= 10^{-3} \text{ mm} \\1 \text{ nanômetro } (\text{nm}) &= 10^{-9} \text{ m} \\1 \text{ angström } (\text{\AA}) &= 10^{-10} \text{ m}\end{aligned}$$

Uma célula animal típica mede entre 10 μm e 20 μm de diâmetro: ela é cerca de cinco vezes menor que a menor partícula visível a olho nu.

2 O estudo da célula

Para estudar a estrutura e o funcionamento da célula, os cientistas utilizam vários instrumentos e técnicas. Um exemplo de instrumento é o microscópio. O material analisado nesse equipamento é geralmente tratado com corantes e fixadores para que se possa melhorar a visualização das estruturas microscópicas.

Microscópio, corantes e fixadores

Se dois pontos estiverem separados por uma distância igual ou superior a 0,1 mm, seremos capazes de distingui-los a olho nu. Se a distância for menor que 0,1 mm, veremos apenas um ponto; a imagem perde nitidez. Isso significa que o olho humano tem **poder de resolução** de 0,1 mm. Esse é o diâmetro aproximado do óvulo humano. Para ver algo menor, precisamos da ajuda de um microscópio.

O **microscópio de luz** ou **óptico** é formado por um sistema de lentes com poder de resolução de até 0,2 μm , bem maior que o do olho humano. Com esse instrumento podemos aumentar a imagem de um objeto cerca de 1 500 vezes sem que ela perca nitidez. O aumento do tamanho da imagem no microscópio de luz resulta de um sistema de lentes chamadas lentes convergentes, estudadas em Física.

Com esse aumento obtido pelo microscópio é possível ver as células e algumas de suas estruturas internas. As fotos tiradas com microscópios são chamadas **micrografias**. Observe a **figura 6.4** e entenda melhor o funcionamento do microscópio.

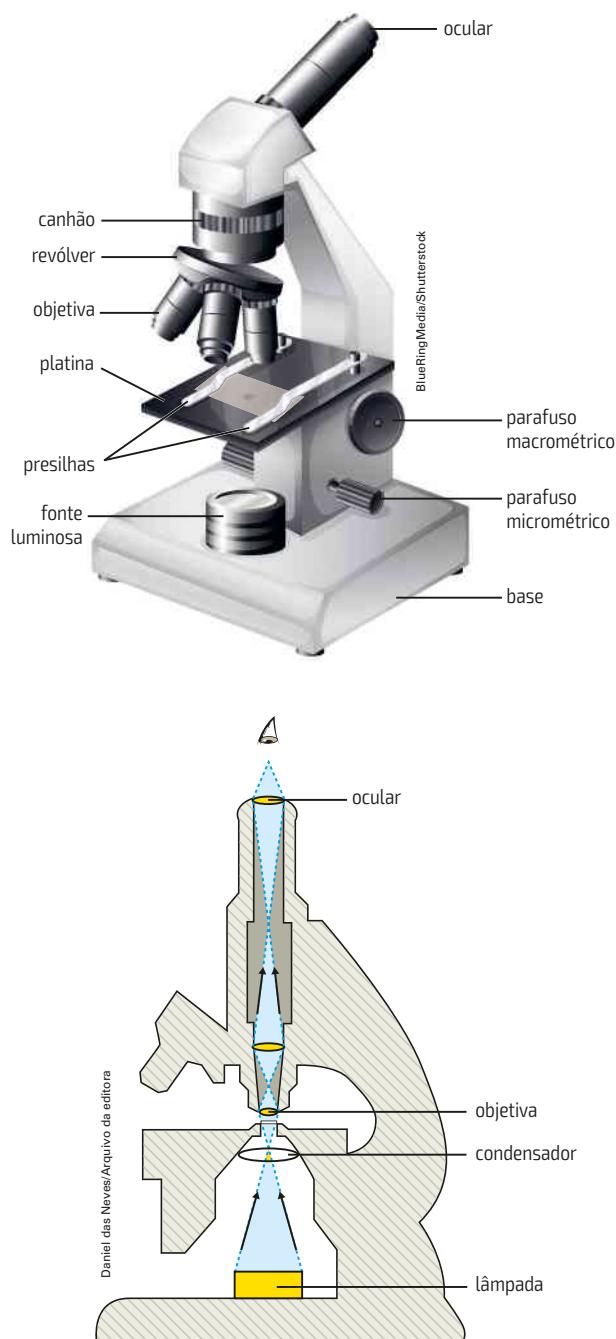


Figura 6.4 O microscópio de luz é um conjunto formado, entre outros componentes, por duas lentes (objetiva e ocular); parafusos macro e micrométrico (este com maior precisão) para ajustar o foco da imagem; fonte de luz e condensador para projetar um feixe de luz sobre o objeto; platina, que sustenta a lâmina de vidro na qual está o objeto; parte mecânica de suporte. O aumento da imagem é obtido pela multiplicação do aumento da objetiva pelo aumento da ocular.

Um objeto que se queira observar com esse aparelho precisa ser atravessado por um feixe de luz, portanto, é preciso que ele seja suficientemente fino. Em observações mais grosseiras, um corte fino do objeto pode ser obtido com uma lâmina de barbear. Em observações mais cuidadosas, o corte deve ser feito com um aparelho especial, o **micrótomo**. Nesse caso, o objeto, comumente um tecido animal ou vegetal, deve ser colocado em blocos de parafina para facilitar o corte, processo conhecido como **inclusão**.

A maioria das estruturas celulares, no entanto, só pode ser vista ao microscópio comum se a célula for previamente tratada com **corantes**. Cada corante reage apenas com determinadas estruturas da célula, fornecendo um contraste que facilita sua observação (**figura 6.5**).

No caso de observações demoradas e repetidas, usam-se **fixadores** (álcool e formol, por exemplo), substâncias que conservam a célula, alterando o mínimo possível sua estrutura.

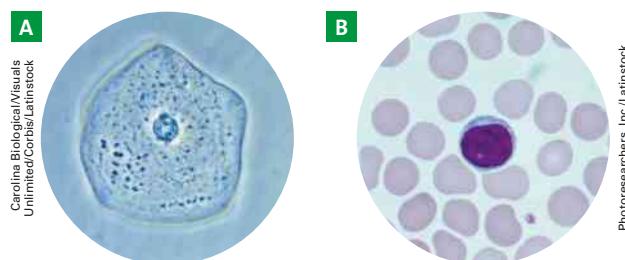


Figura 6.5 Células observadas ao microscópio óptico com auxílio de corantes: A: célula humana da mucosa bucal (aumento de cerca de 700 vezes; com uso de corante); B: sangue humano (aumento de cerca de 400 vezes; com uso de corantes). Os elementos mais numerosos são as hemácias. Ao centro, um glóbulo branco (linfócito).

A Citologia ganhou impulso muito grande com a invenção do **microscópio eletrônico de transmissão** (**figura 6.6**), em 1939. Nesse microscópio, em vez de lentes de cristal, há bobinas que funcionam como eletroímãs desviando o feixe de elétrons (fenômeno estudado em Eletromagnetismo, um ramo da Física).

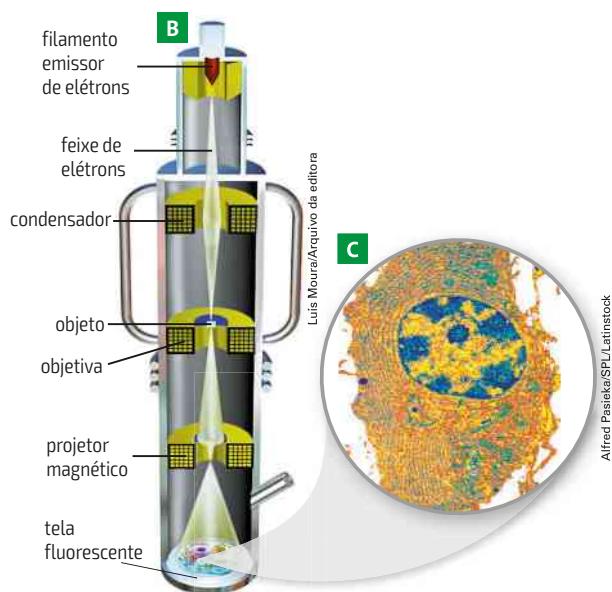
A imagem pode ser observada em uma tela ou em uma micrografia. Com essa técnica, pode-se alcançar um poder de resolução de até $0,0014 \mu\text{m}$. A utilização desse tipo de microscópio e de outras técnicas sofisticadas permite obter informações mais detalhadas sobre a estrutura e a composição química da célula, além de seus processos metabólicos.



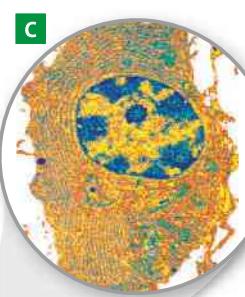
Fábio Colombari/Arquivo do fotógrafo



Fotos: A: Monty Rakusen/Cultura Corbis/SPL/Latinstock; B: Eye of Science/SPL/Latinstock



Luis Moura/Arquivo da editora



Alfred Pasieka/SPL/Latinstock

Figura 6.6 A: microscópio eletrônico de transmissão (Instituto Butantan, São Paulo, SP, 2012); B: esquema do microscópio; as lentes e os condensadores são eletroímãs para desviar o feixe de elétrons que atravessa o objeto e forma a imagem; C: célula humana com aumento de cerca de 10 mil vezes (imagem colorizada por computador). (Os elementos do esquema não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Mais tarde foi desenvolvido o **microscópio eletrônico de varredura** (figura 6.7), no qual um feixe de elétrons, em vez de atravessar o objeto, varre-o como se fosse uma pessoa sentindo com os dedos o relevo de uma superfície. Desse modo, consegue-se uma imagem tridimensional do objeto. Essa imagem é formada por elétrons refletidos, e não por elétrons que atravessam o material.

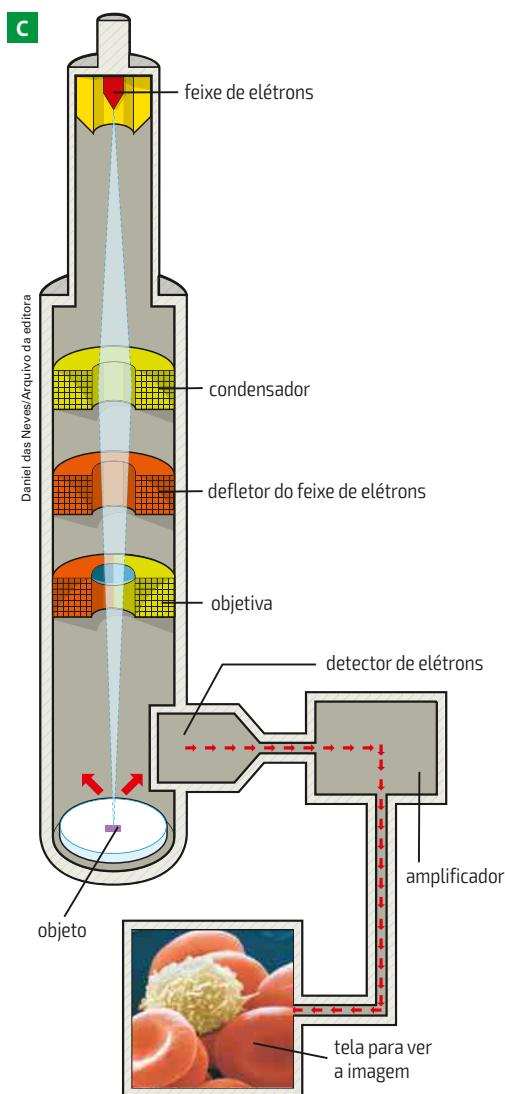


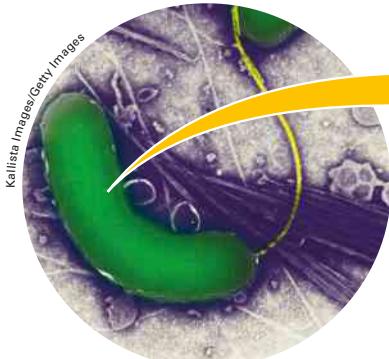
Figura 6.7 A: microscópio eletrônico de varredura (Instituto Butantan, São Paulo, SP, 2012); B: hemácias (em vermelho) e um glóbulo branco (linfócito, em amarelo) (aumento de cerca de 3 mil vezes; imagem colorizada por computador); C: esquema de funcionamento do microscópio (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

3

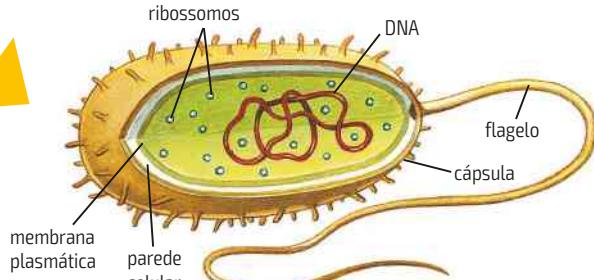
Células procariotas e eucariotas

Compare o esquema de uma bactéria com o de uma célula animal ou vegetal na **figura 6.8**.

É possível perceber que a bactéria é formada por uma célula bem mais simples que a animal e a vegetal.

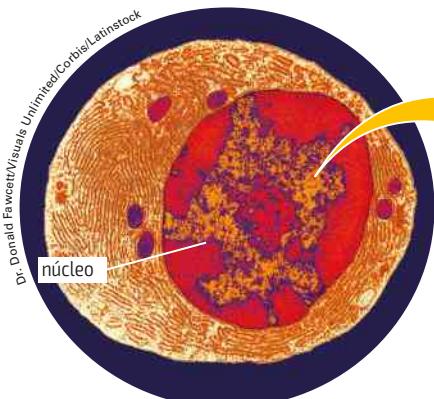


Bactérias vistas ao microscópio eletrônico com aumento de 20 mil vezes (imagem colorizada por computador).

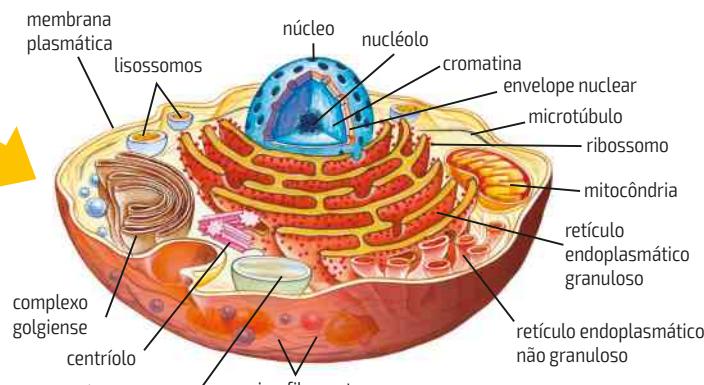


Bactéria (0,5 µm a 2 µm de diâmetro, em média)

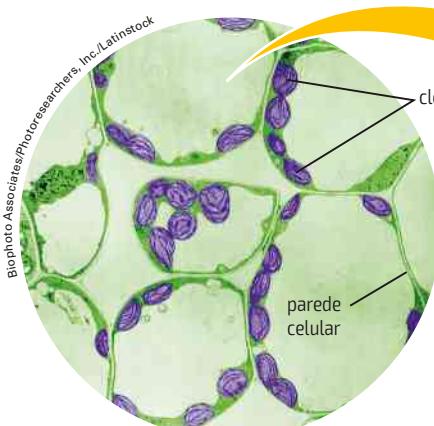
Ilustrações: Ingeborg Astbich/Arquivo da editora



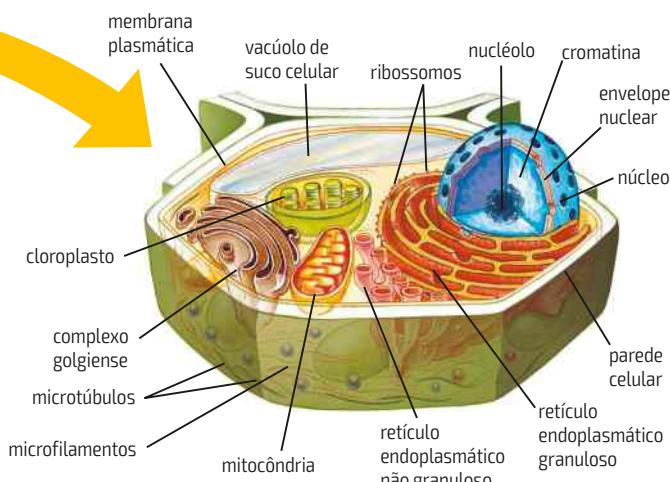
Célula humana ao microscópio eletrônico com aumento de cerca de 10 mil vezes (imagem colorizada por computador).



Célula animal (10 µm a 50 µm de diâmetro, em média)



Células vegetais ao microscópio eletrônico com aumento de cerca de 4 500 vezes (imagem colorizada por computador).



Célula vegetal (10 µm a 100 µm de diâmetro, em média)

Figura 6.8 Esquema geral e fotos de bactérias, células animais e célula vegetal (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

A célula da bactéria é uma **célula procariota** ou **procariótica** (do prefixo português *pro-* = anterior; e do grego *karyon* = núcleo; *onthos* = ser): o material genético (DNA) não está envolvido por uma membrana e não há um núcleo individualizado e separado do citoplasma; o DNA está mergulhado em uma espécie de gelatina, formada por água e várias substâncias dissolvidas. No citoplasma encontramos também os **ribossomos**, organelas responsáveis pela síntese de proteínas.

Todo esse conjunto é envolvido pela **membrana plasmática**, formada por lipídios e proteínas. Envolve essa membrana, existe ainda um reforço externo, a **parede celular**, composta de cadeias de glicídios e aminoácidos.

Os seres vivos formados por células procarióticas são chamados **procariontes**. Eles são organismos unicelulares, medindo, em geral, entre 1 µm e 10 µm de tamanho, e são representados pelas bactérias. Na classificação moderna, consideramos bactérias também as algas cianofíceas ou azuis, atualmente chamadas cianobactérias.

A célula **eucariota** ou **eucariótica** (do grego *eu* = bem, verdadeiro; *karyon* = núcleo), medindo entre 10 µm e 100 µm de tamanho, é bem maior e mais complexa que a procariótica. Seu material genético é constituído por DNA associado a proteínas – formando os cromossomos – e está envolvido por uma membrana, o envelope nuclear (também chamado carioteca). Forma-se, assim, um núcleo individualizado.

Os organismos uni ou pluricelulares formados por células eucarióticas são chamados **eucariontes**.

No citoplasma dos eucariontes existe, além dos ribossomos, uma série de organelas, envolvidas por uma membrana, que estão ausentes nos procariontes: mitocôndrias, retículo endoplasmático, complexo golgiense (antes chamado complexo de Golgi), cloroplastos, lisossomos, etc., que serão estudados nos próximos capítulos.

A evolução da estrutura da célula

A célula eucariótica deve ter surgido da procariótica por dois processos:

- invaginações da membrana formaram canais e vesículas e originaram várias estruturas, como o

envelope nuclear, o retículo endoplasmático, o complexo golgiense e outras, que serão estudadas adiante;

- bactérias invadiram as células primitivas e passaram a viver em seu interior, formando outras organelas, como a mitocôndria e o cloroplasto (**figura 6.9**).

Surgiu, assim, uma célula dividida em compartimentos. Cada um deles passou a desempenhar uma função definida. Essa divisão de trabalho permitiu que cada função fosse realizada com eficiência, propiciando o aparecimento de células maiores e também de seres vivos maiores, pluricelulares, que consomem mais alimento e energia e dependem de sistemas mais eficientes para essas funções.

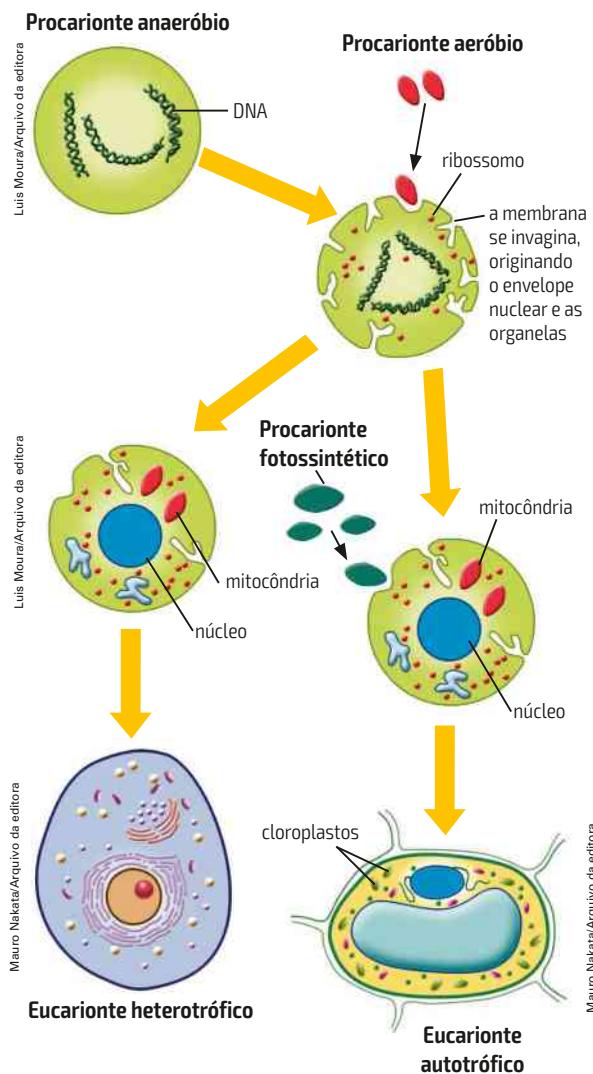


Figura 6.9 Esquema simplificado da hipótese sobre a origem da célula eucariótica. Esse processo deve ter ocorrido entre 1,6 bilhão e 2,1 bilhões de anos atrás (as células são microscópicas; cores fantasia).

4

O caso dos vírus

Você certamente já teve alguma doença causada por vírus (do latim *virus* = veneno). Algumas viroses comuns são gripe, sarampo, herpes, hepatite, resfriado, dengue, catapora, caxumba, rubéola e febre amarela, entre outras.

Entender os vírus que causam doenças é uma das razões pelas quais seu estudo é fundamental. Os vírus prejudicam pessoas, plantas e animais e devem ser estudados também por profissionais interessados em combater doenças em criações e plantações, por exemplo.

Além disso, os vírus são interessantes porque são diferentes de todos os outros organismos, sejam procariontes, sejam eucariontes. Sua organização é muito simples: cápsulas de proteína (às vezes há outras substâncias, como lipídios e glicídios) com material genético (DNA ou RNA) em seu interior.

Os vírus são capazes de se reproduzir somente quando estão no interior de uma célula (**figura 6.10**).

NIBSC/SPL/Corbis

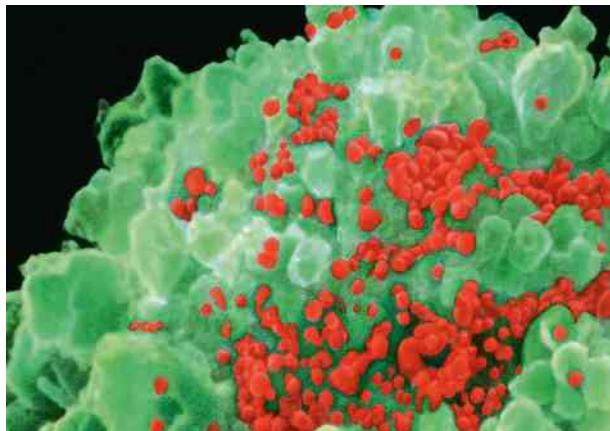


Figura 6.10 Linfócito T, em verde, infectado por vírus HIV, em vermelho (microscópio eletrônico; aumento de 11 mil vezes; imagem colorizada por computador).

Os novos vírus formados são semelhantes ao original, caracterizando, portanto, propriedades de reprodução e hereditariedade. Como também são capazes de sofrer mutações no ácido nucleico, eles podem evoluir.

Dessa forma, quando estão no interior de células vivas, os vírus apresentam certas propriedades de seres vivos. Fora delas, no entanto, não possuem essas propriedades e permanecem inertes. Por isso dizemos que eles são **parasitas intracelulares obrigatórios**.

Talvez os vírus tenham se originado de fragmentos de ácidos nucleicos que escaparam de algumas células e penetraram em outras. Eles não pertencem a nenhum dos cinco reinos ou dos três domínios e, para muitos cientistas, não são considerados seres vivos.

De acordo com esses cientistas, os vírus seriam apenas agentes patogênicos, ou seja, causadores de doenças. Segundo essa visão, os vírus não seriam vivos porque não apresentam metabolismo próprio, dependendo do metabolismo de células de outros seres.

Outros cientistas consideram que a capacidade de replicação, a hereditariedade e a evolução já são suficientes para considerar os vírus seres vivos. Ou seja, para conseguir definir se os vírus são seres vivos ou não, é necessário compreender o que é a vida. Embora pareça simples observar no ambiente onde há e onde não há vida, os vírus parecem ser uma forma limítrofe difícil de se encaixar em definições simples. Por isso essa discussão ultrapassa o campo da Biologia e intrigou estudiosos de diversas áreas, como a Filosofia.

Estudaremos os vírus com mais detalhes no segundo volume desta coleção.



Atividades

1. Por que a descoberta da célula só foi possível no século XVII?
2. Ao desenhar a estrutura de uma célula, um estudante representou, ao lado do desenho, uma escala indicando a ampliação da célula: ele traçou um segmento de reta com 2 centímetros de comprimento e, abaixo dele, escreveu “2 µm”. Quantas vezes a célula foi ampliada no desenho do estudante? (Dica: converta centímetros em micrômetros.)
3. Costuma-se dizer que Leeuwenhoek “descobriu um novo mundo”. O que essa afirmação significa?

- 4.** Imagine que você está examinando três tipos de células ao microscópio eletrônico: uma bactéria, uma célula da folha de uma planta e uma célula do fígado de um animal. Que características permitiriam que você identificasse cada um desses três tipos de célula?
- 5.** Como o estudo das células pode nos ajudar a prevenir e combater doenças?
- 6.** Com base no que você aprendeu sobre o funcionamento dos microscópios, explique por que um objeto a ser observado ao microscópio de luz ou óptico deve ser bastante fino.
- 7.** (UFG-GO) A maioria dos pesquisadores da área biológica considera complexa a tarefa de definir se os vírus são seres vivos ou não vivos. Apresente dois argumentos a favor e dois contra a inclusão dos vírus na categoria dos seres vivos.
- 8.** (Fuvest-SP) Quais as diferenças existentes entre células procarióticas e eucarióticas quanto a núcleo e citoplasma?
- 9.** (Unicamp-SP) Imagine-se observando ao microscópio óptico comum dois cortes histológicos: um de fígado de rato e outro de folha de tomateiro. Cite duas estruturas celulares que permitiriam identificar o corte da folha do tomateiro.
- 10.** (UFPE) A respeito das células procarióticas, qual das afirmativas está errada?
a) Não apresentam um núcleo verdadeiro.
b) Não possuem um sistema de membranas internas.
 c) Não apresentam ribossomos.
d) São representadas pelas bactérias e cianobactérias.
e) Não apresentam cloroplastos.
- 11.** (Fatec-SP) A invenção do microscópio possibilitou várias descobertas e, graças ao surgimento dos microscópios eletrônicos, houve uma revolução no estudo das células. Esses equipamentos permitiram separar os seres vivos em procariotes e eucariotes, porque se descobriu que os primeiros, entre outras características,
a) possuem parede celular e cloroplastos.
 b) possuem material genético disperso pelo citoplasma.
c) possuem núcleo organizado envolto por membrana nuclear.
d) não possuem núcleo e não têm material genético.
e) não possuem clorofila e não se reproduzem.

- 12.** (PUC-RJ) Os seres vivos são descendentes de um ancestral unicelular que surgiu há, aproximadamente, 4 bilhões de anos. Devido a sua ancestralidade comum, compartilham algumas características não encontradas no mundo inanimado. No entanto, algumas exceções levam os cientistas a terem dúvidas se os vírus são ou não seres vivos. A respeito dos vírus, considere as afirmativas:
I. São formados por uma ou mais células.
II. Apresentam material genético e evoluem.
III. Apresentam capacidade de converter moléculas obtidas a partir do seu ambiente em novas moléculas orgânicas.
Sobre os vírus, **não** é correto o que se afirma em:
a) Apenas I.
b) Apenas II.
 c) Apenas I e III.
d) Apenas II e III.
e) I, II e III.
- 13.** (Unifor-CE) A teoria celular proposta por Schleiden e Schwann afirmava que:
a) toda célula provém de uma célula preexistente.
b) todas as células vivas têm núcleo individualizado.
c) há estreita relação entre forma e função nas células.
d) células embrionárias multiplicam-se por mitose.
 e) vegetais e animais são constituídos por células.
- 14.** (Vunesp-SP) Os procariotes diferenciam-se dos eucariotes porque os primeiros, entre outras características:
a) não possuem material genético.
 b) possuem material genético como os eucariotes, mas são anucleados.
c) possuem núcleo, mas o material genético encontra-se disperso no citoplasma.
d) possuem material genético disperso no núcleo, mas não em estruturas organizadas denominadas cromossomos.
e) possuem núcleo e material genético organizado nos cromossomos.
- 15.** (UFPB) Os componentes celulares que estão presentes tanto em células de eucariotes como de procariotes são:
a) membrana plasmática e mitocôndrias.
b) mitocôndrias e ribossomos.
c) ribossomos e lisossomos.
d) lisossomos e membrana plasmática.
 e) membrana plasmática e ribossomos.

Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas abaixo para pesquisa. Utilizem livros, revistas e consultem *sites* da internet. Se possível, peçam orientação para professores de outras disciplinas.

1. Pesquisem o que ocorre com a relação entre a área e o volume quando as dimensões lineares de um corpo aumentam. Depois, pesquisem quais as consequências desse fato para as funções da célula. Se possível, tire dúvidas com seu professor de Matemática.

2. Façam uma breve pesquisa sobre os dois tipos básicos de lentes (convergentes e divergentes), incluindo os seguintes pontos:

- Que tipo de imagem elas formam?
- Quais são suas aplicações no cotidiano?
- Quais estão presentes nos microscópios ópticos?

O professor de Física pode tirar dúvidas e auxiliar com a indicação de materiais de pesquisa. O resultado da pesquisa deve ser apresentado para a turma.

Atividade prática

Se na escola em que você estuda houver microscópio óptico, lâminas de vidro especiais para serem utilizadas com o microscópio e lamínulas (lâminas de pequena espessura), você pode, com a orientação do professor, realizar as atividades a seguir.

- Recorte um quadradinho de papel-jornal (cerca de 5 mm de lado) com letras impressas e coloque-o no centro de uma lâmina de vidro, própria para microscópio, com as letras voltadas para cima. Em seguida, pingue uma gota de água sobre o papel, apoie a lamínula sobre a lâmina, de modo a formar um ângulo de cerca de 45° entre elas. Solte lentamente a lamínula sobre o material, evitando, assim, a formação de bolhas de ar. Retire o excesso de água com papel absorvente.

Antes de olhar pela ocular, gire o parafuso macrométrico vagarosamente, aproximando a objetiva do material (até bem perto, mas tomando cuidado para não encostar demais a objetiva na lamínula, que pode quebrar; por isso,

ao realizar esse procedimento, olhe diretamente o que está fazendo, e não pela ocular). E nunca toque nas lentes com os dedos.

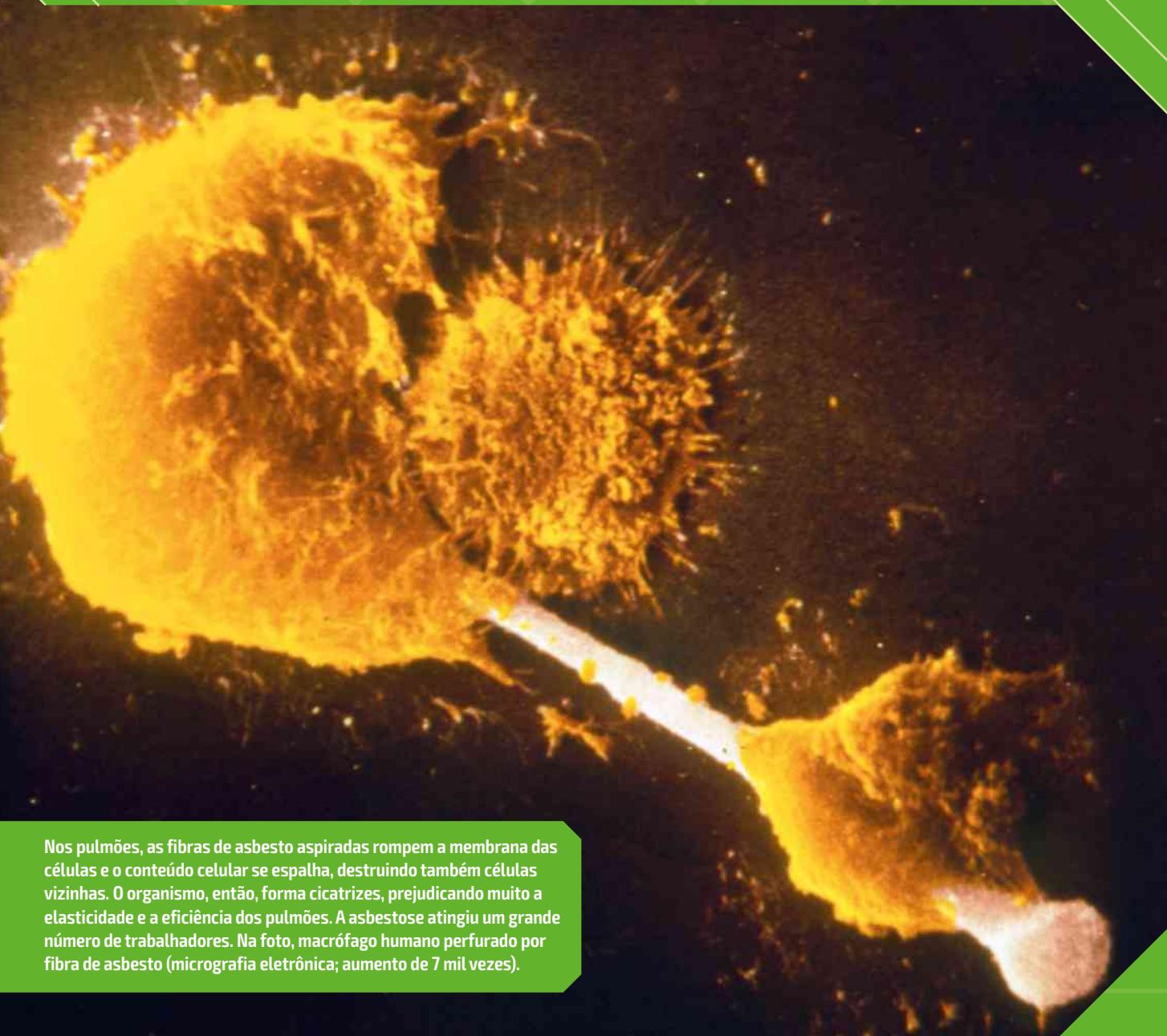
Agora, olhando pela ocular, use o parafuso macrométrico para afastar lentamente a objetiva (cuidado para não se confundir e fazer o contrário, isto é, aproximar a objetiva), até conseguir enxergar alguma coisa. Em seguida, ainda tomando cuidado ao utilizar o micrométrico, procure focalizar uma letra do jornal (não serve a letra “o”). Procurando deixar sempre aquilo que quer observar no centro do campo, desenhe exatamente o que está observando. Compare a posição da letra quando vista pelo lado de fora e quando vista ao microscópio. Movimentando a lâmina para a direita (use o *charriot*, se houver), observe qual o sentido de deslocamento dessa imagem (letra). Para observar em aumento maior, utilize o revólver para mudar a objetiva. Ajuste o foco da nova objetiva com o micrométrico e compare, em relação à objetiva anterior, o que acontece com a imagem e com o campo de observação.



ATENÇÃO

Ao transportar o microscópio, você deve segurá-lo (sempre na vertical) com as duas mãos: uma segura o braço do microscópio e a outra sustenta a base. Quando o instrumento estiver sobre a mesa (ou outra base segura), a lâmpada deve ser ligada e a objetiva de menor aumento colocada em posição e bem afastada da platina. Em seguida, apoie a lâmina sobre a platina e prenda-a com as presilhas. Se o seu microscópio possuir *charriot*, dispositivo preso à platina presente em alguns microscópios que permite prender a lâmina e movimentá-la quando necessário, utilize-o.

Photo Insolite Realite/SPL/Latinstock



Nos pulmões, as fibras de asbesto aspiradas rompem a membrana das células e o conteúdo celular se espalha, destruindo também células vizinhas. O organismo, então, forma cicatrizes, prejudicando muito a elasticidade e a eficiência dos pulmões. A asbestose atingiu um grande número de trabalhadores. Na foto, macrófago humano perfurado por fibra de asbesto (micrografia eletrônica; aumento de 7 mil vezes).

Um material conhecido como amianto foi utilizado durante décadas no revestimento de paredes, em peças de veículos, entre outras formas de utilização. Apesar de ser um material eficiente, sua manipulação produz fibras microscópicas que ficam no ar e podem ser aspiradas, destruindo células dos pulmões e causando uma doença chamada asbestose. Nesse exemplo fica clara a relação entre problemas nas células e doenças.



- ◆ Por que podemos dizer que a membrana plasmática é mais do que um simples envoltório das células?
- ◆ Qual é o papel dessa membrana na interação da célula com seu meio?
- ◆ Como as estruturas no interior das células contribuem para o seu funcionamento e equilíbrio?

1 A estrutura da membrana plasmática

A **membrana plasmática** só pode ser observada ao microscópio eletrônico, porque mede cerca de 8 nm de espessura ($1\text{ nm} = 0,000001\text{ mm}$). Ela é formada por uma dupla camada de lipídios com proteínas imersas nessa camada ou aderidas à face interna da membrana. O lipídio mais comum da membrana é o fosfolipídio. Há também alguns carboidratos, ou glicídios, na face externa da membrana plasmática.

As diferentes afinidades das duas regiões dos lipídios fazem com que eles se arrumem espontaneamente na membrana: a região polar dos lipídios da camada externa fica voltada para a água (uma substância polar, como vimos no Capítulo 3) que está fora da célula. Já a região polar da camada interna volta-se para a água no interior da célula. As regiões apolares ficam voltadas umas para as outras. Costuma-se dizer em Química que “semelhante dissolve semelhante”. Você sabe o que isso significa? De maneira sintética, substâncias apolares misturam-se bem com outras substâncias apolares, e o mesmo acontece com as substâncias polares.

A maioria das proteínas da membrana está mergulhada na dupla camada de lipídios, interrompendo sua continuidade; são as **proteínas integrais**. Outras, as **proteínas periféricas**, não estão mergulhadas na

dupla camada de lipídios, mas aderidas à extremidade de proteínas integrais (figura 7.1). As proteínas integrais podem se movimentar lateralmente. A membrana fica, então, parecendo um mosaico de proteínas em um fluido, os lipídios. Esse modelo que descreve a membrana plasmática é conhecido como **mosaico fluido**.

Algumas dessas proteínas atuam no transporte de substâncias para dentro ou para fora da célula. Outras são moléculas receptoras que se ligam a substâncias extracelulares, desencadeando alguma atividade dentro da célula.

A maioria dos carboidratos que fazem parte da membrana plasmática está ligada às proteínas, constituindo **glicoproteínas**. Essas moléculas permitem que uma célula identifique outra do mesmo tecido, promovendo a adesão entre elas. Além disso, as glicoproteínas participam da identificação de uma célula estranha. Os glóbulos brancos, por exemplo, encontrados no sangue, atacam bactérias invasoras, mas reconhecem quimicamente células do próprio corpo e, geralmente, não as atacam.

Portanto, além de atuar no controle das substâncias que entram na célula e dela saem, a membrana plasmática atua na comunicação com outras células e com o ambiente interno, reagindo a hormônios,抗ígenos, neurotransmissores e receptores de outras células.

Face externa da membrana

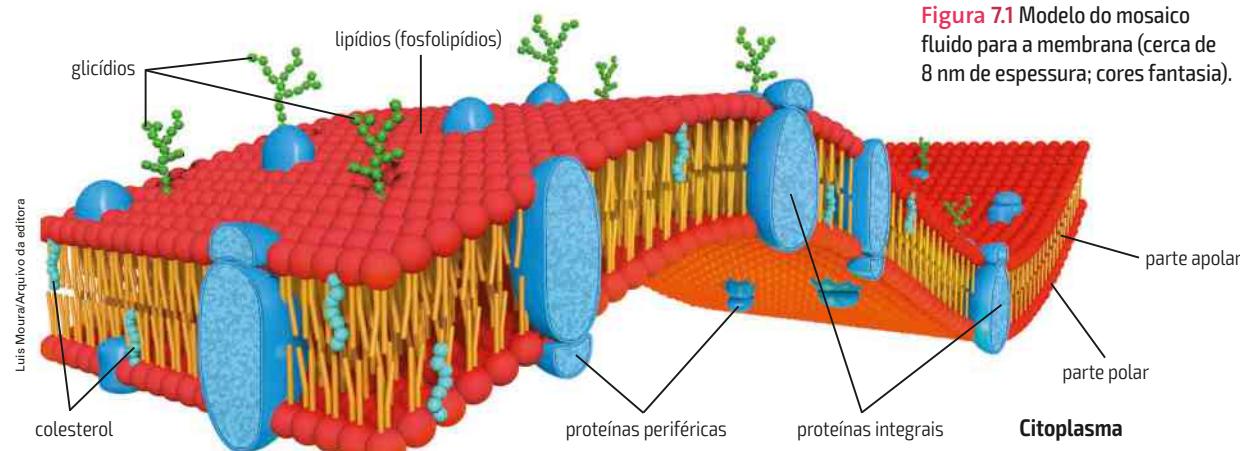


Figura 7.1 Modelo do mosaico fluido para a membrana (cerca de 8 nm de espessura; cores fantasia).

2

Como as substâncias atravessam a membrana

Há constante troca de substâncias entre a célula e o meio externo, mas apenas as substâncias necessárias devem entrar ou permanecer na célula, enquanto as indesejáveis devem sair ou ficar fora dela.

A membrana plasmática faz esse controle. Dizemos, por isso, que ela possui **permeabilidade seletiva**. Assim, dentro de certos limites, ela colabora para manter constante a composição química da célula.

De modo geral, podemos dizer que as substâncias atravessam a membrana de duas maneiras: por **transporte passivo** e por **transporte ativo**. No transporte passivo, uma substância move-se de uma região em que está mais concentrada para outra em que está menos concentrada. Nesse caso, não há gasto de energia nesse deslocamento. No transporte ativo, ocorre o inverso: a substância move-se contra o gradiente de concentração (gradiente indica variação), havendo consumo de energia pela célula.

Transporte passivo por difusão

A **difusão** é a capacidade que partículas (átomos, moléculas ou íons) de gases e de líquidos têm de se espalhar uniformemente por todo o espaço disponível.

Esse fenômeno ocorre porque o movimento das partículas do gás e do líquido é constante e aleatório. Estatisticamente, há um fluxo maior de partículas da região mais concentrada para a menos concentrada. Em outras palavras, as partículas movem-se a favor de um gradiente de concentração até atingirem a mesma concentração em todos os pontos do espaço. Nesse momento a intensidade do fluxo de partículas é a mesma em todas as direções (**figura 7.2**). Essa explicação faz parte da Teoria Cinética, uma teoria da Física que afirma, entre outras coisas, que as partículas dos fluidos (gases e líquidos) estão em constante movimento aleatório.

Veja agora como podemos explicar a entrada de oxigênio e a saída de gás carbônico na célula pela difusão.

A maioria das células utiliza constantemente oxigênio para obter energia do alimento. Esse fenômeno é conhecido como respiração celular. Assim que entra na célula, o oxigênio é consumido na respiração. Como as células estão mergulhadas em um ambiente com mais oxigênio que o citoplasma, esse gás entra na célula à medida que é consumido. Com o gás carbônico ocorre o inverso. Ele é produzido constantemente pela respiração celular, o que faz com que sua concentração seja maior no interior da célula do que fora dela. Por isso ele sai continuamente da célula. No nosso caso e no de muitos animais, a circulação encarrega-se de trazer mais oxigênio para os tecidos e de levar o gás carbônico para longe das células.

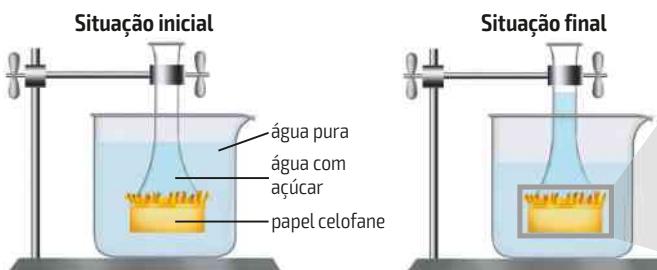


Figura 7.2 Difusão: o movimento das partículas de água e de tinta (em azul) faz com que a tinta se espalhe por todo o recipiente (as partículas não são visíveis; cores fantasia).

Osmose

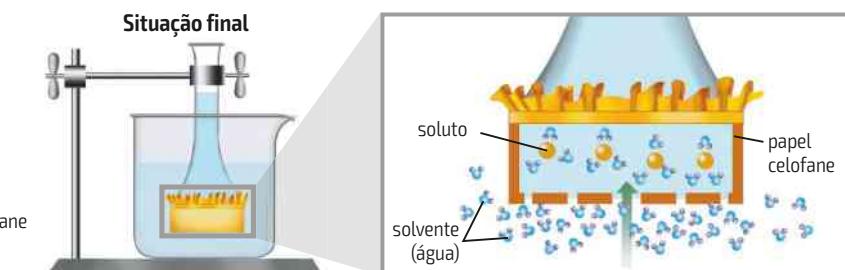
Osmose é a passagem de água de uma solução para outra através de uma membrana semipermeável ou de permeabilidade seletiva. Membrana semipermeável é aquela que deixa passar algumas substâncias e outras não. Veja a seguir um exemplo de osmose.

Colocamos água com bastante açúcar em um funil com a boca fechada com papel celofane e mergulhamos o funil em água pura (**figura 7.3**). Embora o açúcar possa passar pelo celofane, ele o atravessa com velocidade muito menor que a da água. Assim, na prática, podemos considerar que só a água passa.



Ilustrações: Luis Moura/Arquivo da editora

Figura 7.3 Experimento para observar a osmose (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



A osmose no nível molecular: um número maior de moléculas de água entra no funil, fazendo o nível da solução subir.

Depois de algum tempo, verificamos que o nível da solução no funil subiu até certo ponto e estacionou. Por que isso aconteceu?

O nível da solução no funil se elevou porque houve um fluxo maior de água para dentro do funil do que para fora dele (reveja a **figura 7.3**). Isso ocorre porque parte das moléculas de água é atraída pelas moléculas de açúcar e fica ligada a elas, perdendo mobilidade. Na água pura ou em uma solução menos concentrada (com menos soluto) há mais moléculas de água com mais mobilidade, o que explica o fluxo maior de água da solução menos concentrada para a mais concentrada.

Portanto, sempre que houver diferença de concentração entre duas soluções, o solvente (em geral a água) se moverá sem gasto de energia da solução menos concentrada para a mais concentrada. Não esqueça que a expressão “menos concentrada” refere-se à concentração do soluto. A osmose, por conseguinte, é uma espécie de difusão de moléculas de um solvente (água) através de uma membrana semipermeável.

A osmose influencia vários fenômenos biológicos, sendo também estudada em Química, entre as chamadas **propriedades coligativas**, que são as propriedades das soluções que dependem do número de partículas dispersas, e não da natureza das partículas do soluto.

Observe que as moléculas de água no interior do funil ficam submetidas a uma pressão maior, resultante da diferença de altura da coluna, o que compensa a tendência do fluxo de água para dentro do funil, e o sistema entra em equilíbrio: o nível de água no funil para de subir.

O valor da pressão que se deve aplicar sobre uma solução para impedir a osmose, isto é, o fluxo de água pura para a solução, é chamado **pressão osmótica** da solução. Quanto maior a concentração de uma solução, maior sua pressão osmótica.

Quando comparamos duas soluções com concentrações diferentes, chamamos a que tem pressão osmótica maior de **hipertônica** (do grego *hyper* = exagerado; *tonos* = tensão). Já a solução com menor concentração de soluto é chamada **hipotônica** (do grego *hipo* = abaixo) em relação à primeira. Quando as duas soluções apresentam a mesma pressão osmótica, dizemos que são **isotônicas** (do grego *isos* = igual).

Se uma célula animal, por exemplo uma hemácia, for mergulhada em uma solução hipertônica em relação ao seu citoplasma, ela perderá água por osmose e murchará. Observe na **figura 7.4** que a hemácia fica com a superfície enrugada ou crenada.

Se a hemácia for colocada em uma solução hipotônica, seu volume aumentará por causa da entrada de água por osmose. Como a membrana é elástica, ela resistirá a esse aumento até certo ponto. Mas, se a solução for muito hipotônica, o volume aumentará tanto que a célula arrebentará, espalhando seu conteúdo pela solução (**figura 7.4**). Essa ruptura é chamada **plasmoptise** (do grego *ptysein* = expulsão); no caso da hemácia, **hemólise** (do grego *haîma* = sangue; *lysis* = dissolução, destruição).

Em Química, há diversas maneiras de indicar as concentrações dos solutos nas soluções: grama por litro (g/L), percentagem (gramas de soluto por 100 g ou 100 mL de solução), entre outras. Em certos produtos comerciais, a concentração está indicada na embalagem.

Para estudar ao microscópio uma célula humana viva, é muito utilizado o soro fisiológico, solução isotônica em relação às células em geral, obtida pela dissolução de 0,9 g de cloreto de sódio em 100 mL de água destilada (solução a 0,9%). Ela preserva a forma e o volume da célula, impedindo-a de arrebentar ou murchar.

Fotos: SPL/Unsplash



Figura 7.4 Alterações na forma da hemácia por causa da osmose (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia).

No caso das células vegetais, os efeitos da osmose são diferentes. A parede celular, que reveste a membrana plasmática, é muito rígida, resistindo a qualquer pressão osmótica – mesmo quando mergulhada em água destilada. Assim, a célula vegetal nunca sofre plasmoptise. Também não sofrem plasmoptise as células de alguns protozoários, de bactérias e de fungos que possuem parede celular rígida (que não é feita de celulose, como nas células vegetais) ao redor da membrana.

Nas células vegetais, os fenômenos osmóticos ocorrem entre o meio e o vacúolo de suco celular, que ocupa boa parte do volume interno da célula. Quando o ambiente é hipotônico em relação ao vacúolo, este ganha água e incha; o volume da célula aumenta. Dizemos que ocorreu **turgência** (figura 7.5). Essa turgência força a parede celulósica para fora e, à medida que ela se distende, exerce uma força cada vez maior, contrária à entrada de água. Ocorre algo parecido com uma câmara de ar que, à medida que se enche, força o pneu e este espreme a câmara, empurrando o ar para fora.

Geralmente, as células vegetais encontram-se túrgidas, uma vez que o vacúolo acumula soluto e fica hipertônico em relação ao meio extracelular. A turgência aumenta um pouco a rigidez de certos tecidos, ajudando a sustentação das folhas e das partes menos rígidas da planta (figura 7.5). Em um dia seco

e quente, porém, a evaporação da água provoca aumento da pressão osmótica do meio extracelular. Nesse caso, o vacúolo perde água e a parede celular perde pressão. Com isso, as células podem ficar flácidas e as folhas da planta murcham (figura 7.6). Se a planta receber água, as células voltam à sua turgência, fazendo com que as folhas se reergam.

Caso a planta continue perdendo água, o meio extracelular torna-se hipertônico em relação ao vacúolo, que, nesse caso, perde muita água. O citoplasma e a membrana plasmática se retraiem, mas a parede celulósica, por causa de sua resistência, não acompanha essa retração. Ocorre, então, a **plasmólise**, que, se prolongada, é fatal para a célula (figura 7.6).

O aumento de volume da célula vegetal, quando esta passa de uma solução hipotônica para outra hipotônica, é chamado **desplasmólise** ou **deplasmólise**.

Dessa forma, você pode compreender por que o feijão cozido em água com sal murcha: o grão perde água por osmose. Pelo mesmo motivo, é melhor temperar uma salada de alface com sal e outros condimentos somente na hora de servi-la. Esses exemplos indicam como o conhecimento popular pode funcionar na prática, sendo explicado por teorias científicas. Essas relações entre o conhecimento científico e o cotidiano são estudadas em Filosofia.

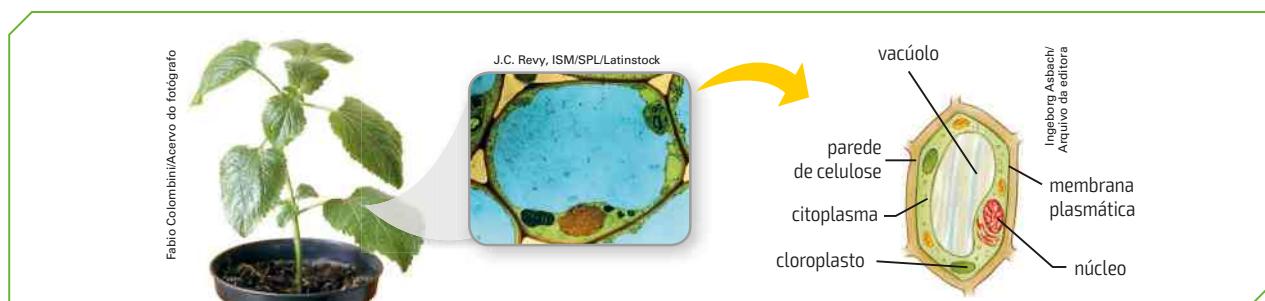


Figura 7.5 A turgência ajuda a manter a planta ereta. Células vegetais (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 4 mil vezes; imagem colorizada por computador) em meio hipotônico ficam túrgidas. A parede celular impede que a célula arrebente. Na ilustração, célula vegetal túrgida (cores fantasia).

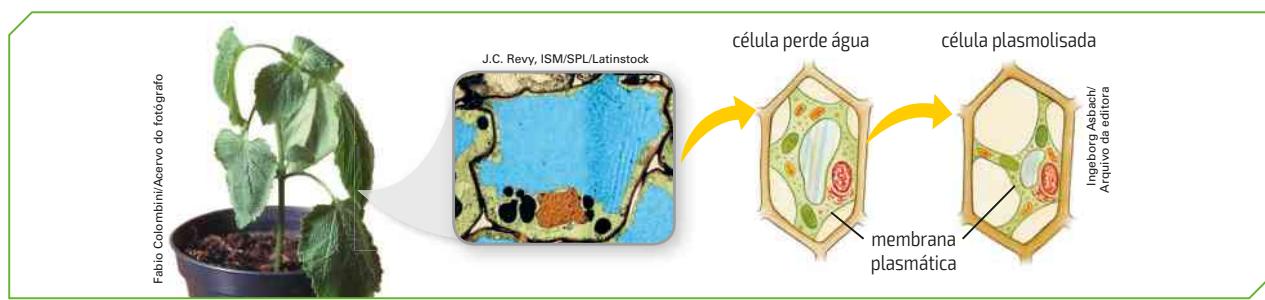


Figura 7.6 Quando a planta, pela transpiração, perde muita água e não a repõe com a água do solo, a perda da turgência faz essa planta murchar. Em soluções hipertônicas, as células vegetais (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 4 mil vezes; imagem colorizada por computador) sofrem plasmólise. Na ilustração, células vegetais perdendo água e sofrendo plasmólise (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



Conservação de alimentos

Você sabe que há várias maneiras de conservar os alimentos. Podemos colocá-los em baixas temperaturas ou em embalagens especiais. Outra técnica de conservação é o salgamento, usado em alguns casos para a preservação de carnes, como o charque.

Talvez você também saiba que a adição de bastante açúcar também ajuda a conservar frutas em compotas e geleias (**figura 7.7**).

Outro fato que se pode observar no cotidiano é que, após algum tempo, em uma salada de alface, pepino e tomate temperada com sal, há um acúmulo de água.

Como podemos explicar de forma científica esse tipo de conhecimento popular que há tanto tempo faz parte da nossa cultura?

A desidratação ajuda a conservar o alimento porque, sem água, muitos microrganismos morrem. Do mesmo modo, altas concentrações

de sal tiram água das células dos microrganismos, impedindo sua sobrevivência ou reprodução. O mesmo resultado é obtido com altas concentrações de açúcar acrescentadas a compotas e geleias depois da fervura.

Agora que você conhece a osmose que ocorre em células animais e vegetais, é possível relacionar esses fatos de uma nova maneira. O salgamento e a adição de grandes quantidades de açúcar constituem meios hipertônicos para as células. Isso acontece tanto em células bacterianas como nas células vegetais. Nesse tipo de meio, o desequilíbrio entre a concentração de soluto dentro e fora das células faz com que elas percam água, ou seja, sofram desidratação. É por isso que a salada temperada murcha e acumula água, enquanto o salgamento e a adição de açúcar constituem meios em que dificilmente os microrganismos conseguem sobreviver.

Figura 7.7 Compotas e geleias conservam frutas pela adição de açúcar.



Rosenfeld/Mauritius/Latinstock

Transporte ativo

O movimento de substâncias através da membrana em sentido contrário à difusão e com gasto de energia é denominado **transporte ativo**. Ele depende de proteínas chamadas carreadoras especiais que, com consumo de energia, combinam-se com a substância de um lado da membrana e a soltam do outro lado. A proteína muda de forma, abrindo-se e deixando a substância entrar. Em seguida, ela se abre

na face oposta e solta a substância do outro lado da membrana.

Como veremos no Capítulo 8, essa energia vem de moléculas de adenosina-trifosfato (ATP), produzidas na respiração celular. As proteínas que usam o ATP para realizar transporte ativo são chamadas **ATP-ases**. Elas funcionam como enzimas que quebram o ATP, transformando-o em adenosina-difosfato (ADP) e fosfato. Nessa quebra, a energia é liberada.

Há vários tipos de transporte ativo. O mais conhecido é a **bomba de sódio e potássio**, que explica a diferença de concentração desses íons dentro e fora das células ([figura 7.8](#)).

A concentração de sódio (Na^+) fora da célula é maior que em seu interior, ocorrendo o oposto com o potássio (K^+). Poderíamos esperar, então, que, por difusão, esses íons se movessem até que suas concentrações se igualassem dentro e fora da célula. Mas isso não acontece, pois as células estão constantemente gastando energia para bombeá-los em sentido contrário à difusão.

Observe na [figura 7.8](#) que, para cada três íons sódio que saem, entram dois íons potássio. Desse modo, surge uma diferença de cargas elétricas

entre os dois lados da membrana, que fica positiva na face externa e negativa na interna. Essa diferença é importante para os fenômenos elétricos que ocorrem nas células nervosas, como veremos no Capítulo 18.

Outra função da bomba é compensar um acúmulo de solutos no citoplasma, porque há mais moléculas orgânicas dissolvidas no citoplasma que no líquido que banha as células. Isso poderia provocar uma entrada excessiva de água por osmose, com a consequente ruptura da célula (plasmoptise). Essa maior concentração interna de solutos é compensada pelo acúmulo de sódio do lado de fora, provocado pela bomba de sódio e potássio.

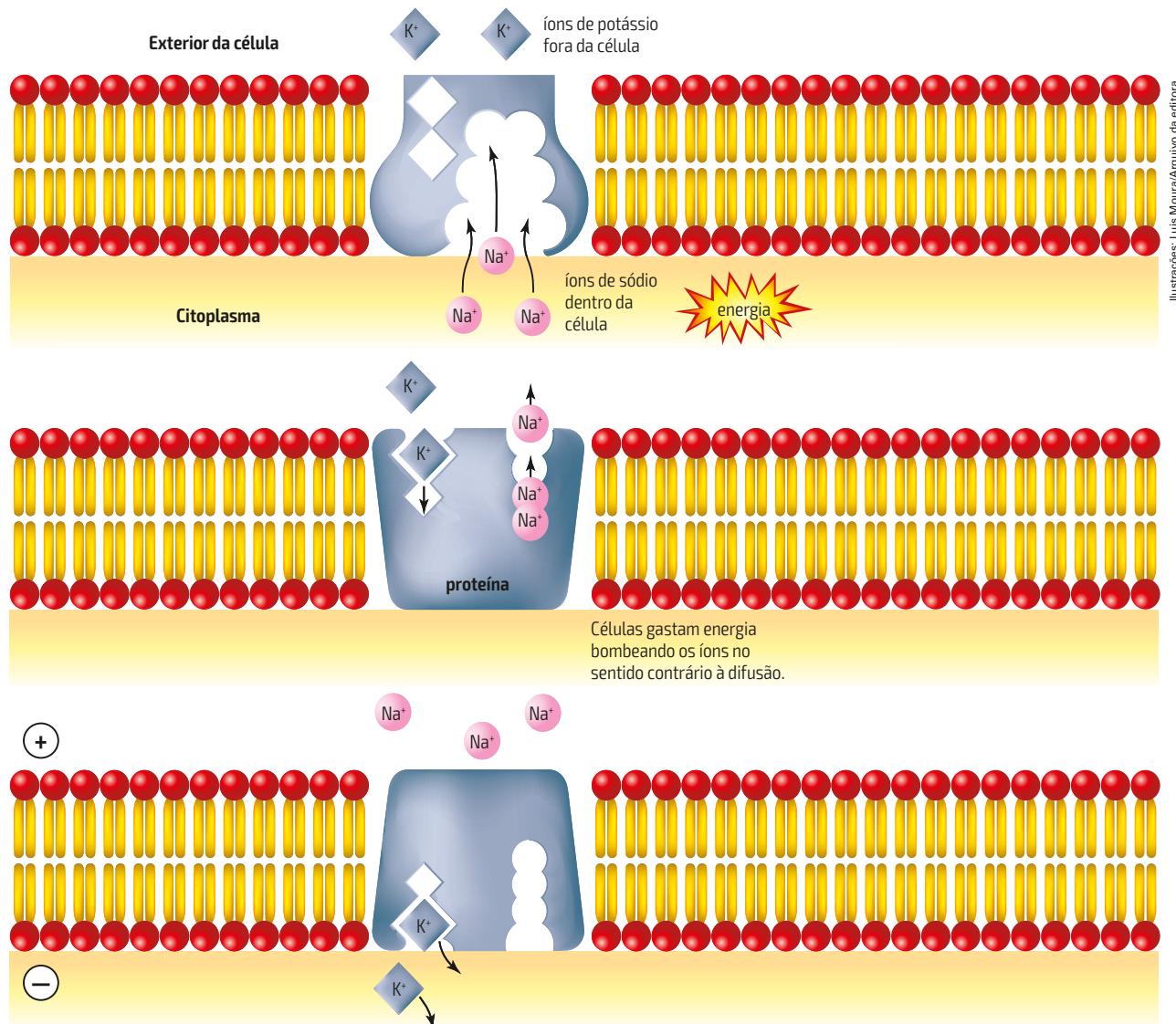


Figura 7.8 Esquema do transporte ativo de sódio e potássio. (A membrana tem cerca de 8 nm de espessura; os elementos representados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Transporte de grandes moléculas e partículas

As grandes moléculas orgânicas, como as proteínas, os polissacarídeos e mesmo outras partículas maiores, não conseguem atravessar a membrana celular. Por isso elas não podem ser absorvidas nem eliminadas pelos processos que acabamos de ver. A entrada na célula dessas substâncias ou partículas é feita por **endocitose** (do grego *endon* = dentro; *kytos* = célula), enquanto a saída ocorre por **exocitose** (do grego *exo* = para fora).

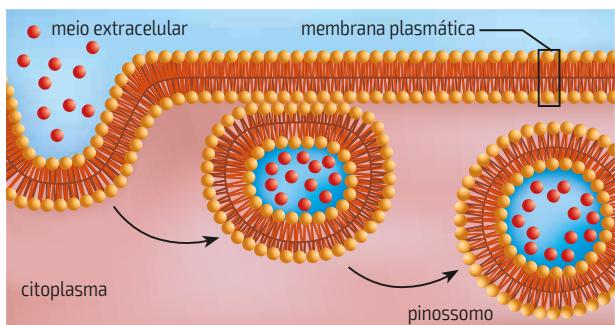
Há dois tipos de endocitose: a **fagocitose** (do grego *phagein* = comer) e a **pinocitose** (do grego *pino* = beber).

Fagocitose. Nesse processo, a célula ingere partículas insolúveis relativamente grandes e visíveis ao microscópio óptico (maiores que 0,25 µm), como microrganismos ou fragmentos celulares. O citoplasma forma expansões, os **pseudópodes** (do grego *pseudes* = falso; *podos* = pé), que envolvem o alimento e o colocam em uma cavidade no interior da célula. Nessa cavidade ocorre a digestão e a absorção dos produtos obtidos (figura 7.9).

Em alguns invertebrados e protozoários, a endocitose é um mecanismo de captura de alimento, ocorrendo fagocitose até mesmo de outros organismos unicelulares (figura 7.9).

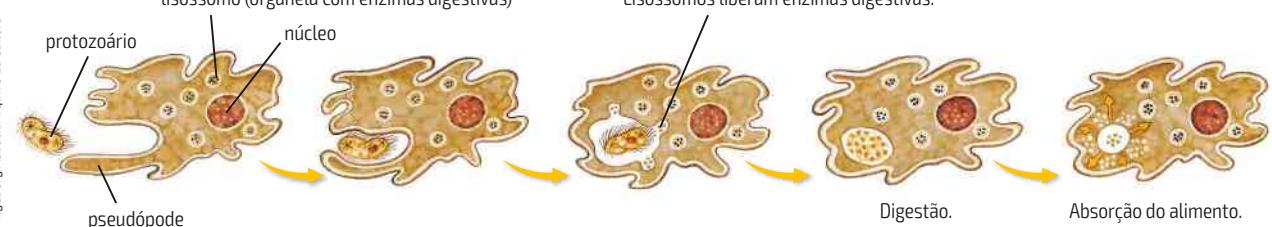
Nos vertebrados, a fagocitose é usada por algumas células na defesa contra a penetração de corpos estranhos e para destruir as células velhas do corpo. Ambas as funções são realizadas por um grupo de células de defesa – entre as quais os glóbulos brancos do sangue, como veremos no Capítulo 14.

Pinocitose. Nem todas as células realizam fagocitose, mas muitas das células eucariotas realizam pinocitose. Nesse processo, a célula captura líquidos ou macromoléculas dissolvidas em água através de invaginações da membrana, que formam pequenas vesículas, menores que 0,15 µm, os **pinossomos**. É assim que as células intestinais capturam gotículas de gordura do tubo digestório (figura 7.10).



Luis Moura/Arquivo da editora

Figura 7.10 Célula realizando pinocitose (a membrana tem cerca de 8 nm de espessura; os elementos representados não estão na mesma escala; cores fantasia).



Ingeborg Asbach/Arquivo da autora

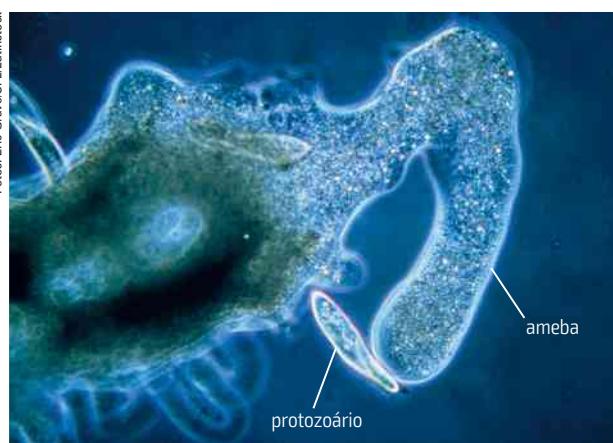


Figura 7.9 Desenho esquemático de ameba se alimentando por meio de fagocitose. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.) A mesma situação é retratada nas fotos ao microscópio óptico (aumento de cerca de 80 vezes).



A **exocitose** é um processo de eliminação de produtos para o exterior da célula (figura 7.11). Esses produtos estão no interior de vesículas que se desfazem na superfície da membrana, por um mecanismo que corresponde ao inverso da endocitose. Um exemplo é a saída para a circulação das gotículas de gordura capturadas pelas células intestinais. É também por exocitose que as células do pâncreas e de outras glândulas eliminam seus produtos (secreções) para o sangue ou para as cavidades do corpo, como veremos mais adiante.

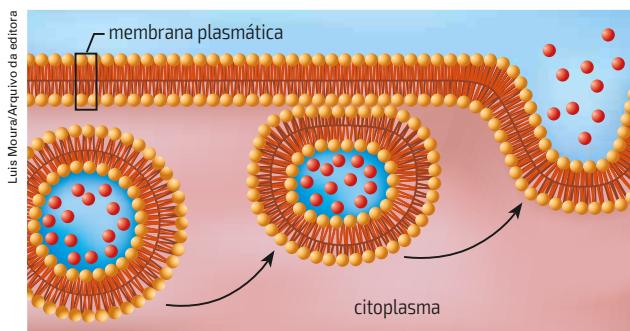


Figura 7.11 Célula realizando exocitose. (A membrana tem cerca de 8 nm de espessura; os elementos representados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

3 Envoltórios e especializações da membrana

A superfície das células apresenta um conjunto de substâncias que formam uma espécie de envoltório. Essas substâncias são responsáveis por diversas funções, que, em algumas células, são complementadas por especializações da membrana, como as junções intercelulares e as microvilosidades.

O glicocálice e a individualidade da célula

O conjunto de glicoproteínas e glicolipídios da face externa da membrana plasmática recebe o nome de **glicocálice** ou **glicocálix** (do grego *glyko* = glicídios; do latim *calyx* = invólucro). Ele participa do reconhecimento de uma célula por outra, promovendo a adesão entre elas.

Cada tipo de célula possui um glicocálice diferente. Os grupos sanguíneos das pessoas (A, B, AB e O), por exemplo, são determinados pelos diferentes tipos de glicídios, com diferentes ramificações, ligados à membrana dos glóbulos vermelhos (figura 7.12).

O glicocálice e as proteínas da face externa da membrana plasmática são importantes na troca de informações entre as células de um organismo. Além disso, algumas proteínas e glicídios da membrana funcionam como antígenos, permitindo que o organismo reconheça e ataque células invasoras.

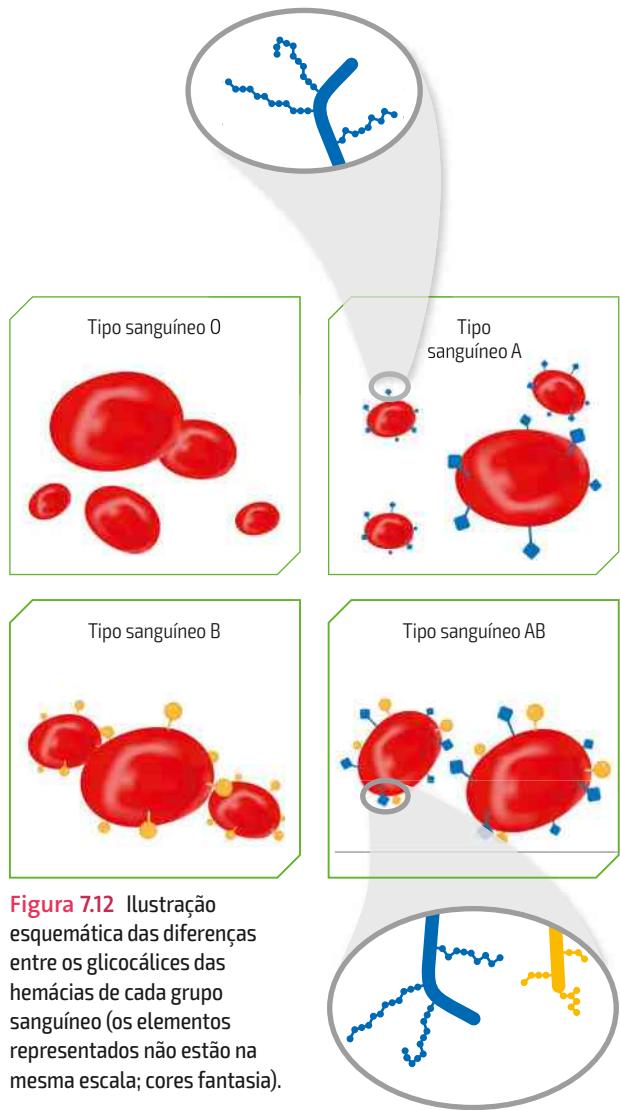


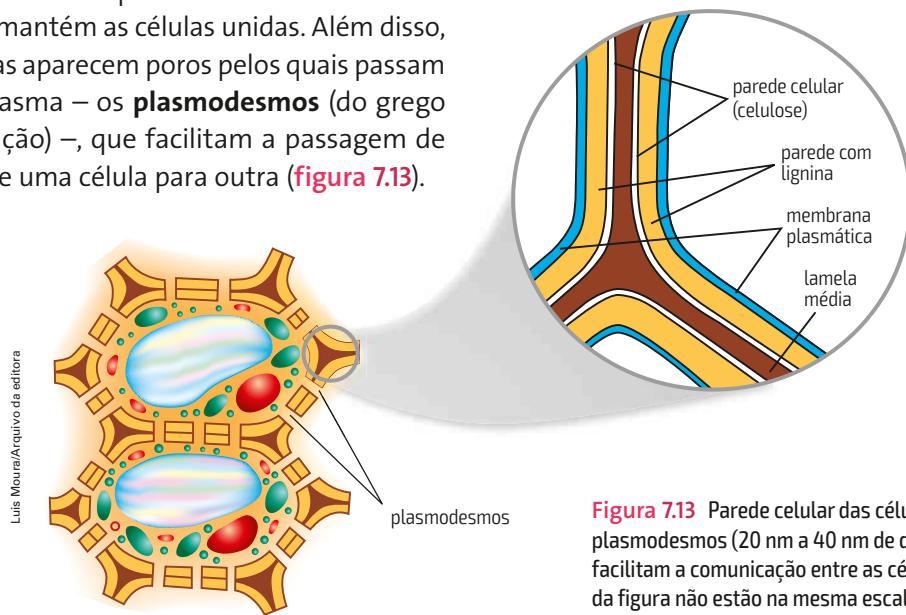
Figura 7.12 Ilustração esquemática das diferenças entre os glicocálices das hemácias de cada grupo sanguíneo (os elementos representados não estão na mesma escala; cores fantasia).

A parede celular vegetal

Também chamada membrana celulósica ou parede esquelética, a **parede celular** protege e sustenta a célula vegetal. Além de celulose, há, em suas malhas, água e outros polissacarídeos adesivos (figura 7.13).

Em certos casos, a parede celular recebe também substâncias “endurecedoras”, como a lignina e a suberina, que aumentam muito sua resistência. A dureza da casca de noz e a resistência da madeira resultam da presença dessas substâncias.

Entre as paredes de células adjacentes há a **lamela média**, camada de pectina e outras substâncias adesivas que mantém as células unidas. Além disso, entre as células aparecem poros pelos quais passam fios de citoplasma – os **plasmodesmos** (do grego *desmos* = ligação) –, que facilitam a passagem de substâncias de uma célula para outra (figura 7.13).



Adesão e comunicação entre as células

As células de um organismo estão arranjadas em conjuntos funcionais: os tecidos. Em alguns tecidos, é necessária grande adesão entre as células de modo que se evite, por exemplo, a passagem de microrganismos entre elas. Em outros, existem

estruturas que facilitam a circulação de substâncias entre as células.

Essas e outras funções são realizadas por regiões especializadas da membrana e dos envoltórios celulares, as chamadas **junções celulares** (figura 7.14). Entre elas, podemos citar como exemplos os desmossomos, as zônulas de adesão, as zônulas de oclusão e os nexos.

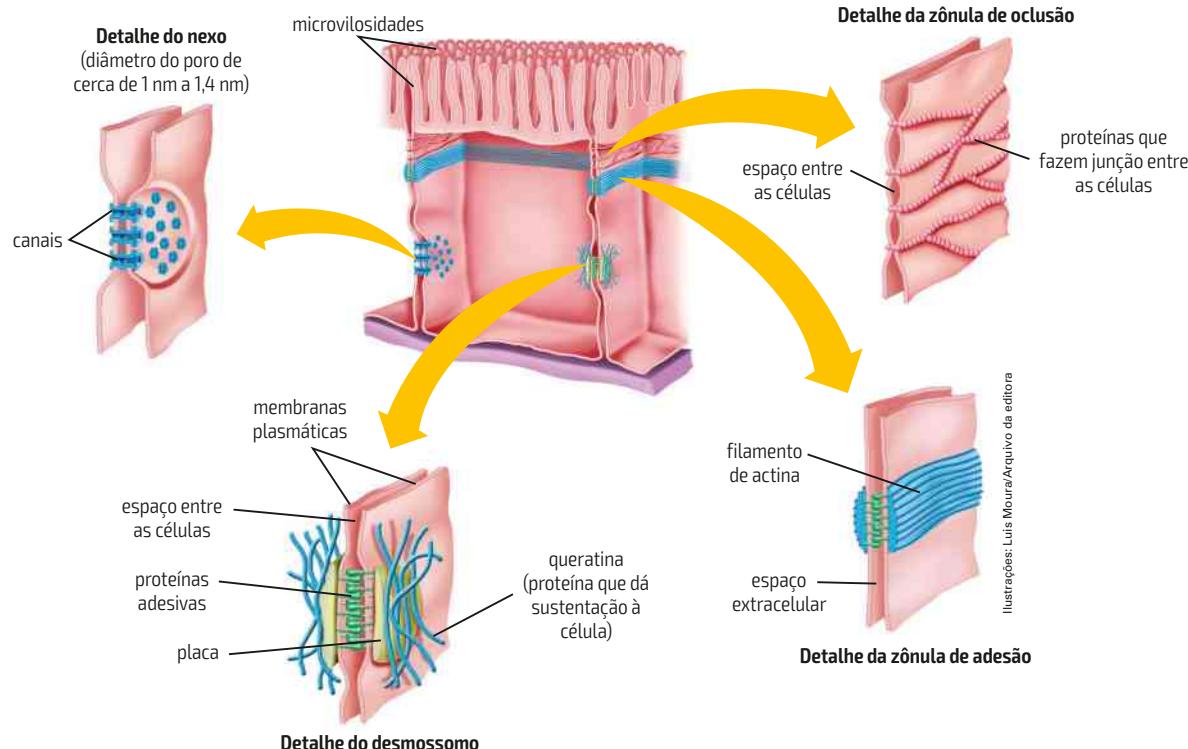


Figura 7.14 Diversos tipos de união entre as células (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Microvilosidades

Em algumas células, como as que revestem o intestino, aparecem dobras da membrana que se projetam para fora da célula, como se fossem dedos muito finos. São as **microvilosidades** ou os **microvilos** (do grego *mikros* = pequeno; do latim *villus* = peludo) (figura 7.15), que, em contato com a cavidade intestinal, aumentam a superfície de absorção dos alimentos. As células glandulares também podem apresentar estruturas semelhantes, que aumentam a velocidade de eliminação do produto secretado.

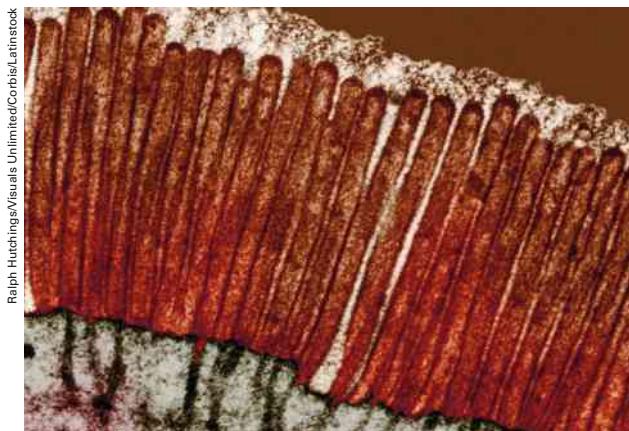


Figura 7.15 Microvilosidades no intestino delgado e, sobre elas, o glicocálice (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 20 mil vezes; imagem colorizada por computador).

4 Citoplasma

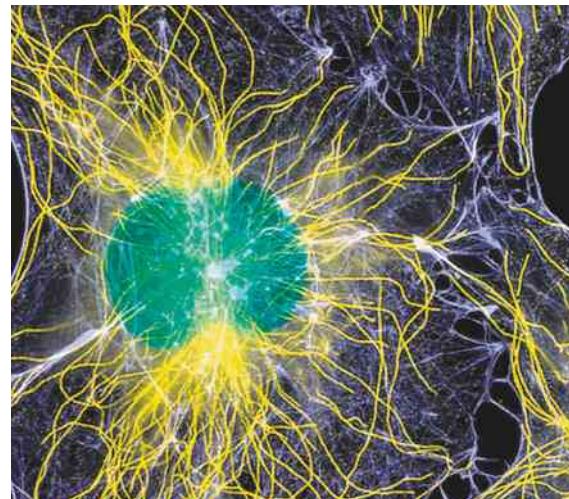
Na região entre a membrana plasmática e o núcleo, chamada **citoplasma** (do grego *kytos* = célula; *plasma* = molde), há um material gelatinoso, o **citosol**, também chamado **hialoplasma** (do grego *hyalos* = vidro) ou **matriz do citoplasma**. Nesse material, ocorrem diversas reações químicas do metabolismo. Há também, mergulhadas no citoplasma, várias organelas responsáveis pelas atividades da célula.

Sustentação da célula: o citoesqueleto

O citosol das células eucariotas é formado por um conjunto de fibras de proteína que dão suporte e mantêm a forma da célula, além de colaborarem nos seus movimentos e no transporte de substâncias. Esse conjunto de fibras é chamado **citoesqueleto** (figura 7.16) e funciona tanto como uma espécie de “esqueleto” quanto como uma “musculatura” da célula.

As células procariotas não possuem citoesqueleto, e especula-se que nas primeiras células eucariotas, a exemplo de protozoários como a ameba, o citoesqueleto facilitaria a movimentação dessas células na captura e ingestão de outras células.

As fibras podem ser vistas com um tipo de microscópio de luz, o microscópio de fluorescência, e ao microscópio eletrônico. Com esses aparelhos e outras técnicas, podemos identificar três tipos de fibras: os **microfilamentos**, os **microtúbulos** e os **filamentos intermediários** (figura 7.16).



Citoesqueleto: visão com microscopia de fluorescência. A proteína tubulina aparece em amarelo, e a proteína actina, em roxo; o núcleo aparece em verde. (Aumento de cerca de mil vezes; imagem colorizada por computador.)

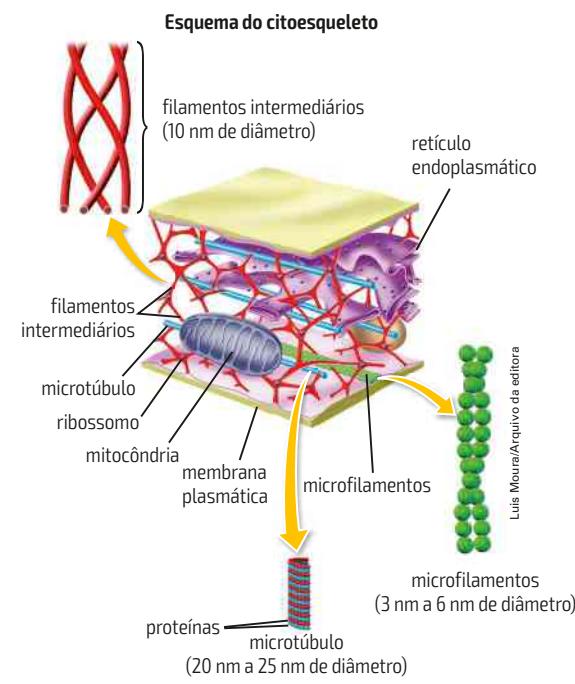


Figura 7.16 Componentes do citoesqueleto (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Os microfilamentos ajudam a manter a forma da célula, ligando-se a proteínas da face interna da membrana plasmática. São formados pela união de várias moléculas da proteína actina. Além disso, atuam em certos movimentos da célula, graças à sua capacidade de contração. Com outras proteínas, participam da contração das células musculares, da ciclose (do grego *kyklos* = circular; *osis* = estado) – corrente de citoplasma ao redor do vacúolo da célula vegetal que ajuda a distribuir substâncias pela célula –, da emissão de pseudópodes, presentes na fagocitose e no deslocamento da ameba e dos leucócitos, e do estrangulamento do citoplasma da célula animal no fim da divisão celular (figura 7.17).

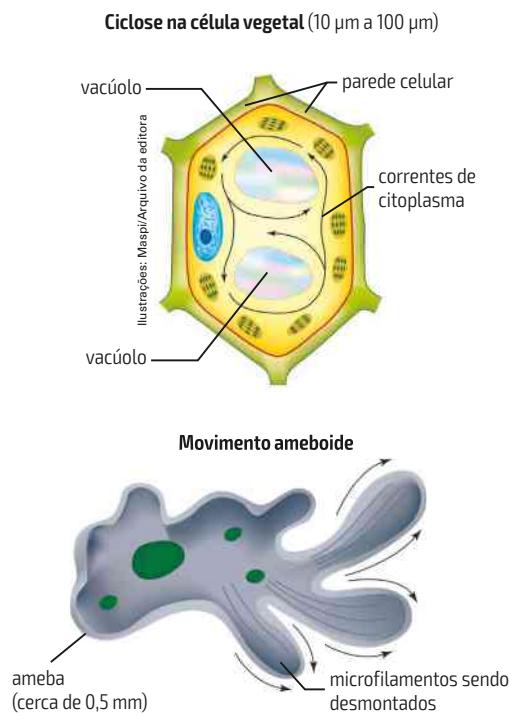


Figura 7.17 Ciclose e movimento ameboide.
(As figuras não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Os microtúbulos atuam na sustentação e no transporte de organelas no interior da célula. São formados pela proteína tubulina. Eles atuam nos movimentos dos cromossomos durante a divisão celular e na formação dos centríolos (do latim *centrum* = centro; *iol* = indicador de diminutivo), cílios e flagelos, como veremos no próximo item.

Os filamentos intermediários são como cordas feitas com vários fios de proteínas, aumentando a resistência da célula a tensões (estão presentes nos desmossomos), além de ajudarem na sustentação do núcleo e de outras organelas (reveja a figura 7.16).

Centríolos

Os centríolos são pequenos cilindros (cerca de 0,15 µm de diâmetro) presentes em muitas células eucariotas, com exceção de alguns organismos unicelulares, dos fungos e da maioria das plantas, em uma região do citoplasma próxima ao núcleo – o centro celular ou centrossomo. Eles são encontrados geralmente aos pares, formando um ângulo reto entre si, e cada cilindro é formado por nove grupos de três microtúbulos (figura 7.18).

Os centríolos podem se autoduplicar, isto é, podem orientar a formação de novos centríolos a partir de microtúbulos do citoplasma. Eles colaboram na formação dos cílios e dos flagelos.

O centrossomo atua na organização do fuso mitótico das células animais (figura 7.18). Esse fuso é um conjunto de fios que atua nos movimentos dos cromossomos durante a divisão celular, como veremos no Capítulo 11.

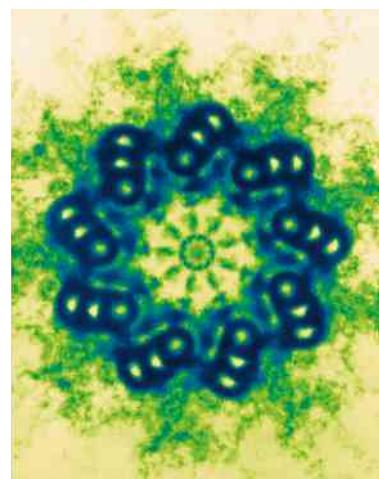
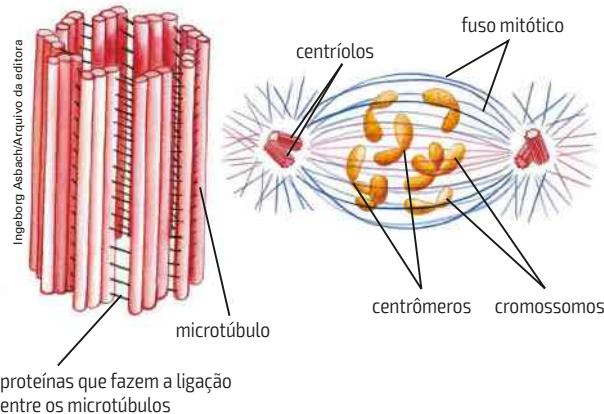


Figura 7.18 Ilustração do centríolo (cerca de 0,15 µm de diâmetro) e do fuso mitótico. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.) Na foto, centríolo, em corte transversal (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 120 mil vezes; imagem colorizada por computador).

Nos eucariontes, os **cílios** e os **flagelos** são encontrados em algumas algas, certos protozoários e determinadas células animais, como os espermatozoides. Tais estruturas **realizam movimentos** capazes de provocar correntes no ambiente líquido em que estão mergulhadas as células. As correntes podem ser usadas para locomoção e captura de alimentos. No caso das vias respiratórias humanas, elas atuam na expulsão de partículas estranhas ao corpo.

Observando os **cílios** e os **flagelos** ao microscópio eletrônico, vemos que eles **têm a mesma estrutura**. A única diferença é que os cílios são curtos e numerosos, enquanto os flagelos se apresentam longos e em pequena quantidade. Ambos são **formados por microtúbulos envolvidos por uma projeção da membrana plasmática**. A organização é característica: há sempre **nove pares de microtúbulos periféricos e um par central** (figura 7.19).

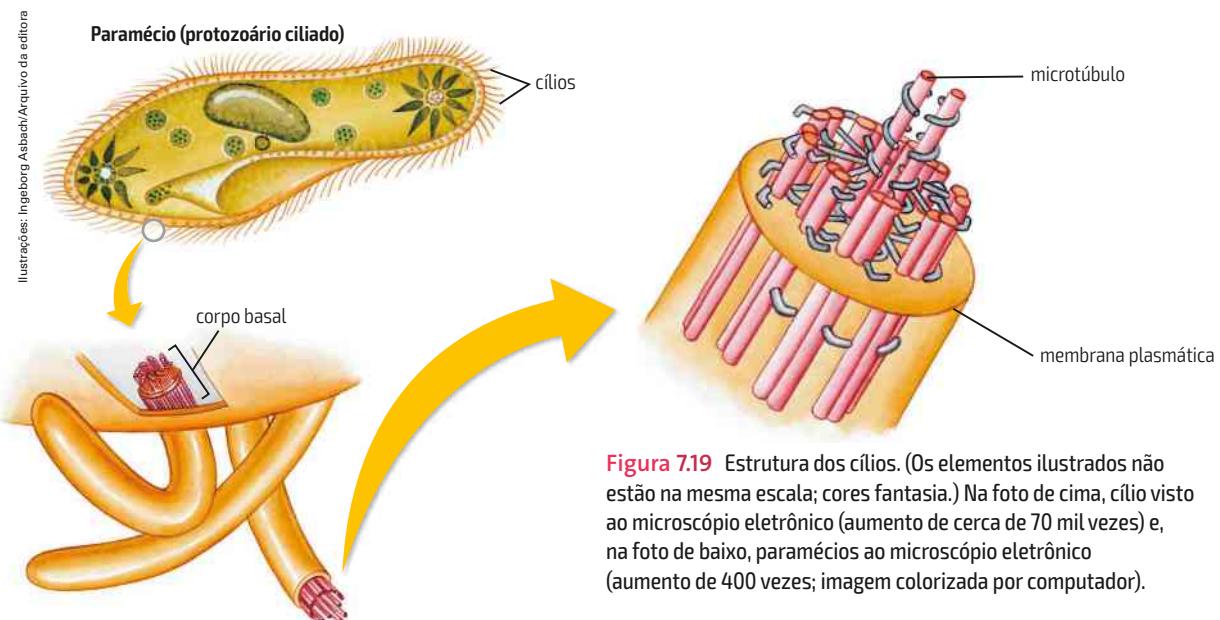
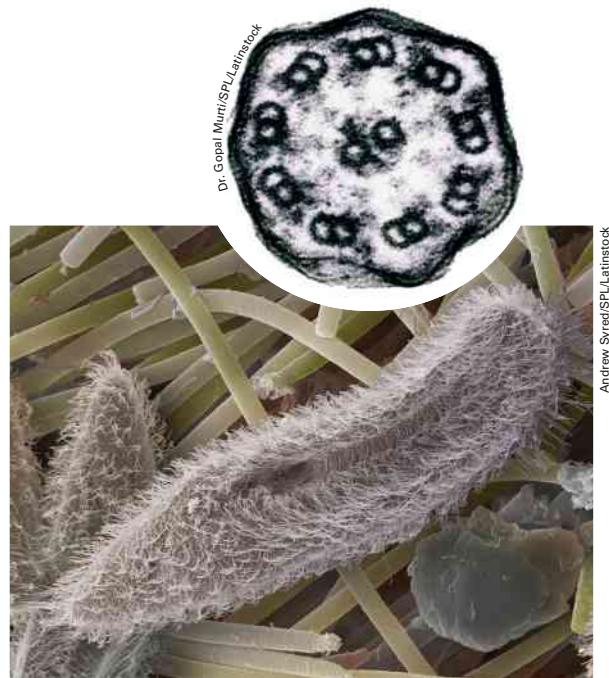


Figura 7.19 Estrutura dos cílios. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.) Na foto de cima, cílio visto ao microscópio eletrônico (aumento de cerca de 70 mil vezes) e, na foto de baixo, paramécios ao microscópio eletrônico (aumento de 400 vezes; imagem colorizada por computador).

Ribossomos

Presentes em todas as células, os ribossomos (de *ribo* = relativo a ácido ribonucleico; do grego *soma* = = corpo) são grãos **formados por** um tipo de ácido nucleico, o **ácido ribonucleico (RNA)** e **proteínas**, visíveis apenas ao microscópio eletrônico. Cada ribosoma é **formado por duas subunidades de tamanhos e densidades diferentes**.

Os ribossomos dos procariontes e os encontrados nas mitocôndrias são menores (cerca de 20 nm de diâmetro) que os presentes no citosol dos eucariontes (cerca de 25 nm de diâmetro).

É nos ribossomos que **ocorre a síntese de proteínas**, por meio da união entre aminoácidos. Esse mecanismo é controlado pelo RNA produzido no núcleo da célula, o RNA mensageiro (como veremos no Capítulo 10) sob o comando do DNA.

Alguns ribossomos estão livres no **citoplasma**, enquanto outros fazem parte do **retículo endoplasmático granuloso**. Os livres sintetizam proteínas que serão usadas no citosol; os demais sintetizam proteínas que serão lançadas no próprio retículo – depois, elas poderão ser usadas em outro compartimento da célula ou enviadas para fora da célula, como veremos adiante.

Retículo endoplasmático

O retículo endoplasmático é um conjunto de membranas que envolve cavidades de várias formas. Essas cavidades ficam separadas do citosol pela membrana, e no seu interior ocorrem a síntese e o transporte de várias substâncias.

Há dois tipos de retículo endoplasmático: o **granuloso** (também chamado **granular** ou **rugoso**) e o **não granuloso** (também chamado **agranular** ou **liso**). Veja a figura 7.20.

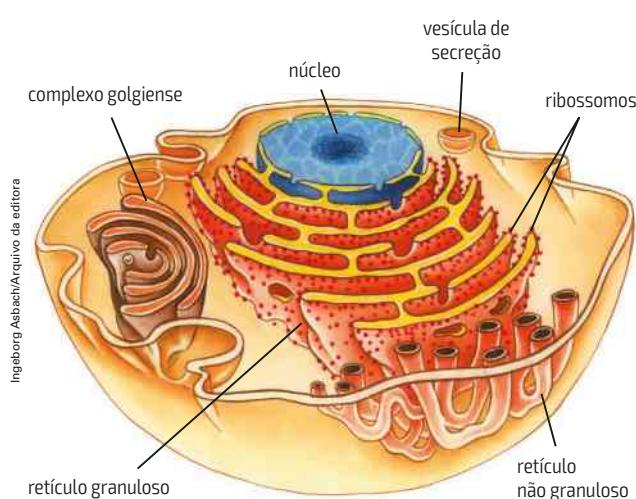


Figura 7.20 Representação de retículo endoplasmático e complexo golgiense. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

O retículo endoplasmático granuloso é formado por cavidades achatadas (cisternas) com vários ribossomos na parte externa da membrana, isto é, na parte em contato com o citoplasma. A presença dos ribossomos dá o aspecto enrugado à membrana quando observada ao microscópio (por isso o nome rugoso).

As proteínas produzidas pelos ribossomos do retículo granuloso são lançadas na cavidade do retículo e envolvidas por pedaços de membrana, formando pequenas vesículas cheias de proteína. Essas vesículas são enviadas para o complexo golgiense, de onde podem ser secretadas, isto é, lançadas para fora da célula.

O retículo granuloso produz também proteínas, que fazem parte da membrana plasmática e da membrana que envolve organelas. Em certos casos, ele também produz alguns glicídios, que são acrescentados às proteínas sintetizadas pelos ribossomos. Isso acontece quando a célula secreta glicoproteínas, como as que revestem as cavidades do corpo; essas

células secretam uma substância pegajosa ou muco, formada por glicoproteínas.

Os ribossomos que estão livres no citosol produzem proteínas que permanecem dissolvidas no próprio citosol e aí exercem suas funções. É o caso de diversas enzimas (algumas dessas proteínas, porém, migram para o núcleo ou para a mitocôndria e outras organelas). As células embrionárias, por exemplo, são ricas em ribossomos livres e pobres em retículo granuloso.

O retículo endoplasmático não granuloso (figura 7.21) é formado por bolsas e tubos, sem ribossomos aderidos às suas membranas (por isso o nome liso); portanto, não atua na síntese de proteínas. Mas em suas cavidades há enzimas que sintetizam diversos tipos de lipídios, como os da membrana plasmática e os esteroides (que formam, por exemplo, os hormônios sexuais). Há também enzimas responsáveis pela desintoxicação do organismo, isto é, enzimas que transformam alguns medicamentos e substâncias tóxicas em produtos menos tóxicos e de excreção mais fácil. O uso contínuo de drogas psicotrópicas pode provocar o desenvolvimento desse retículo, que passa a metabolizar mais rapidamente não apenas as drogas, mas também alguns medicamentos, diminuindo sua eficácia.

No fígado, esse retículo transforma glicogênio em glicose, que pode ser lançada no sangue e usada como fonte de energia.

Nos músculos, o retículo não granuloso – chamado **retículo sarcoplasmático** – também é muito desenvolvido e funciona como reservatório de íons cálcio, necessários ao mecanismo de contração.

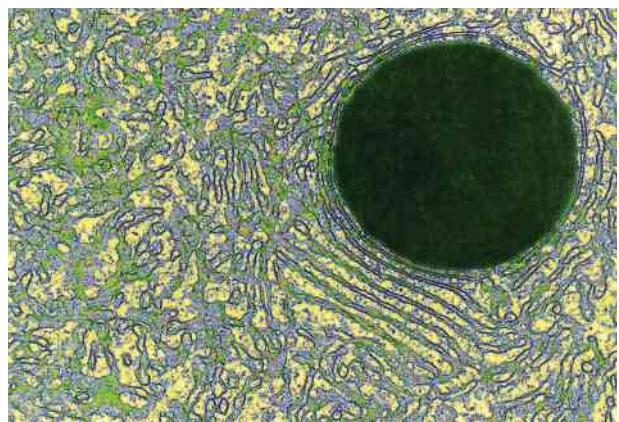


Photo Researchers/Getty Images

Figura 7.21 Retículo endoplasmático não granuloso (microscópio eletrônico de transmissão; aumento de cerca de 30 000 vezes; imagem colorizada por computador).

Complexo golgiense e a secreção de proteínas

Em 1898, ao corar uma célula nervosa com nítrato de prata, o médico italiano Camillo Golgi (1843-1926) observou que o metal se depositava em certas regiões da célula, evidenciando uma estrutura em forma de rede, que foi chamada aparelho ou complexo de Golgi; hoje, pela nova terminologia, recebe o nome de **complexo golgiense**.

Com o desenvolvimento do microscópio eletrônico foi possível observar que essa organela é formada por uma pilha de sacos achatados e pequenas vesículas esféricas (reveja a **figura 7.20**).

O complexo golgiense recebe proteínas e lipídios do retículo endoplasmático e os concentra em pequenos sacos ou vesículas que podem ser levados para outras organelas, para a membrana plasmática ou para fora da célula, conforme o tipo de proteína.

A função de “empacotar” e secretar proteínas explica por que o complexo golgiense é bem desenvolvido em células glandulares. Vamos analisar essa função com mais detalhes.

Observe na **figura 7.22** que o complexo golgiense recebe as vesículas cheias de proteína do retículo granuloso, elas se fundem à sua parte interna (voltada

para o centro da célula). As proteínas são levadas, então, para a parte externa do complexo golgiense (voltada para a membrana plasmática). Lá, elas são novamente envolvidas por vesículas que brotam nessa região. Denominadas grânulos de secreção, essas vesículas migram para a superfície da célula e fundem-se com a membrana plasmática, eliminando seu conteúdo para o meio extracelular.

Além disso, o complexo golgiense é capaz de sintetizar alguns glicídios, como o ácido hialurônico. Essa substância proporciona aderência entre as células, mantendo-as juntas em alguns tecidos animais.

Nas células vegetais, o complexo golgiense exerce uma função adicional: durante a divisão da célula, produz vesículas que se fundem e formam uma nova membrana plasmática entre as duas células-filhas. Produz também glicídios que formarão a estrutura que vai separar as duas células-filhas, além dos glicídios que farão parte da parede celular.

O **acrossoma** (do grego *akron* = extremidade; *soma* = corpo) é uma vesícula presente no espermatозoide e rica em enzimas que facilitam a penetração desse gameta no óvulo. O acrossoma é formado a partir do complexo golgiense da célula que origina o espermatозoide. Você vai estudar a origem e a função do espermatозoide no Capítulo 12.

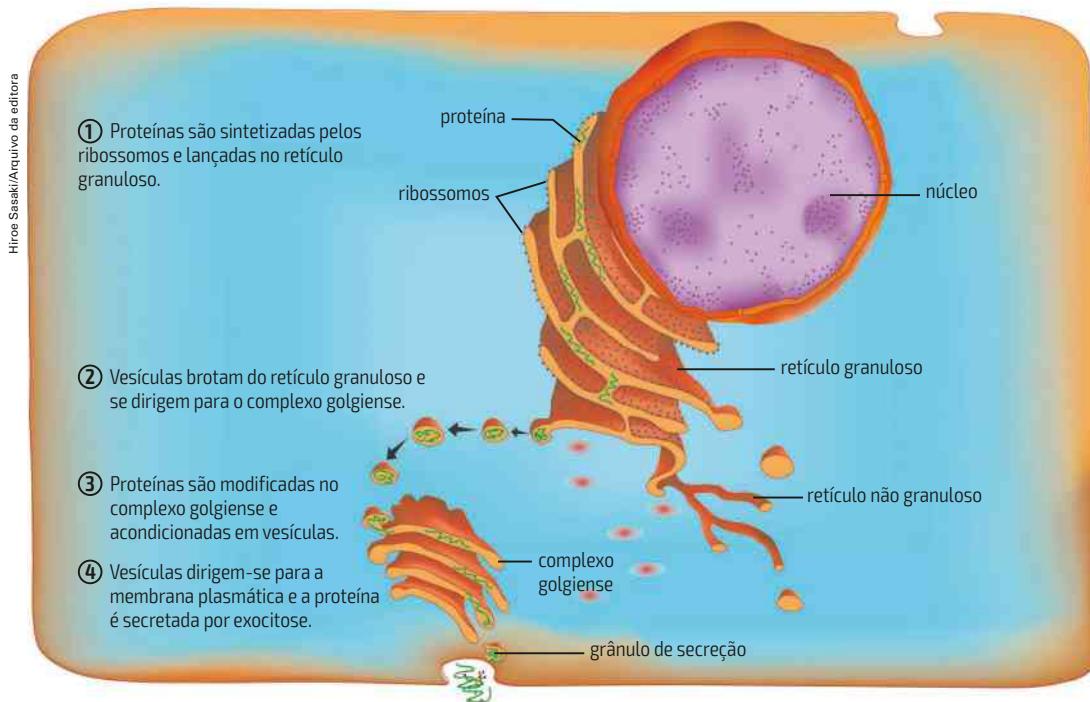


Figura 7.22 A proteína fabricada no retículo é encaminhada ao complexo golgiense e acondicionada em vesículas que serão secretadas. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Lisossomos e a fagocitose

Alguns organismos eucariontes e unicelulares, como as amebas, e também alguns invertebrados, como as esponjas, capturam seres microscópicos por fagocitose e depois fazem a digestão intracelular das moléculas orgânicas complexas que formam esses seres. As enzimas que realizam essa digestão não ficam espalhadas no citosol. Elas são produzidas no retículo endoplasmático granuloso e encaminhadas ao complexo golgiense, onde são empacotadas em pequenas vesículas, os **lisossomos** (do grego *lysis* = dissolução; *soma* = corpo). Aqueles que ainda não participaram da digestão são chamados **lisossomos primários**.

As enzimas contidas nos lisossomos são chamadas **hidrolases ácidas** porque a digestão é uma quebra de moléculas de alimento feita com moléculas de água, por isso o nome hidrolase (do grego *hydor* = água; e do prefixo português *-ase* = enzimas); e o interior do lisossomo é ácido (pH aproximadamente igual a 5), enquanto o citosol é praticamente neutro (pH em torno de 7,2).

Nas células vegetais, o vacúolo de suco celular contém enzimas digestivas, funcionando como lisossomo.

Durante a fagocitose, desenvolve-se no interior da célula um vacúolo chamado **fagossomo** (do grego

phagein = comer; *soma* = corpo), que se funde com o lisossomo, formando um **vacúolo digestivo** ou **heterofágico**, ou, ainda, **lisossomo secundário**, no qual estão a partícula ingerida e as enzimas digestivas.

À medida que ocorre a digestão, as moléculas orgânicas simples produzidas pelo processo atravessam a membrana do vacúolo e se espalham pelo citosol (**figura 7.23**). Após a digestão, sobra um **corpo residual**, com material não digerido.

A fagocitose não é apenas um meio de nutrição. A maioria dos animais possui células que se valem da fagocitose para a defesa do organismo contra bactérias e outros microrganismos; é o caso de alguns tipos de leucócitos. Há também células do tecido conjuntivo, os macrófagos, que, por meio da fagocitose, destroem células danificadas, colaborando para a renovação do organismo.

Os lisossomos podem também remover organelas ou partes desgastadas da célula ou que não são mais necessárias para o seu funcionamento. A organela é envolvida por uma membrana dupla e se une a um lisossomo primário, formando um **vacúolo autofágico** (**figura 7.23**). Por esse processo, chamado **autofagia** (do grego *autós* = si mesmo; *phagein* = comer) ou **função autofágica**, a célula mantém suas estruturas em permanente reconstrução, podendo mesmo construir uma parte nova à custa da destruição de outra mais velha.

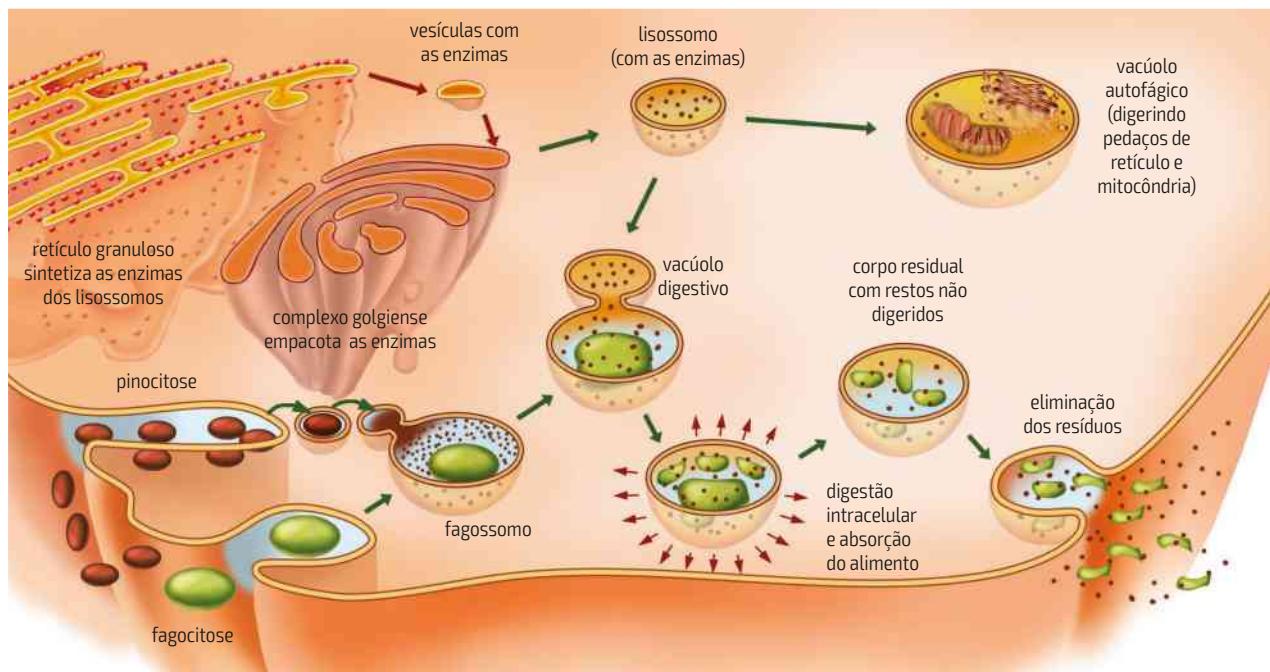


Figura 7.23 Processo de digestão intracelular (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Vacúolos

Vimos que os vacúolos digestivos são formados pela união dos lisossomos com os fagossomos. Então, eles são cavidades limitadas por uma membrana nas quais ocorre a digestão intracelular. Mas há outros dois tipos de vacúolos encontrados em alguns protozoários e nas plantas.

Os **vacúolos contráteis** ou **pulsáteis**, presentes nos protozoários de água doce, encarregam-se de eliminar o excesso de água das células. Estas são hipertônicas em relação ao meio em que vivem e absorvem continuamente água por osmose, resultante da diferença de pressão osmótica. A água é levada para o vacúolo contrátil, que aumenta de volume. Em seguida, ele se contraí, bombeando o excesso de água para fora.

Desse modo, o vacúolo regula o equilíbrio osmótico desses organismos.

O suco de laranja que tomamos foi extraído das cavidades no interior das células da fruta, o **vacúolo de suco celular**, também chamado **vacúolo vegetal** ou **central**. Esses vacúolos costumam ocupar boa parte do volume da célula vegetal.

Os vacúolos armazenam diversas substâncias fabricadas pela célula, como alguns pigmentos que dão cor às pétalas das flores e substâncias tóxicas que funcionam como defesa contra animais herbívoros. Além disso, podem-se encontrar enzimas digestivas, semelhantes às dos lisossomos, que participam da digestão intracelular.

Mitocôndrias e respiração celular

O tamanho da **mitocôndria** (do grego *mitos* = fio; *chondrios* = grão) é comparável ao das bactérias (e isso não acontece por acaso, como veremos adiante): ela tem de 0,2 µm a 1 µm de diâmetro e 2 µm a 10 µm de comprimento. Sua forma pode ser: esférica, ovoide ou filamentosa.

Embora essa organela possa ser vista ao microscópio óptico com auxílio de corantes ou técnicas especiais, sua estrutura interna só pode ser vista ao microscópio eletrônico. Ela aparece como uma bolsa limitada por duas membranas semelhantes à membrana plasmática. A interna forma uma série de dobras ou septos, as **cristas mitocondriais**. Entre essas cristas há uma solução gelatinosa de aspecto semelhante ao citosol, a **matriz mitocondrial** (figura 7.24).

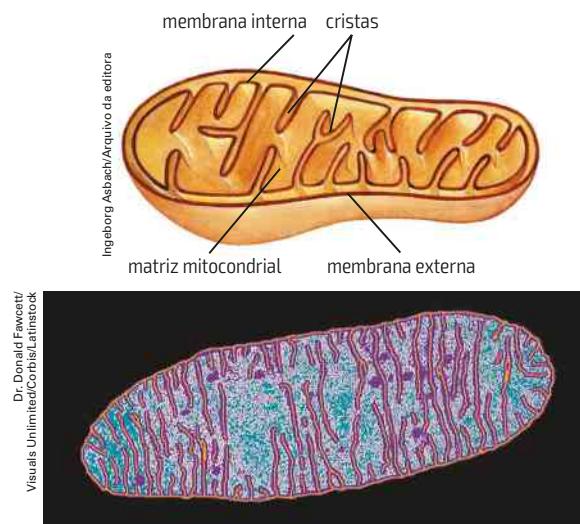


Figura 7.24 Na ilustração, esquema simplificado de mitocôndria (cores fantasia). Na foto, mitocôndria ao microscópio eletrônico (aumento de cerca de 45 mil vezes; imagem colorizada por computador).

Na matriz e na membrana interna existem várias enzimas responsáveis pelas reações químicas da respiração. As cristas mitocondriais permitem um aumento do número de enzimas sem aumento do tamanho da mitocôndria.

Na matriz há também DNA, RNA e ribossomos, o que significa que as mitocôndrias possuem equipamento próprio para a síntese de proteínas. Com ele, elas sintetizam algumas proteínas típicas e mesmo algumas enzimas que atuam na respiração, enquanto outras são produzidas pelos genes do núcleo da célula.

O DNA garante também a autoduplicação dessa estrutura e, desse modo, o número de mitocôndrias se mantém constante nas células resultantes do processo de divisão celular.

Plastos e seu papel nas plantas

Nos procariões, como as cianobactérias, a clorofila e outros pigmentos (moléculas coloridas capazes de absorver algumas cores e refletir outras) estão aderidos a membranas existentes no citoplasma. Nos eucariões, como as plantas, a clorofila situa-se no interior dos **cloroplastos**.

Os cloroplastos fazem parte de um grupo de organelas encontradas nas células das plantas e das algas, os **plastos** ou **plastídeos**. Essas organelas não estão presentes, portanto, nas células animais, nos fungos e nos procariões.

Há vários tipos de plastos, que podem ser classificados de acordo com as funções que realizam e com os pigmentos encontrados em seu interior. Os plastídeos das células jovens (células que se dividem e originam outras células) apresentam estrutura mais simples e são chamados **proplastos** ou **proplastídeos**. Eles podem se dividir e originar outros plastos.

Os **leucoplastos** (do grego *leukos* = branco; *plastos* = moldado) não possuem pigmentos e não fazem fotossíntese, mas podem acumular amido (sendo chamados **amiloplastos**), proteínas ou óleos. Os amiloplastos são encontrados em muitas sementes, raízes (como a cenoura e a batata-doce), caules (como a batata) e frutos. O amido acumulado pode ser utilizado pela planta quando necessário.

Os **cromoplastos** (do grego *khroma* = cor) podem se desenvolver de cloroplastos que perdem a clorofila e acumulam carotenoides, como acontece no amadurecimento de alguns frutos, que passam a apresentar cor amarela, laranja ou vermelha, conforme o pigmento armazenado. Alguns autores, porém, classificam os cloroplastos como um tipo de cromoplasto.

Nos **cloroplastos** (do grego *khloros* = verde, **figura 7.25**) predomina a clorofila, mas neles existem outros pigmentos, como os carotenoides. Um deles, muito comum, é o betacaroteno, encontrado em abundância na cenoura, no tomate e no mamão. Com tamanho médio entre 4 µm e 7 µm, os cloroplastos podem ser vistos ao microscópio óptico, geralmente na forma de grãos verdes. Ao microscópio eletrônico podemos observar que eles são envolvidos por uma membrana dupla. Em seu interior, há uma rede de membranas nas quais estão a clorofila e outros pigmentos. Parte das membranas forma vesículas achadas, os tilacoides (do grego *thylax* = saco; *eidos* = semelhante), que ficam empilhados. Cada pilha é chamada **grano** ou **granum** (do latim; plural: *grana* = grão). Nas membranas do tilacoide, chamas **membranas tilacoides**, estão concentradas as clorofilas e outras moléculas que participam do processo de absorção de luz que ocorre na fotossíntese. As membranas entre os tilacoides são chamadas **membranas intergrana** ou **lamelas**. O espaço restante do cloroplasto é preenchido pelo **estroma**, matriz semelhante ao citosol (**figura 7.25**). Nele há várias enzimas que participam da fotossíntese, como veremos adiante.

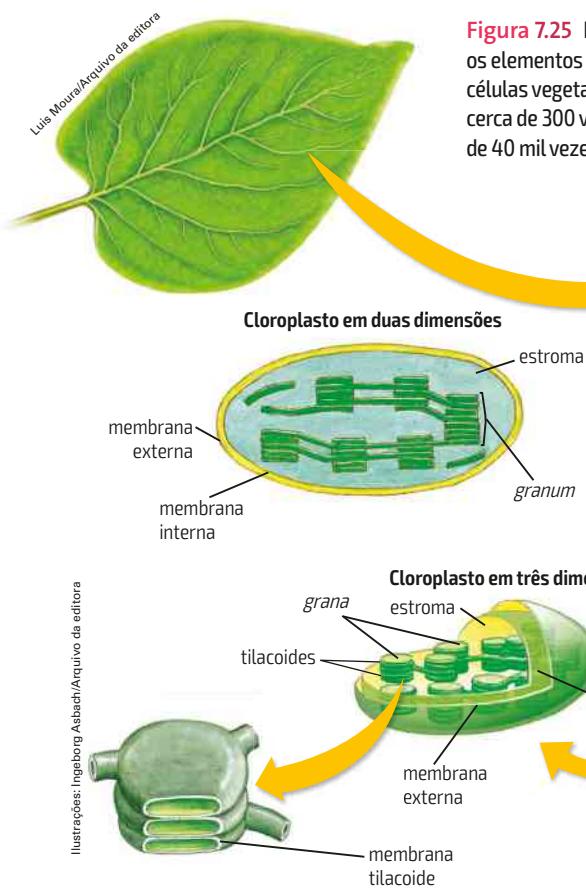
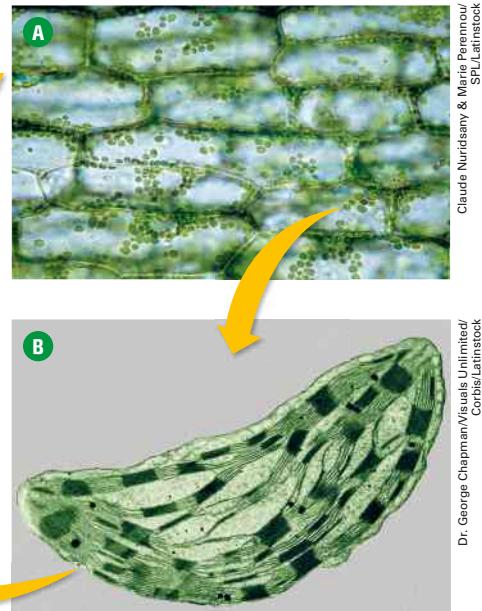


Figura 7.25 Na ilustração, estrutura do cloroplasto (4 µm a 7 µm de comprimento; os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia). Nas fotos: **A**, células vegetais com cloroplastos (grãos verdes) ao microscópio óptico (aumento de cerca de 300 vezes); **B**, cloroplasto visto ao microscópio eletrônico (aumento de cerca de 40 mil vezes; imagem colorizada por computador).





Origem das mitocôndrias e cloroplastos

Como veremos no próximo capítulo, na mitocôndria ocorrem as duas últimas etapas da respiração celular aeróbia, processo pelo qual as células obtêm energia do alimento utilizando gás oxigênio (O_2).

As mitocôndrias teriam surgido de bactérias aeróbias (que usam o gás oxigênio para liberar energia do alimento) que, há cerca de 2,5 bilhões de anos, foram fagocitadas por seres unicelulares maiores e, tendo escapado dos mecanismos de digestão, passaram a viver dentro delas (reveja a **figura 6.9** na página 73 do Capítulo 6).

Há várias evidências dessa hipótese: a autonomia reprodutiva das mitocôndrias; a presença de DNA circular e de ribossomos — características encontradas nas bactérias.

Essa teoria é conhecida como **teoria endossimbiótica** (ou **endossimbiônica**) das mitocôndrias. Simbiose é a associação entre duas espécies diferentes de seres vivos que vivem juntas. O termo endossimbiose indica o fato de uma célula passar a viver dentro de outra.

Supõe-se que a bactéria fosse capaz de realizar respiração aeróbia, ao contrário da célula

que a abrigou, que realizaria apenas fermentação. Como a respiração aeróbia libera mais energia por molécula de glicose, a célula hospedeira passou a contar com maior disponibilidade de energia, e a bactéria pode ter ganhado maior proteção e também ter compartilhado parte do alimento da célula. Ao longo do tempo, a bactéria perdeu a capacidade de viver de forma independente, e a célula hospedeira também passou a depender da produção de energia pela mitocôndria.

Como as mitocôndrias, os cloroplastos são capazes de se autoduplicar, possuindo DNA próprio, RNA e ribossomos para síntese de uma parte das suas proteínas. A outra parte é produzida pelo DNA do núcleo da célula.

Com base nesse fato, sugeriu-se a hipótese de que os cloroplastos tiveram origem parecida com a das mitocôndrias. Seres procariontes autotróficos semelhantes às cianobactérias teriam sido fagocitados por procariontes maiores e, não sendo digeridos, passaram a viver harmoniosamente dentro deles, estabelecendo uma endossimbiose (teoria endossimbiótica dos cloroplastos).

Atividades



ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

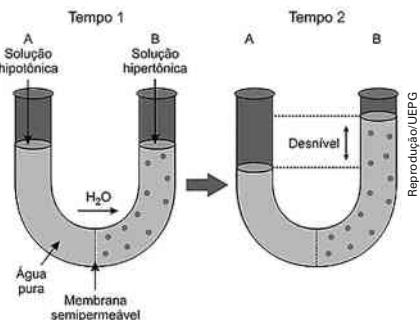
1. Como a membrana plasmática colabora para manter constante a composição da célula?
2. Sabendo que as substâncias podem entrar ou sair da célula em função de seu gradiente de concentração e do gasto ou não de energia, responda: quais são as diferenças entre o transporte ativo e o passivo? Cite um exemplo de transporte ativo na célula.
3. Quando os cientistas querem obter pedaços de membrana plasmática de células animais para estudo, eles devem colocar as células em meio hipertônico, hipotônico ou isotônico? Justifique sua resposta.
4. Um estudante pensou que poderia destruir bactérias colocando-as em um meio hipotônico. Explique por que isso não funcionaria.
5. Todos os seres vivos, sem exceção, possuem ribossomos em suas células. Por que essas organelas são tão importantes para a vida?
6. Algumas bactérias, como as que causam a tuberculose e a salmonelose (uma intoxicação alimentar), produzem proteínas que impedem o fagossomo de se unir ao lisossomo. Que vantagem isso traz para essas bactérias?
7. Mitocôndrias possuem algumas semelhanças com bactérias aeróbias, e cloroplastos assemelham-se a cianobactérias. Como a ciência explica essas semelhanças? Em sua resposta, inclua a função dessas organelas nas células em que ocorrem.
8. Foi injetada em uma ameba uma substância que age interrompendo a formação de microfilamentos. O que deve ter ocorrido?

9. Um estudante comparou a consistência do citoplasma a uma gelatina. Outro estudante, porém, disse que essa comparação não era muito boa, pois no citoplasma da célula existe uma estrutura que lembra uma rede de fios. Qual é essa estrutura, de que é formada e que funções ela desempenha?

10. (UFRJ) A consistência firme (turgor) dos olhos dos vertebrados aquáticos é consequência da pressão do fluido em seu interior. A estabilidade do turgor dos olhos dos tubarões, por exemplo, se deve à elevada concentração de sais de ureia no sangue e no interior dos olhos.

Explique de que maneira essa alta concentração de sais contribui para o turgor dos olhos dos tubarões.

11. (UEPG-PR) No esquema abaixo, a água pura (**A**) foi inicialmente separada de uma solução aquosa de açúcar (**B**) por uma membrana semipermeável. Com relação à osmose observada nesse experimento, assinale o que for correto.



(01) O desnível gradualmente formado entre os tempos **1** e **2** vai tornando cada vez mais difícil a passagem de água para o lado **B**.

(02) O sistema não entrará em equilíbrio devido à impossibilidade de o soluto passar do lado **B** para o lado **A**.

(04) O desnível formado no tempo **2** se dá por osmose, ou seja, a passagem de açúcar para o lado **A**.

(08) Em certo estágio, quando o retorno da água, devido ao desnível, equilibrar a tendência de passagem de água do lado menos concentrado para o hipertônico, o sistema entrará em equilíbrio: a cada molécula de água que passar para um lado corresponderá outra que passará em sentido contrário. **01 + 08 = 09**

12. (UFSM-RS) Um menino apaixonado por peixes resolveu montar um aquário em sua casa. Em uma loja, adquiriu três espécies diferentes, levando em consideração o aspecto visual: peixe-palhaço (*Amphiprion ocellaris*, espécie marinha), peixe-anjo-imperador (*Pomacanthus imperator*, espécie marinha) e peixinho-dourado (*Carassius auratus*, espécie de água doce). Todas as espécies foram colocadas no mesmo

aquário, que estava preenchido com água de torneira descolorada. As duas espécies marinhas incharam e morreram rapidamente, e apenas o peixe-dourado sobreviveu. Depois do ocorrido, o menino descobriu que os indivíduos das duas espécies marinhas morreram porque a água do aquário funcionava como uma solução **_____** em relação aos seus fluidos corporais, ocorrendo um **_____** que causou o inchaço por **_____**.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas do texto.

- a) hipotônica – desequilíbrio osmótico – absorção excessiva de água
- b) hipotônica – transporte ativo de minerais para fora de seus corpos – absorção excessiva de água
- c) hipertônica – desequilíbrio osmótico – perda de sais minerais e desidratação das espécies
- d) hipertônica – transporte ativo de minerais para dentro de seus corpos – absorção excessiva de água
- e) isotônica – desequilíbrio osmótico – perda de sais minerais e desidratação das espécies

13. (Uece) Toda célula procariótica ou eucariótica possui uma membrana que a isola do meio exterior denominada membrana plasmática. As proteínas presentes na membrana plasmática são fundamentais para a estrutura das células, pois

- a) são moléculas hidrofóbicas que impedem a saída de água do citoplasma, evitando a desidratação celular.
- b) atuam preferencialmente nos mecanismos de transporte, organizando verdadeiros túneis que permitem a passagem de substâncias para dentro e para fora da célula.
- c) são responsáveis pela regulação das trocas de substâncias entre a célula e o meio, permitindo apenas a passagem de moléculas do meio externo para o meio interno à célula.
- d) podem funcionar como catalisadores biológicos, diminuindo a velocidade das reações químicas da célula, através da captação de substâncias do meio externo.

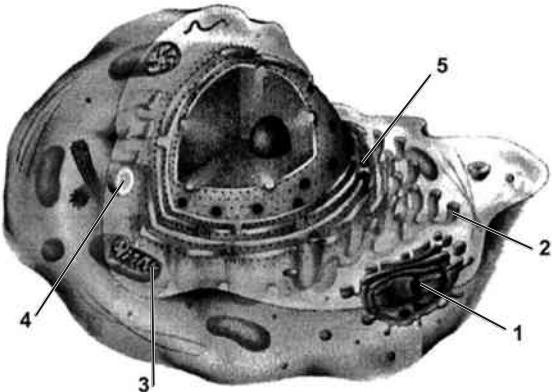
14. (Fuvest-SP) Para a ocorrência de osmose, é necessário que:

- a) as concentrações de soluto dentro e fora da célula sejam iguais.
- b) as concentrações de soluto dentro e fora da célula sejam diferentes.
- c) haja ATP disponível na célula para fornecer energia ao transporte de água.
- d) haja um vacúolo no interior da célula no qual o excesso de água é acumulado.
- e) haja uma parede celulósica envolvendo a célula, o que evita sua ruptura.

- 15.** (Uece) Os isótopos radioativos permitem que se marque o trajeto de uma substância no interior da célula pela técnica da radioautografia. Considerando a ordem cronológica, um aminoácido marcado radioativamente, ao ser acompanhado no interior da célula, encontrar-se-á em primeiro lugar no:
- lisossomo, onde o aminoácido faz parte das proteínas envolvidas na digestão celular.
 - ribossomo, onde o aminoácido é ligado à cadeia polipeptídica da proteína.
 - complexo de Golgi, onde o aminoácido pertence a proteínas que serão preparadas para exportação ou utilização no interior da célula.
 - retículo endoplasmático, que realiza o transporte do aminoácido acoplado à cadeia polipeptídica da proteína.

- 16.** (UEPB) Observe o esquema representativo de uma célula eucariótica animal, identifique as estruturas numeradas e, em seguida, estabeleça a relação, em ordem numérica crescente, destas com a função que desempenham na célula.

Reprodução/UEPB, 2014.



- (\ \ \ \) Retículo endoplasmático granuloso
 - (\ \ \ \) Mitocôndria
 - (\ \ \ \) Complexo golgiense
 - (\ \ \ \) Retículo endoplasmático não granuloso
 - (\ \ \ \) Lisossomo
- A. Secreção celular.
B. Digestão de substâncias orgânicas.
C. Produção de certas proteínas.
D. Respiração aeróbica.
E. Síntese de ácidos graxos, de fosfolipídios e de esteroides, além da inativação de substâncias tóxicas.
- A alternativa que apresenta a relação correta é:
- 1-C, 2-A, 3-D, 4-B, 5-E.
 - 1-A, 2-C, 3-D, 4-B, 5-E.
 - 1-B, 2-E, 3-D, 4-A, 5-C.
 - 1-E, 2-A, 3-D, 4-B, 5-C.
 - \ \ \ \) 1-A, 2-E, 3-D, 4-B, 5-C.

- 17.** (Mack-SP) As células produtoras de saliva retiram, do sangue, as substâncias necessárias para a síntese dessa secreção. Essas substâncias são, inicialmente, transferidas para I, em que ocorre a II. Em seguida, são encaminhadas para III de onde são secretadas.

Assinale a alternativa que preenche correta e respectivamente as lacunas I, II e III.

- as mitocôndrias; produção de ATP; o retículo endoplasmático liso.
- o retículo endoplasmático liso; produção de proteínas; o centriolo.
- o complexo de Golgi; produção de carboidratos; as mitocôndrias.
- \ \ \ \) o retículo endoplasmático granular; produção de enzimas; o complexo de Golgi.
- os centriolos; produção de carboidratos; o complexo de Golgi.

- 18.** (UFMG) A doença de Tay-Sachs é hereditária e provoca retardamento mental grave e morte do paciente na infância. Essa doença é devida à incapacidade das células de digerir uma substância cujo acúmulo é responsável pelas lesões no sistema nervoso central. Com base nessas informações, pode-se afirmar que a organela celular cuja função está alterada nessa doença é:
- a mitocôndria.
 - o complexo de Golgi.
 - \ \ \ \) o lisossomo.
 - o retículo endoplasmático rugoso.

- 19.** (Cesgranrio-RJ) Uma célula jovem cresce à custa de proteínas por ela sintetizadas. Essas proteínas são sintetizadas:
- no retículo endoplasmático liso.
 - na superfície externa do retículo endoplasmático rugoso.
 - no interior do retículo endoplasmático rugoso.
 - no aparelho de Golgi.
 - \ \ \ \) nos ribossomos livres do citoplasma.

- 20.** (Fuvest-SP) Células animais, quando privadas de alimento, passam a degradar partes de si mesmas como fonte de matéria-prima para sobreviver. A organela citoplasmática diretamente responsável por essa degradação é:
- o aparelho de Golgi.
 - o centriolo.
 - \ \ \ \) o lisossomo.
 - a mitocôndria.
 - o ribossomo.

Trabalho em equipe

Neste capítulo você aprendeu que a diferença de concentração entre duas soluções é um fator importante no transporte através da membrana da célula. Em grupo, pesquisem em livros de Química e componham um pequeno texto explicativo sobre as diversas maneiras de indicar as concentrações dos solutos nas soluções e como a temperatura influencia a solubilidade das substâncias. Se for possível, peçam auxílio ao professor de Química ou a um profissional de laboratório.

ATENÇÃO

O laboratório não é lugar de brincadeiras! Não realize experimentos nem manipule produtos químicos sem o consentimento e a supervisão do seu professor. Não mexa em torneiras de gás, se houver. Não cheire nem prove produtos químicos e evite o contato deles com a pele e os olhos.

Atividades práticas

Para esta atividade é necessário o seguinte material: uma batata-inglesa (batatinha), um bisturi ou uma lâmina de barbear, lugol (ou água iodada), uma lâmina e uma lamínula, um microscópio, sal de cozinha, açúcar, uma beterraba grande, uma tesoura pequena, um ovo cru, uma planta de folha colorida (como a arca-de-noé ou o abacaxi-roxo) e água.

1. O professor deve cortar uma fatia muito fina de batata-inglesa com o bisturi ou a lâmina (os alunos não devem manipular instrumentos cortantes, pois é muito perigoso), colocá-la em uma lâmina e pingar duas gotas de lugol. Depois de cerca de cinco minutos, o material deve ser coberto com a lamínula e observado ao microscópio com os aumentos de 4x, 10x e 40x (verifique a indicação de aumento nas objetivas do equipamento).
 - a) Desenhe e identifique as estruturas observadas com a objetiva de maior aumento (40x).
 - b) Qual é a função dessas estruturas?
2. Dissolva uma colher de sopa de sal em meio copo de água. Peça ao professor que descasque uma batata-inglesa e corte duas fatias finas. Coloque um pouco da solução salina em um pires ou tampa plástica e mergulhe parcialmente uma das fatias da batata-inglesa na solução, como mostra a figura abaixo. A outra fatia será mergulhada parcialmente em um pires ou tampa plástica com água pura.



- a) Observe como estão as fatias da batata-inglesa depois de cerca de 30 minutos e explique o que aconteceu.

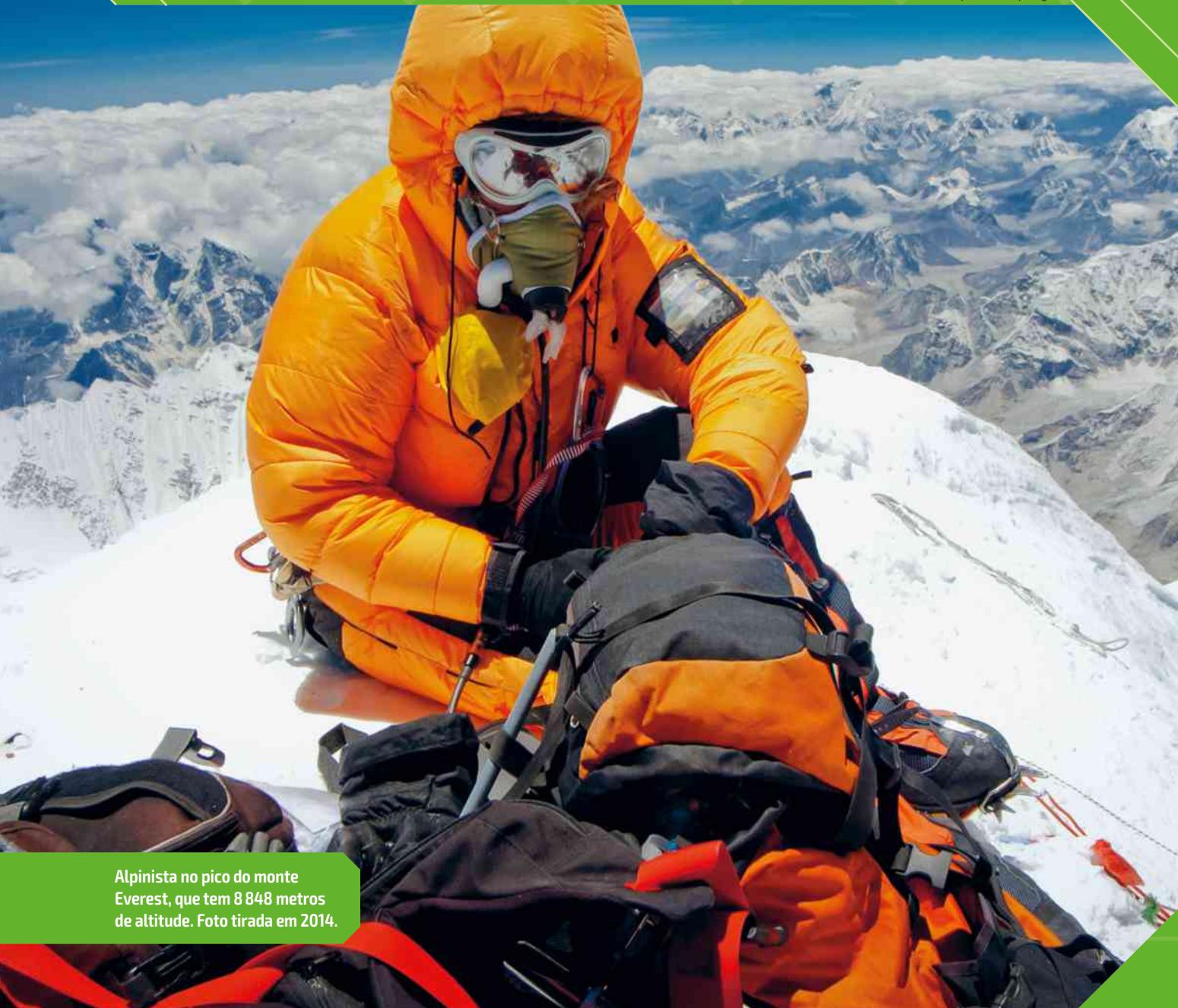
b) Se no laboratório houver uma balança, você pode pesar as duas fatias e verificar que a fatia colocada em água pura está mais pesada. Por quê?

3. Peça ao professor que corte ao meio uma beterraba grande e crua e faça uma cavidade na região central. Depois, despeje uma colher (de café) de sal na cavidade e espere cerca de 30 minutos. Explique o que acontece.
4. Peça ao professor que quebre a extremidade mais fina de um ovo e retire a clara e a gema. Depois, com a ponta de uma tesoura pequena, ele deve furar o polo oposto, com cuidado para não ferir a película que fica por dentro da casca. Essa película vai funcionar como membrana semipermeável. Encha o ovo até a metade com solução concentrada de açúcar e coloque-o boiando em água pura, com o polo mais grosso para baixo (como mostra a figura). Faça depois a experiência oposta: ponha água pura no interior do ovo e água com açúcar no copo. Observe e explique o que acontece em cada caso.



5. Peça ao professor que faça um corte da epiderme inferior de uma planta de folha colorida, como a arca-de-noé ou o abacaxi-roxo (*Rhoeo discolor*) e coloque o material entre a lâmina e a lamínula mergulhado em água salgada ou açucarada. Observe ao microscópio e explique o que acontece com as células após algum tempo.

Harry Kikstra/Getty Images



Alpinista no pico do monte Everest, que tem 8 848 metros de altitude. Foto tirada em 2014.

O monte Everest, no Nepal, é a montanha mais alta do mundo. Perto do topo, a temperatura pode chegar a 70 °C negativos, e há apenas 30% do oxigênio que existe na atmosfera no nível do mar. Sem cilindro de ar, treinamento adequado e roupas especiais, qualquer pessoa que se aventurar a chegar ao topo do Everest correrá um risco ainda maior de nunca voltar.

- ◆ Todos os seres vivos precisam do gás oxigênio para sobreviver?
- ◆ Como usamos o gás oxigênio?
- ◆ Por que, além do oxigênio, é fundamental que um organismo obtenha nutrientes?



1 Aspectos gerais da respiração aeróbia

Uma das maneiras mais eficientes de retirar a energia contida nas ligações químicas de uma substância é provocar a reação de suas moléculas com oxigênio. É o que ocorre quando se queima, por exemplo, gasolina e madeira. Nesse processo – chamado **combustão** –, as ligações são rompidas, e os átomos de carbono e de hidrogênio estabelecem novas ligações com o oxigênio, formando moléculas de gás carbônico e de água, que contêm menor quantidade de energia. A reação de combustão, que é estudada com mais detalhes pela Química, é fundamental na geração de energia na indústria, em veículos e em fogões.

Embora a respiração aeróbia também produza gás carbônico e água, há muitas diferenças entre esses dois processos. Na combustão, a reação é violenta, com liberação de grande quantidade de ener-

gia em um intervalo de tempo pequeno. Na respiração, a quebra das cadeias de carbono é feita de forma gradativa, e a energia é liberada em pequenas parcelas; caso contrário, o calor produzido destruiria a célula. A principal molécula utilizada pelas células como fonte de energia é a glicose. O processo de respiração celular aeróbia pode ser representado pela equação:



Essa equação resume o processo respiratório, mostrando as substâncias que reagem (glicose e oxigênio), as substâncias produzidas (gás carbônico e água) e a proporção relativa entre elas.

A energia obtida na respiração não é usada de imediato. Cada parcela é utilizada na síntese de uma molécula de adenosina trifosfato (ATP) a partir de uma molécula de adenosina difosfato (ADP) e um íon fosfato. Essa reação se chama **fosforilação** e forma ATP com um fosfato rico em energia (**figura 8.1**).

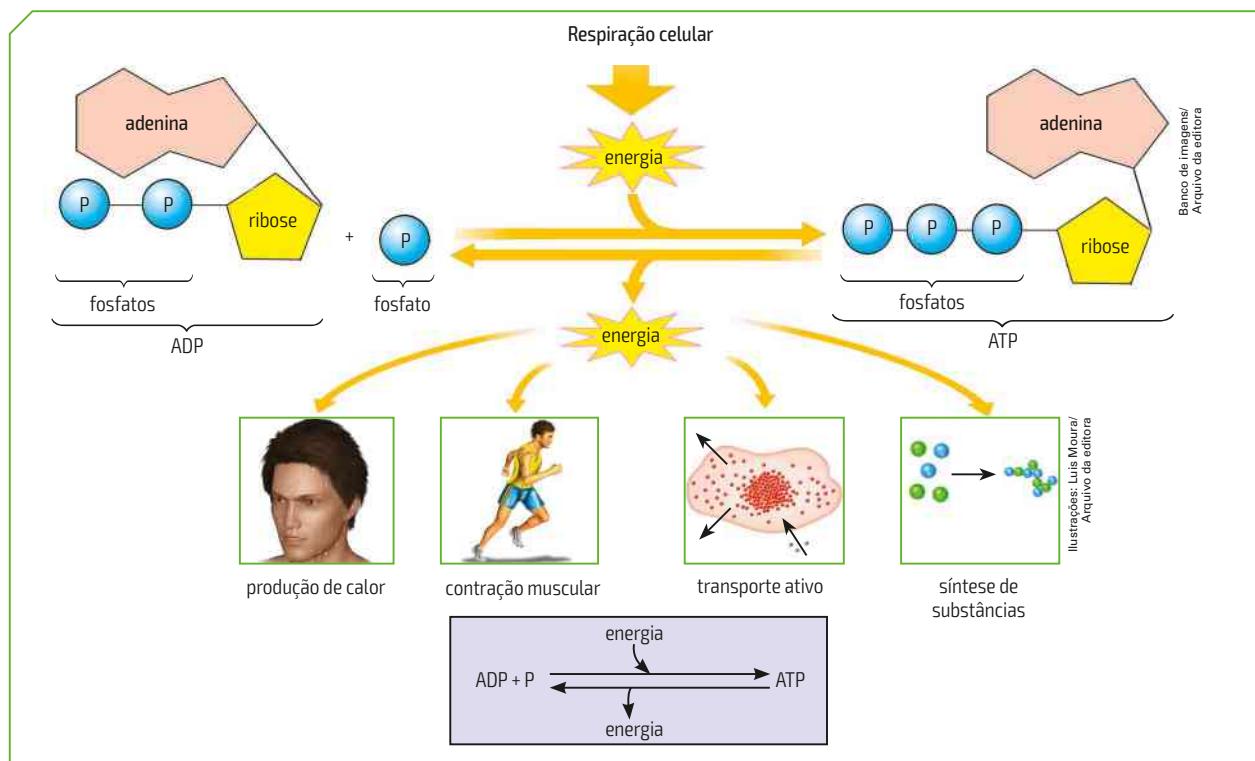


Figura 8.1 O ATP (em esquema simplificado) acumula a energia da respiração celular e é distribuído para as diversas partes da célula que consomem energia (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Quando uma célula precisa de energia para realizar algum trabalho, a ligação entre o ADP e o fosfato é quebrada, liberando energia e o fosfato, agora pobre em energia. O ADP e o fosfato podem formar de novo ATP.

A respiração aeróbia começa no citosol e, nos eucariontes, termina no interior da mitocôndria. Nos procariontes que executam esse tipo de respiração, suas etapas finais ocorrem na membrana plasmática. Já a fermentação ocorre no citosol – tanto nos procariontes como nos eucariontes.

A energia armazenada nas ligações químicas da glicose é liberada por meio de oxidações sucessivas. O processo de oxidação não envolve necessariamente uma reação com o gás oxigênio, e sim uma perda de elétrons, que pode ocorrer com a retirada de átomos de hidrogênio, isto é, por **desidrogenações**. Os hidrogênios são retirados e transportados por compostos chamados **transportadores de hidrogênios**.

2 Etapas da respiração aeróbia

A respiração aeróbia pode ser dividida nas seguintes etapas: **glicólise**, **ciclo de Krebs** e **cadeia respiratória**.

Glicólise

Esta etapa ocorre no citosol (hialoplasma) e consiste naquebra parcial da glicose em duas moléculas de ácido pirúvico (figura 8.2). Esse ácido e todos os outros ácidos que se formam na respiração aparecem

em solução na forma ionizada, que, no caso do ácido pirúvico, é chamada **piruvato**. Os hidrogênios são retirados pela nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD) e flavina dinucleotídeo (FAD), compostos associados a vitaminas.

Durante essa quebra parcial da glicose, que envolve vários compostos intermediários, uma parte da energia é liberada em quatro parcelas, permitindo a produção de quatro moléculas de ATP. Como foram gastos duas moléculas de ATP para ativar a glicose (energia de ativação necessária para começar a reação), o saldo é de duas moléculas de ATP nessa etapa.

Ciclo de Krebs

Estudada em 1938 pelo bioquímico alemão Hans Krebs (1900-1981), essa etapa ocorre na matriz da mitocôndria e no citosol das bactérias aeróbias.

Antes de o ciclo se iniciar, o ácido pirúvico produzido na glicólise é oxidado, perdendo átomos de hidrogênio e elétrons (desidrogenação), além de um átomo de carbono e dois de oxigênio, formando-se uma molécula de gás carbônico (CO_2) e uma cadeia de dois átomos de carbono, o grupo acetila. Esse grupo se liga a uma substância chamada coenzima A (CoA) e forma a acetil-CoA (figura 8.3).

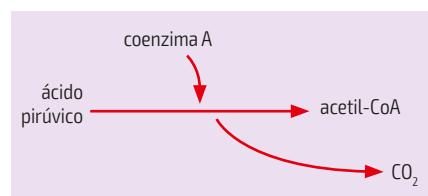


Figura 8.3 Formação da acetil-CoA a partir do ácido pirúvico.

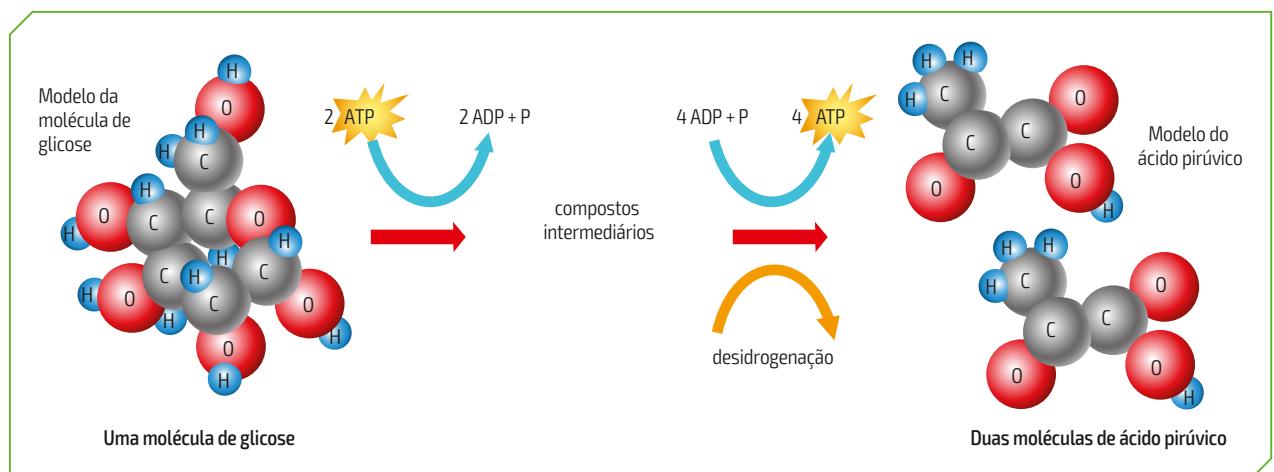


Figura 8.2 Esquema simplificado da glicólise, em que uma molécula de glicose origina duas moléculas de ácido pirúvico após uma série de reações que não estão representadas (os hidrogênios retirados nesse processo não estão representados; cores fantasia).

No ciclo propriamente dito (**figura 8.4**), a acetil-CoA liga-se a um composto de quatro átomos de carbono, o ácido oxaloacético (oxaloacetato), existente na matriz, e forma-se um composto de seis átomos de carbono, o ácido cítrico.

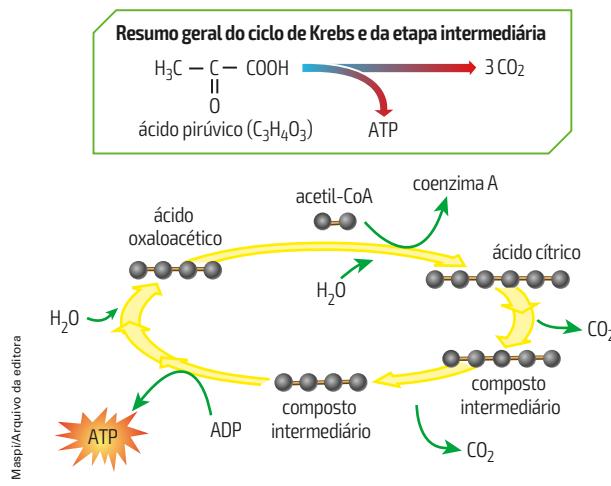


Figura 8.4 Esquema simplificado do ciclo de Krebs e da etapa intermediária (os hidrogênios retirados não estão representados).

As moléculas desse ácido sofrem desidrogenações e perda de átomos de carbono e de oxigênio, que saem como CO_2 . Formam-se então vários outros compostos intermediários, que vão participar do ciclo de Krebs.

Além de liberar a energia de forma gradativa, o ciclo de Krebs permite que os compostos intermediários formados no processo sirvam de ligação entre o metabolismo da glicose e de outras substâncias vindas dos alimentos, como lipídios e proteínas.

Os ácidos graxos dos lipídios, por exemplo, podem ser decompostos em moléculas que entram no ciclo de Krebs.

Proteínas consumidas em excesso também podem ser usadas como fonte de energia: os aminoácidos

perdem o grupamento amina (NH_2) transformando-se em ácidos que entram em várias etapas do ciclo, dependendo do tipo de aminoácido.

Cadeia respiratória

Nesta etapa, que ocorre na membrana interna da mitocôndria e na membrana plasmática das bactérias aeróbias, os átomos de hidrogênio retirados das cadeias de carbono durante a glicólise e o ciclo de Krebs são transportados por várias moléculas intermediárias até o oxigênio, formando água e grande quantidade de moléculas de ATP (**figura 8.5**).

Nesta etapa, os átomos de hidrogênio originados das desidrogenações (realizadas pelo NAD e FAD) cedem seus elétrons (formando íons H^+) para uma série de transportadores de elétrons. Decorre disso o outro nome dessa etapa: **transporte eletrônico**.

As moléculas transportadoras de elétrons estão arrumadas na membrana interna da mitocôndria de acordo com o trajeto que os elétrons percorrem (**figura 8.5**). Além de uma substância não proteica, há um conjunto de proteínas, muitas delas com átomos de ferro ou cobre (os **citocromos**; o termo cromo, que significa ‘cor’, indica que essas substâncias são coloridas).

Durante o trajeto, os elétrons formam, com os transportadores, compostos cuja quantidade de energia é menor que a do transportador anterior. Dessa forma, a energia é liberada e usada na síntese de ATP. Essa síntese ocorre em um complexo enzimático, a ATP-sintase.

O último transportador se oxida ao passar os elétrons para o oxigênio absorvido do ambiente. Nesse processo, o oxigênio é a molécula que se reduz definitivamente, recebendo elétrons e íons H^+ da solução, formando água (**figura 8.5**).

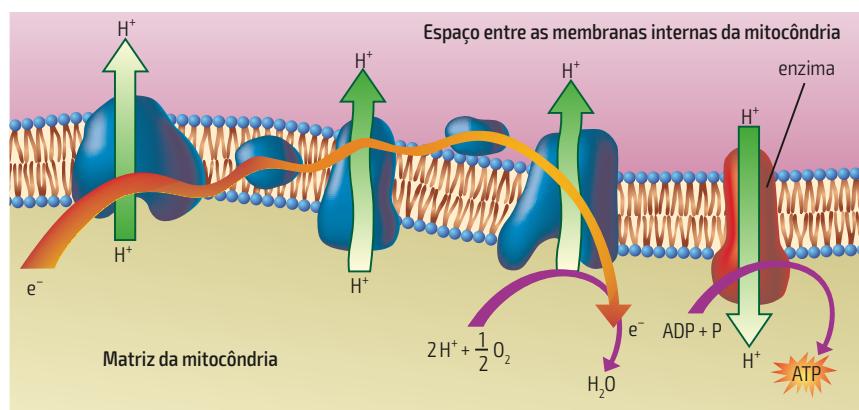
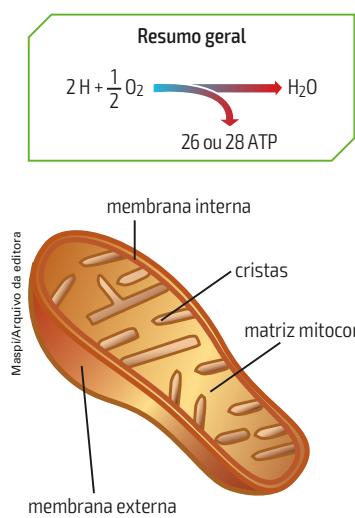


Figura 8.5 Cadeia respiratória: esquema simplificado da organização dos transportadores na membrana interna da mitocôndria e resumo geral (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia).

A cadeia respiratória também é chamada **fosforilação oxidativa**, porque a síntese de ATP depende da entrada de um fosfato no ADP (fosforilação), e a fosforilação é realizada com a energia proveniente de oxidações.

Nas células procariotas, como é o caso das bactérias, a respiração aeróbia pode produzir um total de 38 moléculas de ATP por molécula de glicose, mas o rendimento real da respiração é inferior a esse rendimento teórico.

Nas células eucariotas, uma parte da energia liberada na cadeia respiratória é consumida no transporte das moléculas de ATP pela membrana da mitocôndria, e o saldo de moléculas de ATP pode chegar a 30 ou 32 ATP, dependendo do tipo de célula. Mas aqui esses números também podem variar de acordo com as condições metabólicas da célula.

3 Fermentação

Ao contrário da respiração aeróbia, na fermentação a glicose é quebrada sem consumo de oxigênio do ambiente. Para muitos organismos, esse processo é a única fonte de energia.

Esses organismos – chamados **anaeróbios** (do grego *an* = sem; *aér* = ar; *bios* = vida) **estritos** ou **obrigatórios** – não possuem as enzimas responsáveis pelas reações químicas do ciclo de Krebs e da cadeia respiratória. O oxigênio é tóxico para eles; portanto, só crescem e se reproduzem em ambientes sem esse gás. É o caso da bactéria que causa o tétano e da que causa o botulismo.

Biologia e saúde



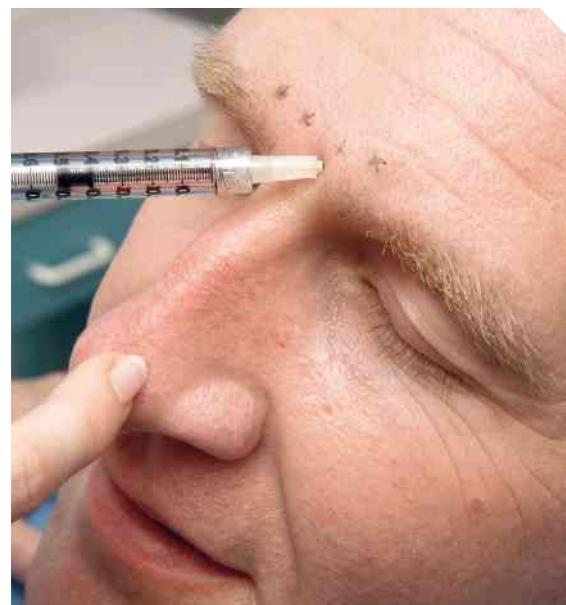
Botulismo e tétano

A bactéria causadora do botulismo, o *Clostridium botulinum*, produz toxinas perigosas para o ser humano. Essa espécie de bactéria pode crescer e se reproduzir em alimentos enlatados e em conserva que tenham sido mal esterilizados. Um sinal que indica a existência dessa bactéria é o gás produzido na fermentação, que faz a lata ficar estufada. Pessoas intoxicadas precisam receber tratamento imediado, com soro antitoxina e antibióticos, pois correm risco de morrer.

Para a prevenção do botulismo e de outras intoxicações alimentares, os alimentos devem ser preparados e conservados adequadamente. Não se devem consumir alimentos com cheiro estranho ou enlatados cuja embalagem esteja em mau estado de conservação ou estufada.

Embora a toxina produzida pelo *Clostridium botulinum* seja perigosa, seu uso controlado é indicado para diversos tipos de tratamento estético (**figura 8.6**) e de saúde. As aplicações de produtos com a toxina botulínica funcionam porque ela bloqueia a liberação de um neurotransmissor que transporta mensagens entre o cérebro e as fibras musculares. Por isso, a musculatura que recebeu a aplicação permanece relaxada por um período de tempo.

O tétano é uma infecção provocada pela contaminação de ferimentos pela bactéria *Clostridium tetani*, que se reproduz em feridas profundas, com pouco suprimento de oxigênio, ou em ferimentos não tratados, com células mortas e detritos do ambiente na superfície. O doente precisa ser logo tratado com soro antitetânico, antibióticos e relaxante muscular, porque a doença causa contrações musculares que podem provocar asfixia e morte. O mais recomendável é prevenir a doença com uma vacina tomada na infância em três doses, com intervalo de um mês, e, depois, um reforço a cada dez anos.



UpperCut Images/Getty Images

Figura 8.6 Toxina botulínica usada em tratamento estético para reduzir marcas de expressão na pele. Tratamentos semelhantes são utilizados também por dentistas para aliviar dores na mandíbula por conta do excesso de tensão muscular.

Outros organismos, como o levedo de cerveja, embora possuam as enzimas do ciclo de Krebs e da cadeia respiratória e façam respiração aeróbia, podem realizar fermentação caso falte oxigênio no ambiente. Eles são chamados **anaeróbios facultativos**.

A maioria dos organismos só faz respiração aeróbia e, portanto, morre quando falta oxigênio no ambiente. Esses seres são **aeróbios estritos** e estão representados, principalmente, pelos eucariontes pluricelulares, que consomem mais energia que os procariontes. O ser humano, por exemplo, não sobreviveria três minutos se dependesse apenas da fermentação como fonte de energia.

Nesse processo, a quebra da glicose termina na glicólise. Não havendo oxigênio ou não sendo possível utilizá-lo, outra molécula terá de receber os átomos de hidrogênio. Essa molécula pode ser o ácido pirúvico ou outro fragmento da glicose. O produto final depende da coleção enzimática própria de cada célula. Desse modo, na fermentação pode ser formado, por exemplo, álcool etílico, ácido acético ou ácido láctico.

Como a glicose não é totalmente quebrada e oxidada a gás carbônico e água, a fermentação não libera toda a energia da molécula, e os produtos ainda possuem energia armazenada. Por isso o saldo energético da fermentação é de apenas duas moléculas de ATP (correspondentes à glicólise) para cada molécula de glicose.

Estudaremos a seguir os tipos mais importantes da fermentação: a **láctica** e a **alcoólica**.

Fermentação láctica

Iogurtes e coalhadas são produzidos com leite e uma mistura em igual proporção dos microrganismos *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*, conhecidos genericamente como **lactobacilos**. A fermentação da lactose do leite por essas bactérias produz o **ácido láctico** (daí o nome fermentação láctica), que coagula o leite, transformando-o em coalhada ou iogurte. Esse ácido é produzido quando os hidrogênios retirados da glicose são recebidos pelo ácido pirúvico.

Os lactobacilos são encontrados em nosso intestino, onde fabricam diversas vitaminas utilizadas pelo organismo, como algumas do complexo B.

Em nosso organismo, as células musculares podem realizar tanto respiração aeróbia quanto fermentação láctica. A proporção relativa desses dois processos depende da disponibilidade de oxigênio e da intensidade da atividade física.

Durante um esforço muscular muito rápido ou intenso, o oxigênio que chega ao músculo não é suficiente para a obtenção de toda a energia necessária. Para compensar essa falta, as células musculares realizam fermentação láctica. Posteriormente, parte do ácido é conduzida pela corrente sanguínea ao fígado e transformada em ácido pirúvico, que é oxidado ou convertido em glicose. Esse processo é chamado **gliconeogênese** (do grego *glykys* = doce; *neo* = novo; *genesis* = origem). A respiração ofegante após o exercício contribui para a remoção do ácido láctico e o reabastecimento de ATP e glicogênio.

Quando em repouso, a célula muscular armazena certa quantidade de ATP. Parte desse ATP passa sua energia para outro composto, a creatina-fosfato (fosfocreatina), que, por ser mais estável, pode ficar mais tempo armazenada na célula. Em caso de necessidade, a creatina-fosfato cede energia para a produção de ATP, que é usado no trabalho muscular (**figura 8.7**). Você vai estudar a estrutura e a função do músculo no Capítulo 17.

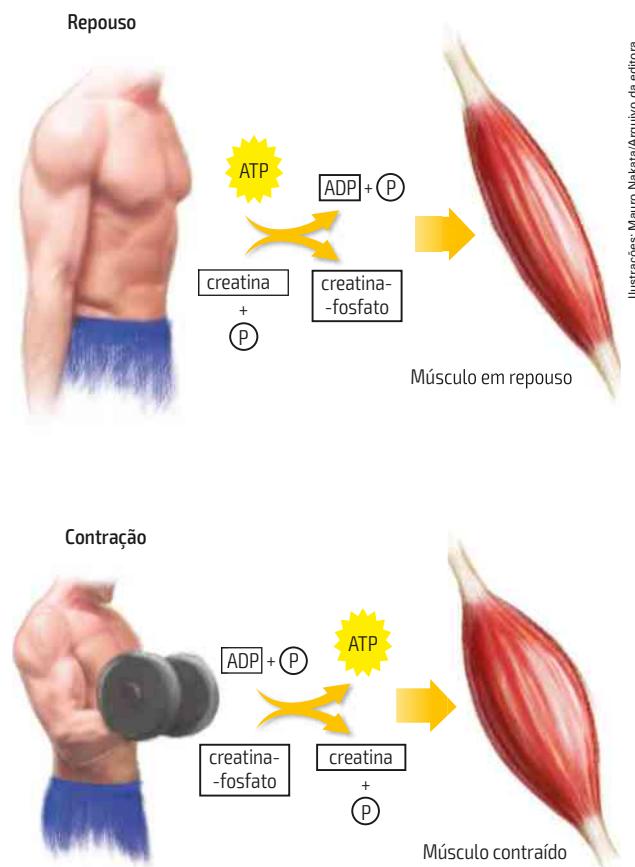


Figura 8.7 Além de glicogênio, o músculo tem como reserva de energia a creatina-fosfato. Na contração muscular, a creatina-fosfato transfere um fosfato com energia para o ATP. Portanto, a fonte imediata de energia para a contração é sempre o ATP (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia).

Fermentação alcoólica

A produção de bebidas alcoólicas, como o vinho e a cerveja, está registrada em gravuras em tumbas do antigo Egito e em inscrições em placas de pedra de 9 mil anos, encontradas na Mesopotâmia. Essa produção é resultado da fermentação realizada por um fungo unicelular, o levedo de cerveja ou fermento, cientificamente chamado *Saccharomyces cerevisiae*.

Na fermentação alcoólica, o ácido pirúvico perde um carbono e dois átomos de oxigênio antes de receber os hidrogênios. Dessa forma, são produzidos gás carbônico e álcool etílico (figura 8.8). O gás carbônico pode ser mantido na bebida, como nos espumantes e na cerveja.

Mas, como é um ser anaeróbio facultativo, dependendo da taxa de oxigênio presente no processo, esse fungo realizará respiração aeróbia. Por isso, se houver muito oxigênio, o fungo não produzirá álcool, mas gás carbônico e água. Nesse caso, a fermentação fica inibida pela presença de oxigênio; é o chamado **efeito**

Pasteur, em homenagem ao cientista francês Louis Pasteur (1822-1895), que, entre muitas outras contribuições à ciência, estudou a fermentação (figura 8.8).

A fermentação também é usada na produção do álcool usado como combustível. No Brasil, esse álcool é produzido pela fermentação do açúcar da cana-de-açúcar.

O fermento biológico, ou de padaria, contém o fungo *Saccharomyces cerevisiae* vivo que, por meio da fermentação, produz também gás carbônico. É esse gás, produzido na fermentação alcoólica, que forma bolhas e faz crescer e ficar fofa a massa do pão. O álcool e o gás são eliminados pelo calor do forno.

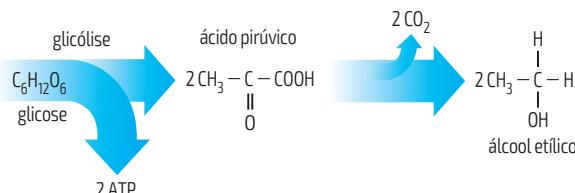


Figura 8.8 Esquema simplificado da fermentação alcoólica. Os hidrogênios retirados nesse processo não foram representados.

História da ciência



Louis Pasteur e a fermentação

Louis Pasteur (1822-1895) fez muitas contribuições para a ciência e para melhorar nossa qualidade de vida. Pasteur mostrou, por exemplo, que a raiva é transmitida por agentes menores que as bactérias (os vírus) e que formas enfraquecidas desses agentes podem ser usadas para imunizar o organismo humano contra as formas mais virulentas. Surgiu, assim, a vacina contra a raiva.

Outro estudo coordenado por Pasteur mostrou que há microrganismos envolvidos na produção de álcool e de outros produtos por meio da fermentação e que esse fenômeno acontece na falta de oxigênio.

Depois de descobrir que o vinho se deteriorava pela ação de certos microrganismos, ele tentou eliminá-los aquecendo o vinho até 60 °C por vários minutos. Esse processo, chamado pasteurização, é usado hoje para possibilitar a comercialização de vários produtos. O leite, por exemplo, é aquecido até 72 °C por 15 segundos em equipamento especial e depois resfriado rapidamente.

Embora nem todos os microrganismos sejam destruídos pela pasteurização, seu número fica bastante reduzido, o que contribui para que os alimentos durem mais.

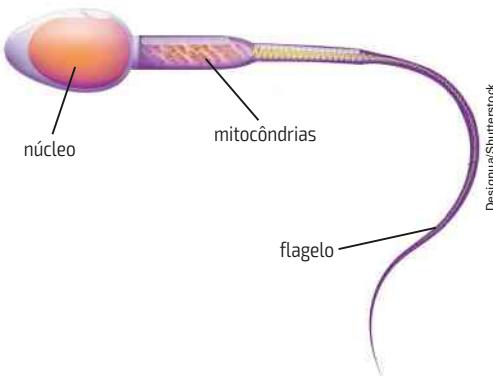
4 Respiração anaeróbia

Na fermentação, um composto orgânico derivado da glicose é usado como acceptor final de hidrogênios, não havendo ciclo de Krebs nem cadeia respiratória. Na **respiração anaeróbia**, há um ciclo de Krebs e uma cadeia respiratória, mas o oxigênio não é o acceptor final dos hidrogênios retirados da glicose. Esses hidrogênios são recebidos por com-

postos inorgânicos retirados do ambiente (nitratos, sulfatos ou carbonatos).

A respiração anaeróbia é realizada por algumas bactérias que vivem em solos profundos, com pouco oxigênio, e produz uma quantidade menor de ATP em relação à respiração aeróbia. O termo “respiração” justifica-se nos dois processos porque ambos são muito parecidos e envolvem as três etapas que caracterizam o fenômeno da respiração.

1. Um artigo da internet, ao explicar o processo de respieração celular, simplificou o fenômeno comparando-o a um tipo de combustão, como o que ocorre no motor dos carros. Analise a afirmação, explicando uma diferença importante entre esses dois processos.
2. Qual a aplicação comercial da fermentação feita pelo lactobacílo, uma bactéria encontrada no leite? Compare esse processo ao que ocorre em nossos músculos durante uma atividade física de alta intensidade.
3. Por que seres pluricelulares são geralmente aeróbios e não anaeróbios?
4. Depois de dirigir por um dia inteiro, o motorista teve de parar e abastecer o carro. Para onde foi o combustível? E por que o carro para se ficar sem combustível?
5. Uma pessoa comeu dois quilogramas de alimento ao longo de um dia. No entanto, ao se pesar, ela viu que seu peso não aumentou. Explique o que aconteceu.
6. Existe uma molécula presente em todos os seres vivos, que foi comparada a uma “moeda universal de energia”. Que molécula é essa? Explique a razão dessa comparação.
7. Escreva a equação geral da respiração, indicando de onde vem a energia liberada nesse processo.
8. Um estudante afirmou que o papel do gás oxigênio na respiração é se combinar com o carbono da glicose, produzindo gás carbônico. Outro estudante discordou, dizendo que ele deveria estudar mais a última etapa da respiração. Resolva essa discussão respondendo: qual é, afinal, o papel do gás oxigênio na respiração?
9. Observe a imagem abaixo. Qual pode ser a explicação para a localização das organelas no espermatozoide?



10. Cada célula de nosso corpo contém, em média, de quinhentas a 2 mil mitocôndrias. As células dos músculos esqueléticos estão entre as que possuem o maior número. Além disso, suas mitocôndrias possuem mais cristas. Como você justifica essas duas características das células musculares?

11. Quando há bastante ATP para atender à demanda de energia da célula, a velocidade da respiração diminui. Isso acontece porque o excesso de ATP inibe uma das enzimas da glicólise. O inverso ocorre quando a célula está consumindo muita energia: a concentração de ATP diminui e a velocidade da respiração aumenta. Mecanismos desse tipo, em que o produto de uma sequência de reações do metabolismo inibe, a partir de dada concentração, sua formação, são chamados de retroinibição ou retroalimentação negativa (*feedback negativo*) e existem também em outras etapas da respiração celular. Qual a importância desses mecanismos para os organismos?
12. Existem seres vivos, como certas bactérias, que não realizam respiração aeróbia, isto é, esses organismos não dependem do oxigênio do ar para viver. Explique como eles conseguem a energia que consomem para levar a cabo suas funções vitais.
13. Um fungo unicelular, misturado ao melado da cana-de-açúcar, é utilizado na produção de uma substância que armazena grande quantidade de energia. Quais são os produtos finais desse processo? Qual a importância desse processo para os fungos? E para a economia do Brasil?
14. Um estudante afirmou que as mitocôndrias podem ser comparadas a minúsculos aquecedores, uma vez que são responsáveis pela maior parte do calor gerado em nosso corpo. Você concorda com essa afirmação? Justifique sua resposta.
15. Com base no que você aprendeu neste capítulo, explique como os orifícios do pão da figura abaixo apareceram.



16. (UFU-MG) Sob idênticas condições experimentais, cultivaram-se dois tipos diferentes de microrganismos em tubos separados (1 e 2). Em cada tubo foram adicionados glicose e oxigênio. Após a total degradação da glicose, no tubo 1, detectou-se a produção de ATP, CO₂ e H₂O. No tubo 2, detectaram-se apenas ATP e um outro composto orgânico. Com base nessas informações, responda:
 - quanto à forma de degradação de compostos orgânicos para obtenção de energia, como se classificam, respectivamente, os microrganismos presentes nos tubos 1 e 2?
 - quais processos metabólicos ocorreram, respectivamente, nos tubos 1 e 2?
 - além do ATP, qual foi o composto orgânico detectado no tubo 2?

- 17.** (Uerj) Utilize as informações abaixo para responder à questão.

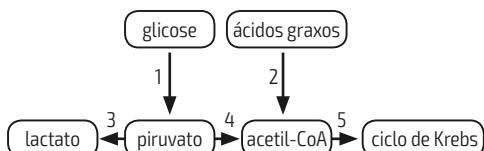
A ciência da fisiologia do exercício estuda as condições que permitem melhorar o desempenho de um atleta, a partir das fontes energéticas disponíveis. A tabela a seguir mostra as contribuições das fontes aeróbia e anaeróbia para geração de energia total utilizada por participantes de competições de corrida, com duração variada e envolvimento máximo do trabalho dos atletas.

Contribuição percentual para geração de energia total em competições de corrida

Corrida		Fonte de energia	
Tipo (metros)	Duração* (segundos)	Aeróbia	Anaeróbia
100	9,84	10%	90%
400	43,29	30%	70%
800	100,00	60%	40%

* Tempos aproximados referentes aos recordes mundiais para homens, em abril de 1997.

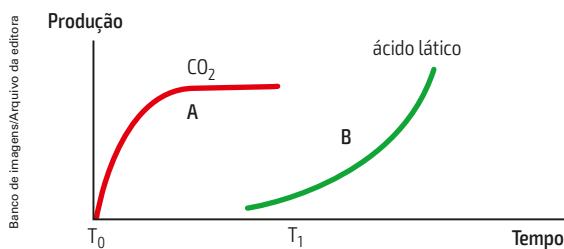
Observe o esquema abaixo, que resume as principais etapas envolvidas no metabolismo energético muscular.



Ao final da corrida de 400 m, a maior parte da energia total despendida por um recordista deverá originar-se da atividade metabólica ocorrida nas etapas de números:

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

- 18.** (UEL-PR) No gráfico a seguir observa-se a produção de CO_2 e ácido láctico no músculo de um atleta que está realizando atividade física.



Banco de imagens/Arquivo da editora

Sobre a variação da produção de CO_2 e ácido láctico em **A** e **B**, analise as seguintes afirmativas:

- I. A partir de T_1 , o suprimento de O_2 no músculo é insuficiente para as células musculares realizarem respiração aeróbica.
- II. O CO_2 produzido em **A** é um dos produtos da respiração aeróbica durante o processo de produção de ATP (trifosfato de adenosina) pelas células musculares.
- III. Em **A**, as células musculares estão realizando respiração aeróbica, e em **B** um tipo de fermentação.
- IV. A partir de T_1 , a produção de ATP pelas células musculares deverá aumentar.

Das afirmativas acima, são corretas:

- a) apenas I e II.
- b) apenas III e IV.
- c) apenas I, II e III.
- d) apenas I, II e IV.
- e) apenas II, III e IV.

- 19.** (UFMG) Todos os processos indicados são característicos da respiração aeróbica, exceto:

- a) consumo de glicose.
- b) formação de ácido pirúvico.
- c) produção de álcool.
- d) produção de ATP.
- e) produção de gás carbônico.

- 20.** (Uerj) Para estudar o metabolismo de organismos vivos, isótopos radioativos de alguns elementos, como o ^{14}C , foram utilizados como marcadores de moléculas orgânicas.

Podemos demonstrar, experimentalmente, utilizando a glicose marcada com ^{14}C , o acúmulo de produtos diferentes da glicólise na célula muscular, na presença ou na ausência de um inibidor da cadeia respiratória mitocondrial.

Em presença desse inibidor, o metabólito radioativo que deve acumular-se no músculo é o ácido denominado:

- a) láctico.
- b) cítrico.
- c) pirúvico.
- d) glicérico.

- 21.** (UFPE) O maior rendimento energético do processo de respiração aeróbica (acoplada à cadeia transportadora de elétrons) sobre a glicólise é principalmente devido à:

- a) maior atividade específica das enzimas envolvidas.
- b) maior difusão das enzimas no meio de reação.
- c) muito menor energia de ativação requerida.
- d) completa oxidação de glicose a CO_2 e H_2O .
- e) compartimentação e ordenação das enzimas envolvidas.

- 22.** (Ufscar-SP) Os ingredientes básicos do pão são farinha, água e fermento biológico. Antes de ser levada ao forno, em repouso e sob temperatura adequada, a massa cresce até o dobro de seu volume. Durante esse processo predomina a:
- respiração aeróbia, na qual são produzidos gás carbônico e água. O gás promove o crescimento da massa, enquanto a água a mantém úmida.
 - fermentação láctica, na qual bactérias convertem o açúcar em ácido láctico e energia. Essa energia é utilizada pelos microrganismos do fermento, os quais promovem o crescimento da massa.
 - respiração anaeróbia, na qual os microrganismos do fermento utilizam nitratos como aceptores

finais de hidrogênio, liberando gás nitrogênio. O processo de respiração anaeróbia é chamado de fermentação, e o gás liberado provoca o crescimento da massa.

- x d) fermentação alcoólica, na qual ocorre a formação de álcool e gás carbônico. O gás promove o crescimento da massa, enquanto o álcool se evapora sob o calor do forno.
- e) reprodução vegetativa dos microrganismos presentes no fermento. O carboidrato e a água da massa criam o ambiente necessário ao crescimento em número das células de levedura, resultando em maior volume da massa.

Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas abaixo para pesquisar (na internet, em livros, etc.) e apresentem o resultado do trabalho para a classe e a comunidade escolar (alunos, professores e funcionários da escola e pais ou responsáveis).

- Alimentos mal lavados ou conservados de maneira inadequada podem causar doenças. Pesquisem quais devem ser os cuidados em relação à compra e à conservação dos alimentos e também ao seu preparo e consumo. Elaborem uma campanha para mostrar à comunidade local a importância dos cuidados em relação ao alimento. Essa campanha deverá ser composta de cartazes, folhetos e outros recursos (frases de alerta, letras de música, fotos, vídeos, etc.).
- Pesquisem quais as características das atividades físicas aeróbicas e anaeróbicas e quais os benefícios para a saúde dessas atividades feitas

com a orientação de profissionais especializados. Com base na pesquisa, elaborem uma campanha (com cartazes, folhetos, frases de alerta, letras de música, etc.) para promover a prática de atividades físicas. Vocês podem pedir o auxílio do professor de Educação Física.

- Neste capítulo, vocês aprenderam que a respiração e a fermentação liberam a energia contida nas ligações químicas da glicose e outros compostos orgânicos. Com o auxílio do professor de Física, pesquisem e apresentem para a classe as diversas formas em que a energia é encontrada (mecânica, térmica, de ligação química, etc.) e o princípio da conservação da energia. Com o auxílio do professor de Química, expliquem também como se determina o calor de uma reação e o que vem a ser reação exotérmica e endotérmica.

Atividade prática

Material necessário para este experimento: um tablete de fermento para pão (guarde o tablete na geladeira até o dia da prática), açúcar, dois copos de vidro, plástico transparente ou papel-filme e elásticos.

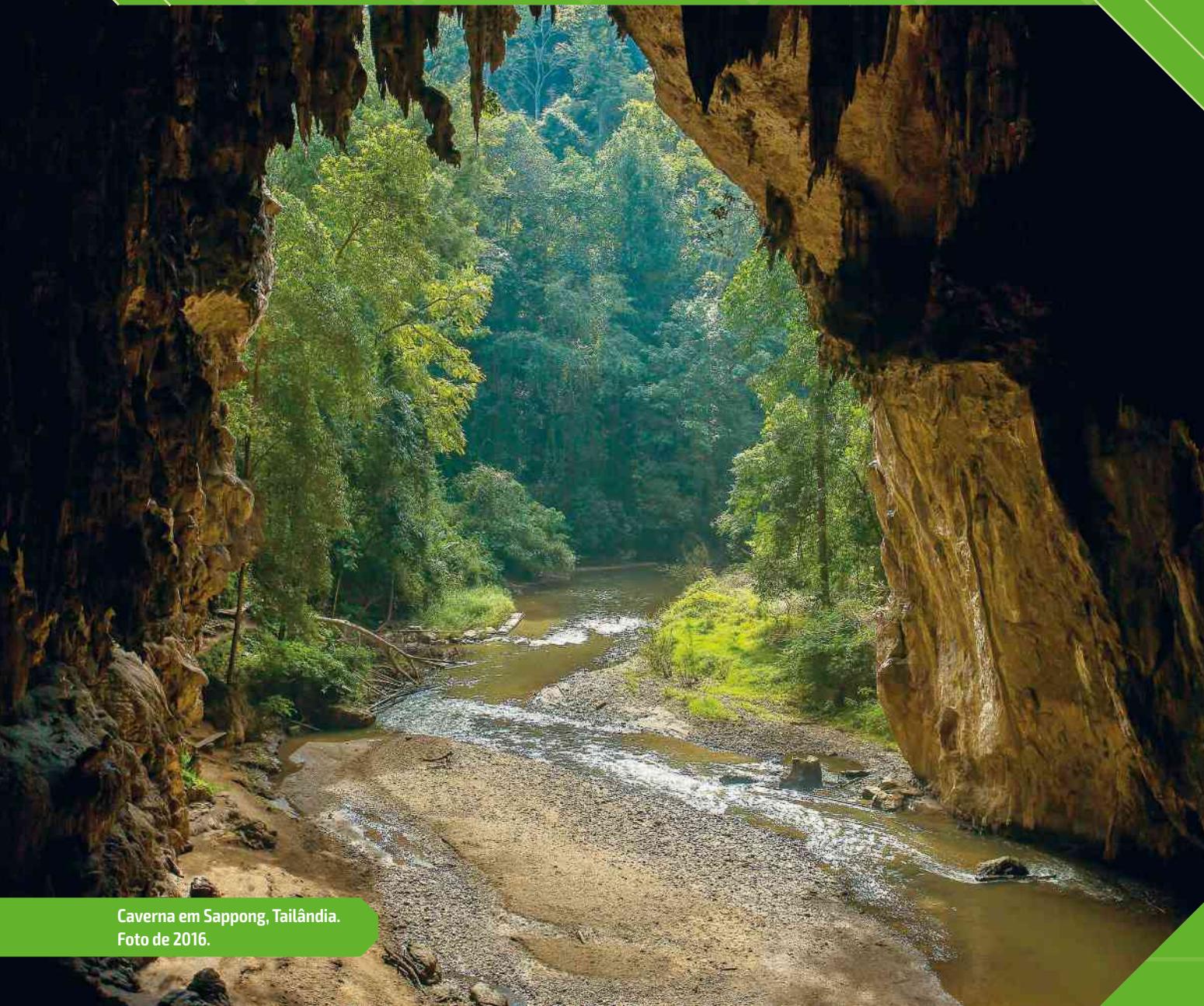
Coloque água filtrada até a metade de cada copo. Em um deles, coloque uma colher de sobremesa de açúcar e um quarto do tablete de fermento. No outro, coloque apenas água e um quarto do tablete de fermento. Tampe os dois copos com o plástico e prenda-o com elástico, deixando uma folga. Deixe os dois copos em local pouco iluminado durante um dia. Enquanto isso, sob a orientação do professor, prepare uma lâmina com uma gota da mistura de fermento e água, observe-a ao microscópio e desenhe o que puder observar. Depois, veja como está o plástico em cada copo, tire o plástico e analise se há diferença no

cheiro dos copos. Explique a diferença no plástico e no cheiro entre os dois copos, dando o nome do fenômeno ocorrido. Diga também por que ele só ocorreu em um dos copos e o que você observou ao microscópio. Por fim, responda: se o fermento tivesse sido fervido, o fenômeno teria ocorrido? Por quê?

ATENÇÃO

O laboratório não é lugar de brincadeiras! Não realize experimentos nem manipule produtos químicos sem o consentimento e a supervisão do seu professor. Não mexa em torneiras de gás, se houver. Não cheire nem prove produtos químicos e evite o contato deles com a pele e os olhos.

Alexander Mazurkevich/Shutterstock



Caverna em Sappong, Tailândia.
Foto de 2016.

Em cavernas escuras e no fundo do mar, a variedade e a quantidade de organismos costumam ser muito menores do que as encontradas na superfície iluminada. Você consegue imaginar por quê? A quantidade de luz possibilita a presença de plantas e algas, e são esses seres que formam a base para a vida dos demais organismos. Isso acontece por causa da capacidade das células das plantas e das algas de produzir matéria orgânica por meio da fotossíntese.

- ◆ Você sabe como as células realizam fotossíntese?
- ◆ Que fatores influenciam esse processo?
- ◆ O que é quimiossíntese? Quais são os seres vivos que produzem matéria orgânica por meio desse processo?



1 Visão geral da fotossíntese

As plantas e outros organismos fotossintetizantes usam a fotossíntese para produzir açúcares. Uma parte desses açúcares fica armazenada na planta, e outra parte pode ser usada na respiração, produzindo energia para a planta crescer e manter suas funções.

Ao contrário do que muitos acreditam, a respiração não é um processo exclusivo dos animais. Plantas, animais e a maioria dos organismos realizam

respiração (algumas bactérias realizam apenas fermentação, como vimos no Capítulo 8). Isso quer dizer que as plantas usam, na respiração, parte do alimento que fabricam. Com isso, conseguem energia para o crescimento da raiz, do caule, das folhas, etc.

Não é correto, portanto, dizer que a planta faz fotossíntese durante o dia e respira apenas à noite. A fotossíntese, sim, ocorre só durante o dia, desde que haja luz suficiente, mas a respiração ocorre de dia e de noite. Durante o dia, quando há bastante luz, a produção de oxigênio é geralmente maior do que a quantidade de oxigênio empregada na respiração – o que sobra é liberado para a atmosfera.

História da ciência



Fotossíntese: o início das descobertas

O conhecimento sobre a fotossíntese foi se expandindo ao longo de vários anos por meio de descobertas de diferentes pesquisadores.

No início do século XVII, pensava-se que as plantas absorviam todos os seus nutrientes do solo. Para testar essa hipótese, o médico belga Jean Baptiste van Helmont (1579-1644) cultivou uma muda de salgueiro em um vaso. Cinco anos mais tarde, constatou que o salgueiro estava quase 75 kg mais pesado, mas que a terra do vaso diminuíra em apenas 57 g (**figura 9.1**). Van Helmont explicou essa diferença afirmando que, para crescer, a planta havia utilizado também a água usada para regá-la.

Hoje sabemos que o aumento de peso da planta se deve também ao gás carbônico do ar, que é transformado em açúcares pela fotossíntese.

A primeira evidência de que os gases do ar participam da fotossíntese, e consequentemente do crescimento das plantas, foi obtida em 1772, com a experiência do químico inglês Joseph Priestley (1733-1804). Ele verificou que as plantas podem recuperar o ar “esgotado” por uma vela que queima ou pela respiração de um animal, ambos dentro de um recipiente fechado.

Já em 1779, o médico holandês Jan Ingenhousz (1730-1779) demonstrou que o efeito observado por Priestley só ocorria se a planta fosse iluminada. No escuro, ela consumia oxigênio, da mesma forma que o animal. Hoje sabemos que a planta realiza respiração celular, consumindo oxigênio o tempo todo, mas que, com luz suficiente, predomina a produção de oxigênio pela fotossíntese.



Sheila Terry/SPL/Alamy Stock



Muda com 2,3 kg em vaso com 90,9 kg de terra seca.

5 anos regando com água

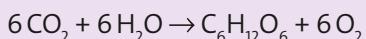


Árvore com 77 kg em vaso com 90,8 kg de terra seca (valores aproximados).

Ilustrações: Luis Moura/
Arquivo da editora

Figura 9.1 Van Helmont e uma representação de seu experimento (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia).

Na fotossíntese, as moléculas de gás carbônico e de água são transformadas em açúcares com a utilização de energia luminosa. O processo pode ser resumido pela equação química abaixo.

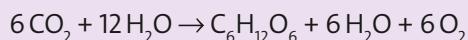


Observe que a equação química está balanceada: o número de átomos de cada elemento deve ser o mesmo em ambos os membros da equação. Você vai aprender a fazer平衡amento de equações em Química.

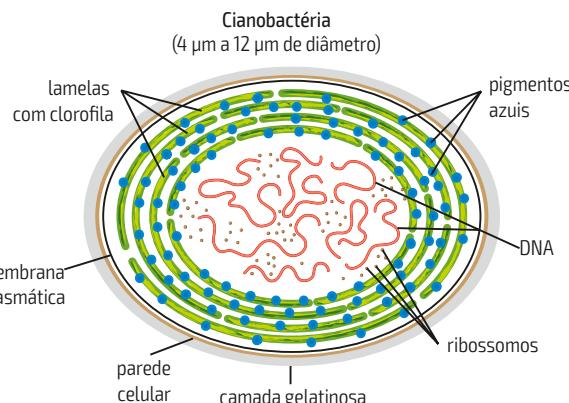
Em 1941, dois cientistas da Universidade de Berkeley, Martin Kamen (1913-2002) e Sam Rubem (1913-1943), usando um isótopo de oxigênio (^{18}O), demonstraram que todo o oxigênio liberado na fotossíntese vem da água, e não do gás carbônico.

Fornecendo à planta água com o isótopo ^{18}O e gás carbônico com ^{16}O , verificamos que todo o oxigênio desprendido é formado pelo isótopo ^{18}O . Se fornecermos gás carbônico com ^{18}O , veremos que nenhum oxigênio desprendido é formado por esse isótopo.

Observe que, pela equação química, se formam seis moléculas de gás oxigênio, um total de doze átomos de oxigênio, embora haja apenas seis moléculas de água, contendo, no total, seis átomos de oxigênio. A explicação para essa discrepância é o gasto de um número maior de moléculas de água durante o processo. No fim, formam-se novas moléculas de água a partir do gás carbônico. Por isso uma equação balanceada e mais coerente com o fato de que todo o oxigênio se origina da água é a seguinte:



Nos eucariontes, a fotossíntese ocorre nos cloroplastos. Nos procariontes, como as cianobactérias, a fotossíntese ocorre em um conjunto de membranas e no citosol (**figura 9.2**).



Clorofila e absorção de luz

Conforme é estudado em Física, a luz é uma onda eletromagnética como as ondas de rádio e de tevê, as micro-ondas e os raios infravermelhos, ultravioleta, raios X e gama. Essas ondas eletromagnéticas têm variadas aplicações tecnológicas (transmissão de rádio e tevê, telefonia, etc.).

As ondas transmitem energia. A luz visível corresponde a uma parte da energia transmitida pelo Sol e se diferencia das outras ondas por sua frequência (número de oscilações de cada ponto da onda por unidade de tempo) e seu comprimento de onda (distância entre dois pontos mais altos ou mais baixos consecutivos).

A luz branca é formada pela mistura de vários comprimentos de onda, registrados por nossos olhos com cores diferentes. É o que ocorre quando observamos um arco-íris ou quando a luz branca atravessa um prisma de vidro. O conjunto de cores que forma a luz branca é chamado **espectro da luz visível**.

Da mesma forma que nossos olhos só percebem certos comprimentos de onda (não somos capazes de enxergar o ultravioleta, por exemplo), as moléculas de clorofila (veremos aqui os tipos **a** e **b**) só absorvem certos tipos de luz; elas absorvem bem as luzes vermelha, laranja, azul e violeta, e refletem grande parte da luz verde, absorvendo dela pouca energia. A cor verde que vemos nas plantas é justamente o reflexo dessa luz não absorvida.

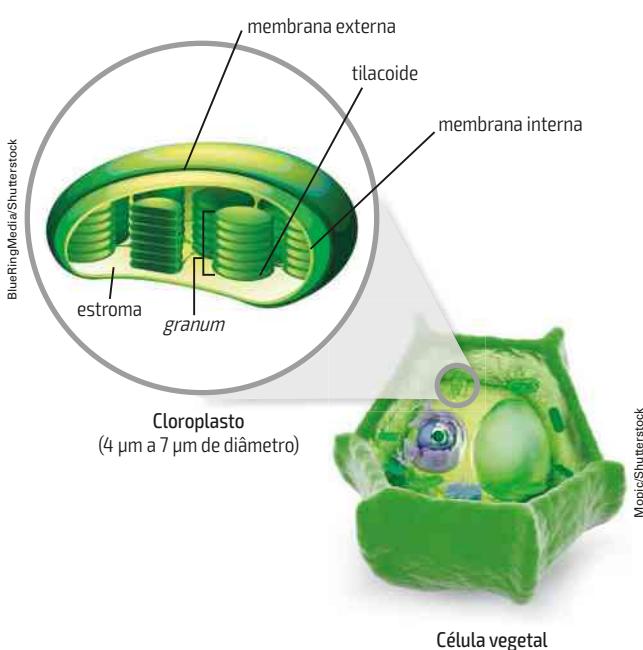


Figura 9.2 Modelo de uma cianobactéria (à esquerda) e de um cloroplasto de células eucariontes (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Para comprovar isso, em 1883 o botânico alemão Theodor W. Engelmann (1843-1909) realizou um experimento interessante. Colocou um filamento de alga (gênero *Cladophora*) em um meio com bactérias aeróbias e iluminou o conjunto com as diversas cores que compõem a luz branca. Observando maior acúmulo de bactérias nas regiões iluminadas pelo vermelho (na faixa de 700 nm) e pelo azul (na faixa de 450 nm), ele concluiu que nesses dois locais havia maior desprendimento de gás oxigênio e, consequentemente, que nessas regiões ocorria mais fotossíntese (**figura 9.3**).

No entanto, a planta utiliza também parte da luz verde na fotossíntese, visto que parte dessa cor é absorvida por outros pigmentos, que cedem a energia absorvida para a clorofila.

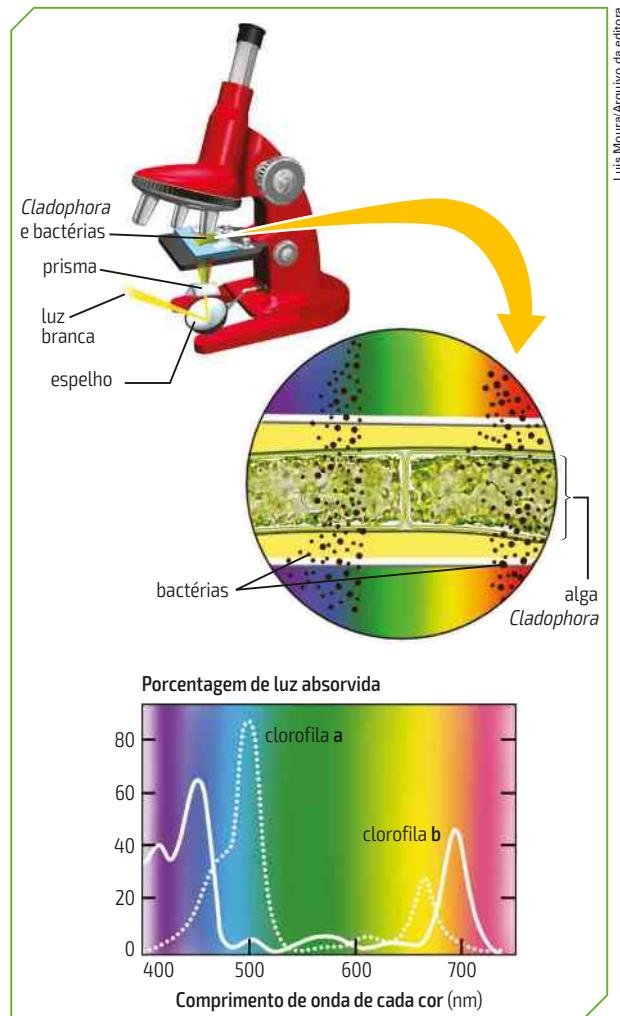


Figura 9.3 O espectro de absorção das clorofilas **a** e **b** indica que as cores mais absorvidas ficam em torno do vermelho e do azul, e a menos absorvida é o verde. O experimento comprova que as cores mais absorvidas pela clorofila são justamente aquelas para as quais há maior fotossíntese: as bactérias aeróbias se dirigem para as regiões da alga em que há maior produção de oxigênio (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

2 Etapas da fotossíntese

A fotossíntese pode ser dividida em duas etapas: a **fotoquímica** (fase clara) e a **química** (fase escura).

Durante a etapa fotoquímica, a energia luminosa é absorvida pela clorofila presente nos tilacoides e armazenada em moléculas de ATP (processo chamado fosforilação). Além disso, a luz promove a transformação da água em hidrogênio e oxigênio. Enquanto o oxigênio é liberado pela planta, o hidrogênio e a energia do ATP são usados na fase seguinte, que não usa luz, para transformar o gás carbônico em glicose. Para isso, o hidrogênio é transportado, combinado ao composto **nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP)** na forma oxidada (NADP^+), para o estroma do cloroplasto (**figura 9.4**).

A etapa química, também chamada **ciclo das pentoses**, **ciclo de Calvin** ou **ciclo de Calvin-Benson**, ocorre no estroma dos cloroplastos. Essa etapa foi estudada no final da década de 1940 pelo bioquímico estadunidense Melvin Calvin (1911-1997) e seus colaboradores, principalmente Andrew Benson (1917-2015).

Na etapa química, por meio de uma série de reações químicas, são sintetizados glicídios a partir do gás carbônico e dos hidrogênios (produzidos na etapa fotoquímica). A energia para essa síntese vem do ATP, também produzido na primeira etapa. A conversão do gás carbônico em um composto orgânico (um glicídio) é chamada **fixação do carbono**.

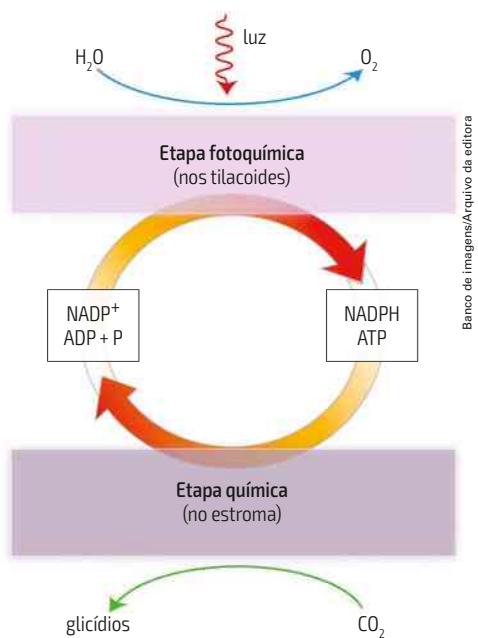


Figura 9.4 Esquema geral das duas etapas da fotossíntese. Elas estão relacionadas, pois os átomos de hidrogênio e a energia (ATP) necessários à etapa química foram originados na etapa fotoquímica.

3 Velocidade da fotossíntese

Em condições normais, é muito difícil que todos os requisitos necessários à fotossíntese estejam presentes nas quantidades ideais; portanto, ela não ocorre com eficiência máxima.

Analisaremos a seguir a variação da velocidade da fotossíntese em relação a três fatores: luz, gás carbônico e temperatura.

Influência da luz

A velocidade da fotossíntese pode ser calculada medindo-se a quantidade de oxigênio liberada. Quanto maior essa quantidade, maior a velocidade do processo. Com esse procedimento, podemos construir um gráfico e chegar a algumas conclusões importantes (figura 9.5).

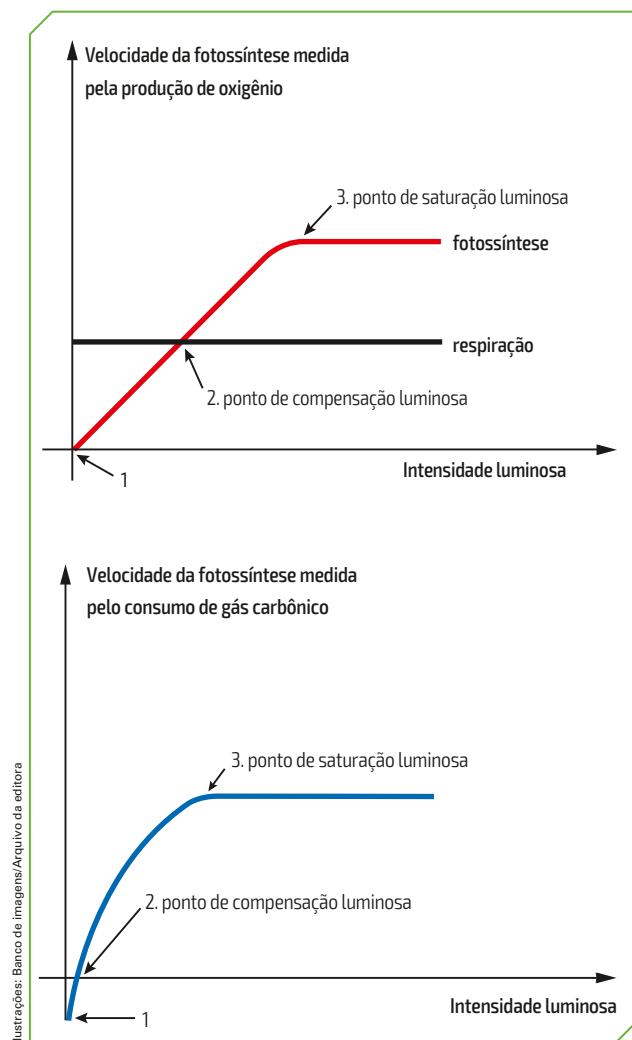


Figura 9.5 Gráficos da velocidade da fotossíntese em função da intensidade luminosa.

Quando está no escuro (ponto 1), a planta não está realizando fotossíntese, mas está respirando; ela consome oxigênio em vez de produzi-lo.

O ponto 2 indica determinado valor de iluminação no qual a quantidade de oxigênio consumida é igual à produzida. Isso significa que a fotossíntese atingiu velocidade igual à da respiração. Nesse momento, chegamos ao **ponto de compensação luminosa** ou **ponto de compensação fótica**. Quando a intensidade de luz é superior à do ponto de compensação, há saldo de oxigênio, que é liberado pela planta.

A produção de oxigênio cresce até determinado valor da intensidade luminosa (ponto 3), a partir do qual não se altera mais, mesmo se a luminosidade aumentar. Chega-se então ao **ponto de saturação luminosa**. Aí, outro fator qualquer, como o gás carbônico, pode não estar em quantidade suficiente para acompanhar o aumento da velocidade e começa a frear o processo. Nesse caso, esse fator limita o processo, sendo chamado fator limitante.

Chegamos, assim, a uma conclusão importante: a planta respira o tempo todo, mas, durante o dia, quando a intensidade da luz é maior que o ponto de compensação, a produção de oxigênio torna-se maior que o consumo; o que sobra é liberado para a atmosfera.

Influência do gás carbônico

A concentração de gás carbônico na atmosfera (cerca de 0,03%) é um fator importante na limitação da velocidade da fotossíntese de uma planta bem iluminada. Aumentando a concentração desse gás, a velocidade aumenta até que a luz ou outros fatores passem a ser limitantes (figura 9.6).

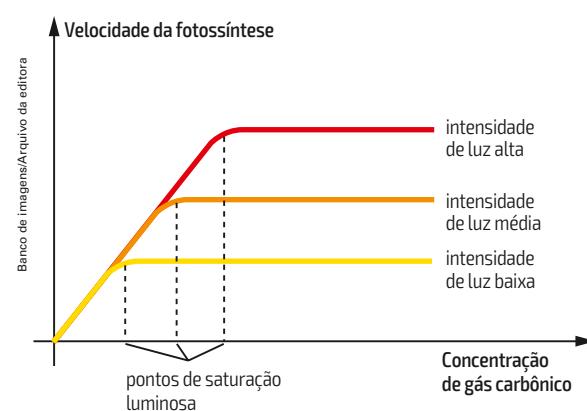


Figura 9.6 Gráfico da velocidade da fotossíntese em função da concentração de gás carbônico em diferentes intensidades luminosas.

Influência da temperatura

O aumento da temperatura acelera as reações químicas da fase escura, mas influencia pouco a fase luminosa, na qual as reações dependem apenas da energia luminosa. Por isso, se a planta estiver pouco iluminada, o aumento da temperatura terá pouco efeito, uma vez que os produtos da fase luminosa estão presentes em pequena quantidade. Se a planta estiver bem iluminada (o que corresponde a uma boa quantidade de ATP, entre outros compostos), o aumento da temperatura provocará aumento significativo na velocidade.

Observe no gráfico da figura 9.7 que o aumento da velocidade da fotossíntese em decorrência da elevação da temperatura só ocorre até determinado ponto. A partir desse ponto, o calor desnatura as enzimas que catalisam as reações com cadeias químicas de carbono. A velocidade começa a diminuir até o processo cessar de todo, o que pode causar a morte da planta.

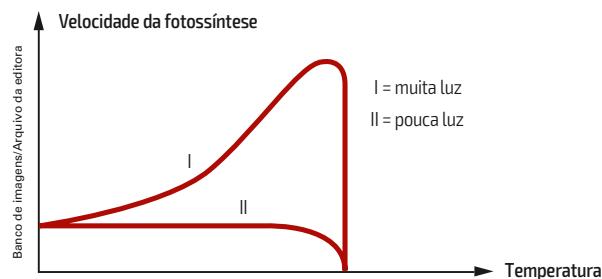


Figura 9.7 Gráfico da velocidade da fotossíntese em função da temperatura.

4

Quimiossíntese

Certas bactérias que vivem no solo são capazes de sintetizar substâncias orgânicas a partir de gás carbônico, água e outras substâncias inorgânicas sem utilizar energia luminosa. Elas provocam a oxidação de substâncias minerais do solo ou da água (amônia, enxofre, sais de ferro, etc.) e aproveitam a energia liberada para sintetizar açúcares. A partir desses açúcares, outras substâncias orgânicas são produzidas. Esse processo é conhecido como **quimiossíntese**.

Comparada à fotossíntese, a quimiossíntese representa uma fração muito pequena do processo de produção de cadeias de carbono. Entretanto, tem importância no ciclo dos compostos nitrogenados. Como veremos no Volume 3 desta coleção, algumas bactérias quimiossintetizantes oxidam a amônia, originada da decomposição da matéria orgânica, em nitrito (um sal mineral); outras bactérias transformam o nitrito em outro sal, o nitrato, que é absorvido pelas raízes das plantas e usado na síntese de proteínas. A energia liberada nesses processos é usada por essas bactérias na síntese de produtos orgânicos. Ao mesmo tempo, elas promovem a reciclagem do nitrogênio dos organismos mortos.

Processos evolutivos



Evolução da fotossíntese

O papel da água na fotossíntese é fornecer átomos de hidrogênio para a transformação do gás carbônico em glicídios. O oxigênio é apenas um subproduto do processo. Outras moléculas com átomos de hidrogênio teriam a mesma função se houvesse um conjunto de enzimas adequadas capazes de utilizar essas moléculas. É o que acontece com as bactérias púrpuras sulfuroosas, que usam gás sulfídrico e não água, liberando, assim, enxofre em vez de oxigênio.

Essas bactérias possuem clorofilas especiais, as bacterioclorofilas, diferentes das clorofilas das plantas, e a maioria é anaeróbia

obrigatória, vivendo no fundo de alguns lagos e estuários.

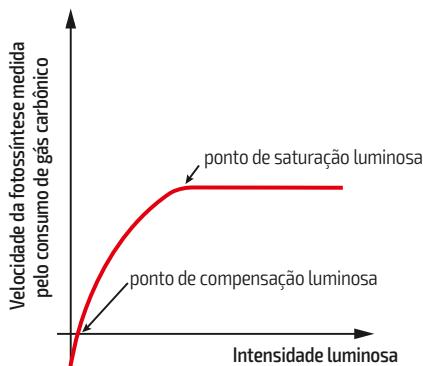
Análises comparativas do DNA indicam que as bactérias que utilizam outras fontes de hidrogênio diferentes da água (sem produção de oxigênio) foram as pioneiras no processo de fotossíntese. Isso teria acontecido há mais de 3 bilhões de anos. Com a evolução, surgiram outras bactérias, como as cianobactérias, que passaram a utilizar a água como fonte de hidrogênio, liberando gás oxigênio para o ambiente e tornando possível o aparecimento de bactérias aeróbias.

Atividades



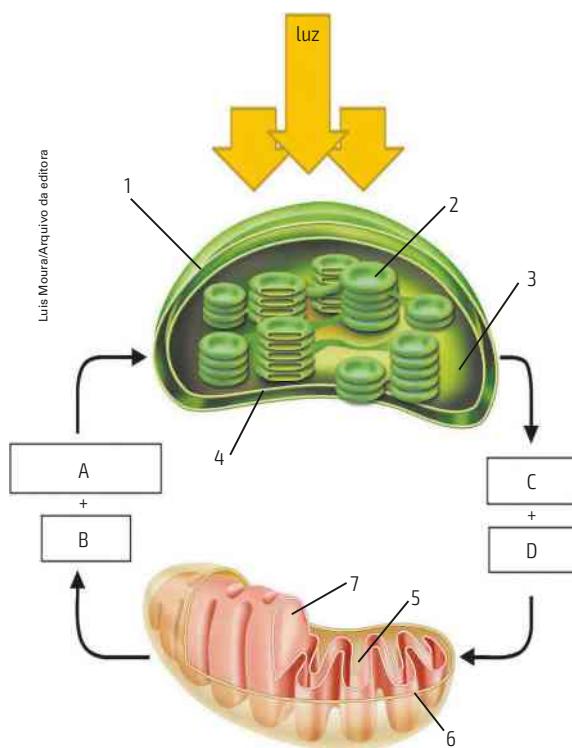
- A energia não pode ser criada nem destruída, mas uma forma de energia pode ser transformada em outra. Nos cloroplastos ocorre uma conversão de energia que não acontece nas mitocôndrias ou em nenhuma outra estrutura da célula eucariota. Escreva uma frase que explique que conversão é essa.
- Observe o gráfico abaixo. O que ocorre no ponto de compensação? O que ocorre com a velocidade da fotossíntese após o ponto de saturação luminosa?

Banco de Imagens/Arquivo da editora



- O esquema abaixo indica dois processos fundamentais para os seres vivos, as organelas que realizam esses processos e as substâncias consumidas e liberadas em cada um desses processos.

Luis Moura/Arquivo da editora



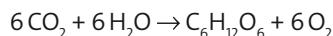
Os elementos da ilustração não estão em escala.
Cores fantasia.

Em seu caderno, responda:

- Quais são esses processos e que organelas são responsáveis por eles nas células eucariotas?
- Identifique a que letra corresponde cada substância envolvida nesse processo, sabendo que a letra **B** indica a substância mais encontrada no corpo dos seres vivos e a letra **C** indica uma substância orgânica.
- Identifique a que parte da organela corresponde cada número da figura.

- (Vunesp-SP) Melanina é um tipo de pigmento proteico produzido pelos melanócitos, células da camada basal da epiderme. Clorofila é a designação de um grupo de pigmentos presentes nos cloroplastos das plantas, conferindo-lhes a cor verde. Mutações nos genes que participam das vias biosintéticas desses pigmentos podem comprometer sua produção, resultando em indivíduos albinos. Um animal albino pode crescer e se reproduzir; uma planta albina, contudo, não pode sobreviver. Explique por que um animal albino é viável, enquanto uma planta albina não.

- (UFRGS-RS) A reação química abaixo está relacionada à origem de vários produtos.



Considere os produtos citados a seguir.

- álcool combustível (etanol)
- petróleo
- papel higiênico
- óleo de soja
- pão

Quais desses produtos têm sua origem relacionada à equação apresentada acima?

- Apenas 1 e 2.
- Apenas 3 e 4.
- Apenas 1, 4 e 5.
- Apenas 2, 3 e 5.
- e) 1, 2, 3, 4 e 5.

- (PUC-SP) Considere as seguintes etapas referentes ao metabolismo energético:

- Consumo de gás carbônico.
- Utilização da água como fonte de hidrogênio.
- Liberação de gás carbônico.
- Liberação de oxigênio.

Pode-se afirmar que:

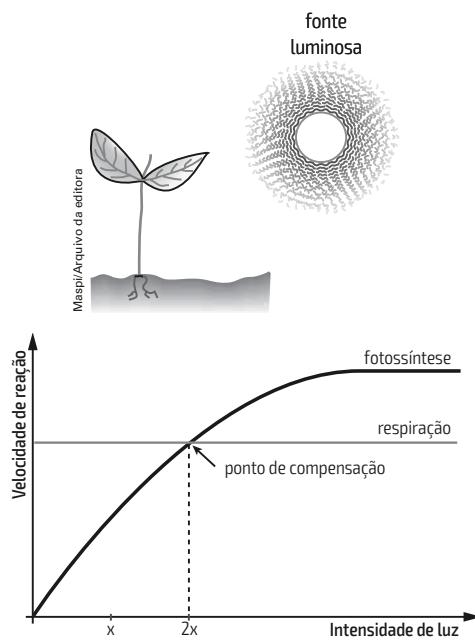
- uma planta realiza I, II, III e IV.
- uma planta realiza apenas I e II.
- uma planta realiza apenas I, II e IV.
- um animal realiza I, II, III e IV.
- um animal realiza apenas III e IV.

- 7.** (PUC-RS) Baseados nos conhecimentos biológicos, pesquisadores brasileiros têm buscado converter água e luz solar em combustível. A estratégia é separar oxigênio e hidrogênio pela quebra da molécula de água, usando a energia luminosa. Para isso, um nanomaterial será usado para absorver a energia luminosa que promoverá essa reação. Oxigênio e hidrogênio gasosos serão, então, armazenados e, quando recombinação, produzirão eletricidade e água. Um processo semelhante é realizado naturalmente nos vegetais durante a fase luminosa da fotossíntese, quando há  para quebrar a molécula de água e liberar  gasoso. Com a luz, há transferência de  para NADP⁺ e, finalmente, é gerado(a) , que atuará como combustível químico.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) ADP – hidrogênio – oxigênio – clorofila
- b) ATP – oxigênio – hidrogênio – ATP
- c) ATP – hidrogênio – oxigênio – ADP
- d) clorofila – oxigênio – hidrogênio – ATP
- e) clorofila – hidrogênio – oxigênio – ADP

- 8.** (UFPB) A figura mostra uma planta, iluminada por uma fonte de intensidade $2x$, e o gráfico que relaciona as velocidades dos processos de fotossíntese e de respiração em função da intensidade luminosa.



Se a intensidade luminosa for reduzida de $2x$ para x , a planta passará a produzir:

- a) mais O₂ que CO₂.
- b) menos O₂ que CO₂.
- c) quantidades iguais de CO₂ e O₂.
- d) apenas CO₂.
- e) apenas O₂.

- 9.** (Fuvest-SP) Em determinada condição de luminosidade (ponto de compensação fótico), uma planta devolve para o ambiente, na forma de gás carbônico, a mesma quantidade de carbono que fixa, na forma de carboidrato, durante a fotossíntese. Se o ponto de compensação fótico é mantido por certo tempo, a planta:

- a) morre rapidamente, pois não consegue o suprimento energético de que necessita.
- b) continua crescendo, pois mantém a capacidade de retirar água e alimento do solo.
- c) continua crescendo, pois mantém a capacidade de armazenar o alimento que sintetiza.
- d) continua viva, mas não cresce, pois consome todo o alimento que produz.
- e) continua viva, mas não cresce, pois perde a capacidade de retirar do solo os nutrientes de que necessita.

- 10.** (Ufal) Vida demanda energia. Sem energia, a organização característica dos seres vivos não consegue se manter. Com relação a esse tema, analise proposições a seguir.

- 1) Na quimiossíntese, a energia utilizada na formação de compostos orgânicos provém da oxidação de substâncias inorgânicas.
- 2) Na fotofosforilação, a energia luminosa do sol, captada pelas moléculas de clorofila, organizadas nas membranas dos tilacoides, é transformada em energia química.
- 3) Na fermentação, há liberação de energia suficiente para a síntese de duas moléculas de ATP.
- 4) Ao final do ciclo do Krebs, os elétrons energizados e os íons H⁺ produzidos são utilizados para constituir ATP, na cadeia respiratória.

Está(ão) correta(s):

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

- 11.** (Enem) Certas espécies de algas são capazes de absorver rapidamente compostos inorgânicos presentes na água, acumulando-os durante seu crescimento. Essa capacidade fez com que se pensasse em usá-las como biofiltros para a limpeza de ambientes aquáticos contaminados, removendo, por exemplo, nitrogênio e fósforo de resíduos orgânicos e metais pesados provenientes de rejeitos industriais lançados nas águas. Na técnica do cultivo integrado, animais e algas crescem de forma associada, promovendo um maior equilíbrio ecológico.

SORIANO, E. M. Filtros vivos para limpar a água. Revista Ciência Hoje. v. 37, n. 219, 2005 (adaptado).

A utilização da técnica do cultivo integrado de animais e algas representa uma proposta favorável a um ecossistema mais equilibrado porque

- a) os animais eliminam metais pesados, que são usados pelas algas para a síntese de biomassa.
- b) os animais fornecem excretas orgânicos nitrogenados, que são transformados em gás carbônico pelas algas.
- c) as algas usam os resíduos nitrogenados liberados pelos animais e eliminam gás carbônico na fotossíntese, usado na respiração aeróbica.
- d) as algas usam os resíduos nitrogenados provenientes do metabolismo dos animais e, durante a síntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.
- e) as algas aproveitam os resíduos do metabolismo dos animais e, durante a quimiossíntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.

12. (FGV-SP) O fícus é uma planta bastante usada em projetos paisagísticos, tem crescimento rápido e pode formar árvores frondosas. Dois vasos de iguais dimensões receberam, cada um deles, uma muda de fícus, de mesmo tamanho e idade. Um dos vasos foi mantido na sala de estar da residência, e o outro colocado na calçada. Ao longo do tempo, ambas as plantas receberam os mesmos cuidados com irrigação e adubação, porém a planta da calçada desenvolveu-se rapidamente, enquanto que a da sala praticamente não cresceu. Pode-se dizer que, provavelmente,

- a) ambas as plantas foram mantidas próximas aos seus pontos de compensação fótica. A planta da calçada permaneceu em um ambiente com maior concentração de gás carbônico, o que promoveu seu maior crescimento.
- b) ambas as plantas foram mantidas acima de seus pontos de compensação fótica. A planta da sala permaneceu em um ambiente com maior concentração de gás carbônico, o que inibiu seu crescimento.
- c) a planta da sala foi mantida abaixo de seu ponto de compensação fótica, enquanto que a da calçada foi mantida em seu ponto de compensação. A concentração de gás carbônico deve ter tido pouca influência na diferença de crescimento dessas plantas.
- d) a planta da sala foi mantida próxima ao seu ponto de compensação fótica, enquanto que a da calçada esteve acima de seu ponto de compensação. A concentração de gás carbônico deve ter tido pouca influência na diferença de crescimento dessas plantas.
- e) a planta da sala foi mantida acima de seu ponto de compensação fótica, enquanto que a da calçada foi mantida abaixo de seu ponto de compensação. A concentração de gás carbônico deve ter tido pouca influência na diferença de crescimento dessas plantas.

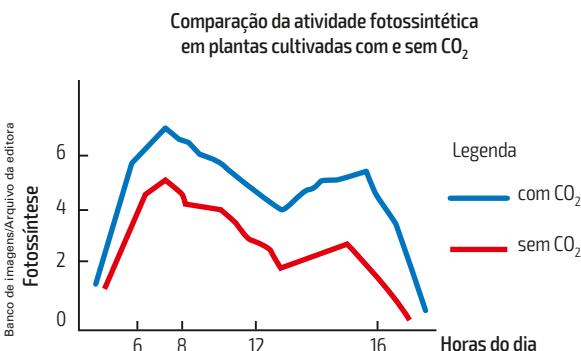
13. (Enem) Um molusco, que vive no litoral oeste dos EUA, pode redefinir tudo o que se sabe sobre a divisão entre animais e vegetais. Isso porque o molusco (*Elysia chlorotica*) é um híbrido de bicho com planta. Cientistas americanos descobriram que o molusco conseguiu incorporar um gene das algas e, por isso, desenvolveu a capacidade de fazer fotossíntese. É o primeiro animal a se “alimentar” apenas de luz e CO₂, como as plantas.

GARATONI, B. *Superinteressante*. Edição 276, mar. 2010 (adaptado).

A capacidade de o molusco fazer fotossíntese deve estar associada ao fato de o gene incorporado permitir que ele passe a sintetizar:

- a) clorofila, que utiliza a energia do carbono para produzir glicose.
- b) citocromo, que utiliza a energia da água para formar oxigênio.
- c) clorofila, que doa elétrons para converter gás carbônico em oxigênio.
- d) citocromo, que doa elétrons da energia luminescente para produzir glicose.
- e) clorofila, que transfere a energia da luz para compostos orgânicos.

14. (UFT-T0) A aplicação de CO₂ no cultivo de vegetais vem sendo utilizada desde o final do século passado. Analise este gráfico, em que estão representados resultados da aplicação e da não aplicação desse método numa determinada plantação:



Considerando as informações desse gráfico e outros conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar que:

- a) a aplicação de CO₂ aumenta a produção de matéria orgânica.
- b) a aplicação de CO₂ retarda o crescimento e o desenvolvimento das plantas.
- c) a atividade fotossintética independe da concentração de CO₂ e da temperatura.
- d) a maior atividade fotossintética ocorre nas horas mais quentes do dia.

15. (Enem) A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que:

- a) o CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.
- b) os carboidratos convertem energia solar em energia química.
- c) a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.
- d) o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.
- e) a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.

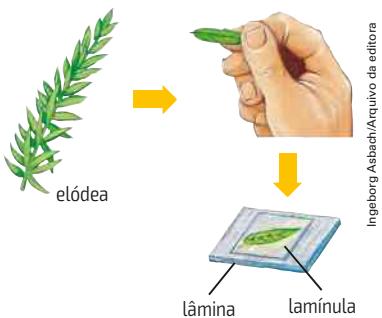
Trabalho em equipe

Neste capítulo vocês conhecaram a importância da luz para a fotossíntese. Com auxílio do professor de Física, pesquisem e expliquem quais são as ondas que compõem o espectro eletromagnético e que aplicações tecnológicas elas possuem.

Atividades práticas

1. Se em sua escola houver microscópio óptico, lâminas de vidro especiais para serem utilizadas com o microscópio e lamínulas (lâminas de pequena espessura), você pode, com a orientação do professor, realizar o experimento a seguir e responder às questões.

Coloque um ramo da planta aquática elódea, encontrada em lojas que vendem aquários e peixes, em uma lâmina de vidro e a cubra com uma ou duas gotas de água e, depois, com a lamínula, como mostra a figura ao lado.



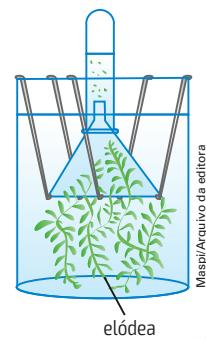
Observe a lâmina ao microscópio. Se estiver um pouco fora de foco, você poderá, com a orientação do professor, ajustar o parafuso micrométrico. Em seu caderno, desenhe o que viu e responda:

- a) Que estruturas responsáveis pela cor verde da planta você pode enxergar?
- b) Por que a elódea não sobreviveria sem essas estruturas?

2. Em um vidro com água dissolva uma colher de café de bicarbonato de sódio para aumentar a quantidade de gás carbônico e diminuir o tempo do experimento. Misture bem e espere cerca de 10 minutos. Ponha ramos de elódea e cubra com um funil, como mostra a figura ao lado. Encha um tubo de ensaio com água e, tapan- do a boca do tubo com o dedo, inverta-o sobre o funil.

Exponha o conjunto ao sol e observe a forma-ção de bolhas. Em seguida, responda em seu caderno:

- a) Que tipo de gás forma es-sas bolhas?
- b) Qual o fenômeno respon-sável pela produção do gás?
- c) O que aconteceria com a produção desse gás se o tubo fosse colocado no escuro? Por quê?





Rapazes gêmeos idênticos. Eles não são apenas parecidos, mas carregam exatamente o mesmo DNA, como veremos neste capítulo.

Embora todos os seres humanos tenham muitas características em comum, é possível observar em uma mesma família pessoas ainda mais semelhantes entre si. Dois irmãos, por exemplo, podem até ser iguais, como acontece no caso dos gêmeos idênticos.

Para entender o que nos faz diferentes de outros seres vivos e, ao mesmo tempo, tão semelhantes a outros seres humanos, é preciso compreender como nosso organismo funciona e interage com o ambiente. O segredo disso está no núcleo das células.



- ◆ O que nos torna semelhantes? O que nos torna diferentes?
- ◆ Como as informações contidas em nosso DNA se expressam?
- ◆ Como se dá a comunicação do núcleo com o restante da célula?
- ◆ Você sabe o que são clones? Podemos encontrá-los na natureza, ou a clonagem é algo criado pelo ser humano?

1 Componentes do núcleo

O núcleo é uma estrutura característica dos eucariontes. Em seu interior encontra-se o material genético responsável pelo controle das atividades da célula e pelas características hereditárias dos organismos.

O núcleo é composto de um **envelope nuclear** ou **carioteca** (do grego *karyon* = núcleo; *théke* = invólucro), que envolve a **cromatina** (material genético), os **nucléolos** e o **nucleoplasma**. Veja a **figura 10.1**.

Nos eucariontes, o material genético resulta da associação das moléculas de DNA com proteínas e forma um conjunto de filamentos separado do citoplasma por um envoltório. O termo cromatina (do grego *khroma* = cor) vem do fato de esses filamentos adquirirem cor visível ao microscópio óptico na presença de corantes de caráter básico (como o azul de metileno) ou de outras técnicas.

O envelope nuclear apresenta membrana dupla com poros através dos quais ocorre a troca de ma-

terial entre o núcleo e o citoplasma. A cromatina está mergulhada em um líquido, o nucleoplasma ou **cariolina**. Esse líquido é constituído por água, sais minerais, proteínas e materiais que participam da síntese de ácidos nucleicos. Há, portanto, uma constante troca de material (nucleotídeos, RNA, proteínas, etc.) entre o núcleo e o citoplasma.

2 Estrutura dos ácidos nucleicos

O nome ácido nucleico indica que as moléculas de DNA e RNA (ácido ribonucleico) são ácidas e foram identificadas, a princípio, no núcleo das células. Hoje sabemos que o DNA é encontrado no núcleo, formando os cromossomos e parte dos nucléolos, e também, em pequena quantidade, na mitocôndria e no cloroplasto. O RNA é encontrado no nucléolo, nos ribossomos, no citosol, nas mitocôndrias e nos cloroplastos.

Luis Moura/Arquivo da editora

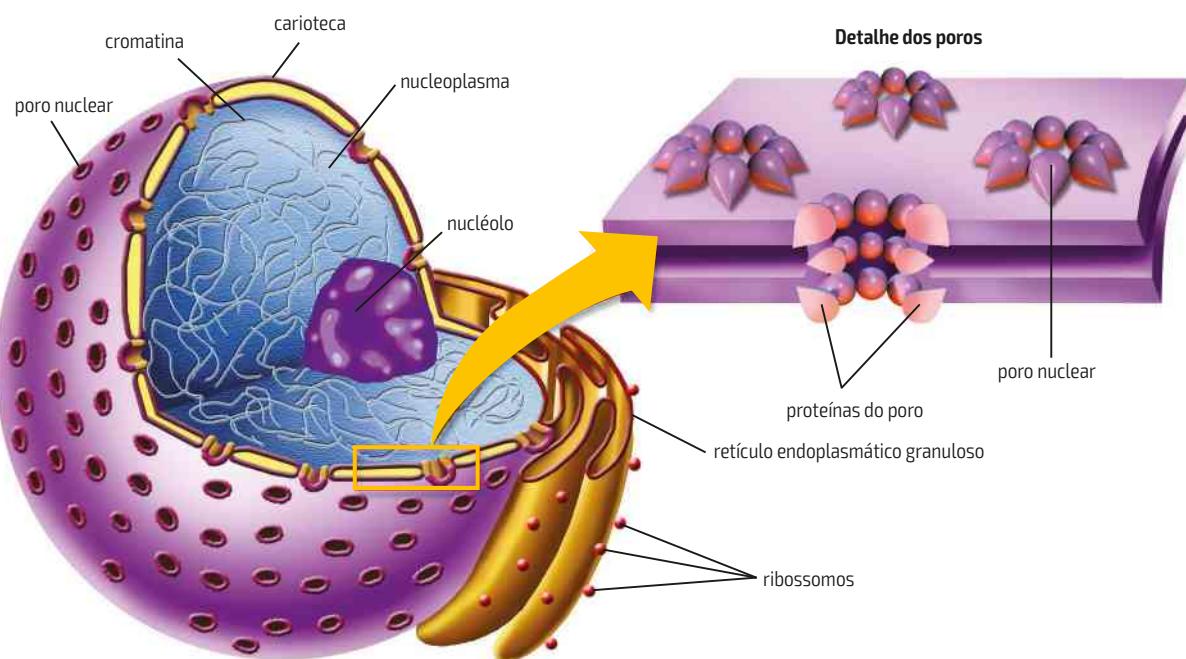


Figura 10.1 Ilustração esquemática do núcleo de uma célula. O núcleo tem cerca de 15 µm (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Tanto o DNA como o RNA são formados pelo encadeamento de grande número de moléculas menores, os **nucleotídeos**, formados por três tipos de substâncias químicas (figura 10.2):

- uma **base nitrogenada** (uma cadeia de carbonos que contém nitrogênio);
- uma **pentose** (um açúcar simples com cinco átomos de carbono);
- um **fosfato** (PO_4^{3-}), íon do ácido fosfórico (pela retirada de três íons hidrogênio).

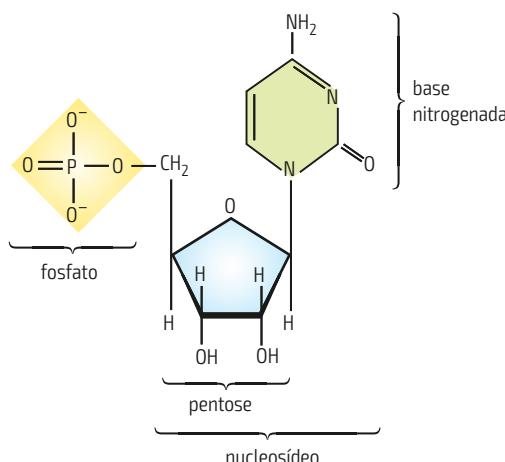


Figura 10.2 Fórmula estrutural de um nucleotídeo.

O fosfato e a base nitrogenada ligam-se ao açúcar para formar um nucleotídio. A união da base nitrogenada com o açúcar forma um **nucleosídio**.

Existem cinco tipos principais de bases nitrogenadas: **adenina**, **guanina**, **citosina**, **timina** e **uracila**. As duas primeiras possuem um duplo anel de átomos

de carbono e derivam de uma substância chamada **purina**, sendo, por isso, denominadas **bases purínicas** ou **púricas**. As outras três derivam de outro composto com apenas um anel de carbono, chamado **pirimidina**, e são denominadas **bases pirimidínicas** ou **pirimídicas**. Na molécula de DNA aparecem quatro tipos de bases: adenina, guanina, citosina e timina. A uracila é encontrada apenas no RNA, e a timina é exclusiva do DNA.

As pentoses são de dois tipos: ribose e **desoxirribose** (figura 10.3). O DNA recebe esse nome por ter apenas desoxirribose na cadeia. O RNA contém apenas ribose.

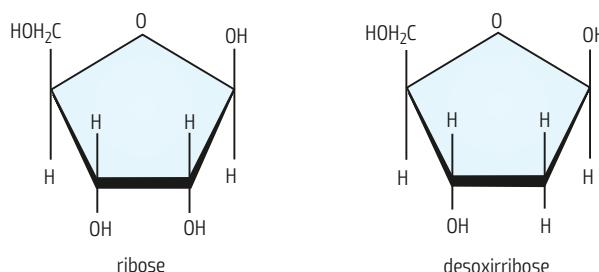


Figura 10.3 Fórmulas das pentoses.

Nos ácidos nucleicos, os nucleotídeos estão sempre unidos entre si, formando longos filamentos, os **polinucleotídos**. A ligação é entre o fosfato de uma unidade e a pentose da unidade vizinha. Desse modo, a longa cadeia apresenta uma sequência de pentoses e fosfatos alternados, com as bases nitrogenadas ligadas às pentoses (figura 10.4). A diferença entre duas moléculas distintas de ácidos nucleicos é a sequência em que as bases nitrogenadas estão arrumadas, como veremos a seguir.

Ilustrações: técnicas de estudo da página: Banco de Imagem/Arquivo da editora

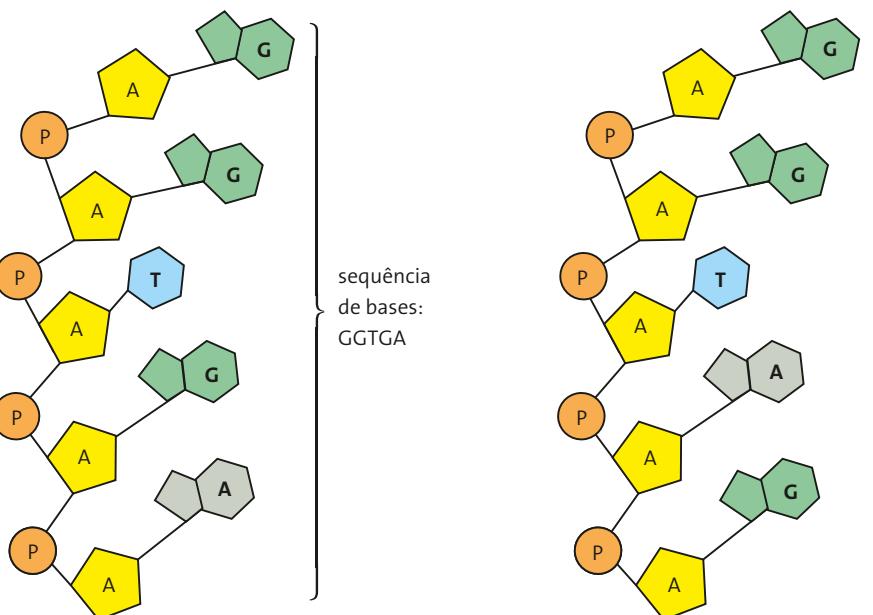


Figura 10.4 Esquemas simplificados de trechos de ácidos nucleicos (cores fantasia). Os círculos representam os fosfatos; os pentágonos representam as pentoses.

Estrutura do DNA

Em 1952, na Inglaterra, os pesquisadores Maurice Wilkins (1916-2004) e Rosalind Franklin (1920-1958) examinavam o DNA com uma técnica conhecida como difração de raios X.

Utilizando essas observações, o inglês Francis Crick (1916-2004) e o estadunidense James Watson (1928-) começaram a construir um modelo para a molécula que explicasse a imagem obtida pelos raios X e também os dados obtidos da Química – como o fato, descoberto em 1952 por Erwin Chargaff (1905-2002) e seus colaboradores da Universidade de Colúmbia, de o número de adeninas ser igual ao de timinas e o de citosinas ser igual ao de guaninas.

O modelo da molécula de DNA elaborado pelos cientistas James Watson e Francis Crick ficou conhecido como **modelo da dupla hélice**. Segundo esse modelo, a molécula de DNA possui duas cadeias ou fitas de polinucleotídeos, ligadas uma à outra pelas bases nitrogenadas. Elas estão torcidas – formando uma hélice dupla – e emparelhadas em sentidos opostos – se em uma extremidade de uma fita há uma pentose, na fita oposta há um fosfato (figura 10.5). Comparando a molécula de DNA com uma escada torcida no espaço, cada lateral da escada seria formada por uma sequência de pentoses alternadas com fosfatos, e cada degrau corresponderia a um par de bases. A ligação entre as bases das duas fitas é feita por **ligações de hidrogênio**.

Observando o modelo da molécula de DNA, notamos que a base timina (T) se liga sempre à base adenina (A) por meio de duas ligações de hidrogênio, e a base citosina (C) liga-se à base guanina (G) por meio de três ligações de hidrogênio (figura 10.5). Como decorrência desse emparelhamento específico, a sequência de bases de uma fita determina a sequência de bases da outra. Portanto, se em uma fita houver a sequência AATCCATGT, na outra a sequência será TTAGGTACA. Assim, as duas fitas não são iguais, mas **complementares**.

De forma simplificada, podemos dizer que a diferença entre dois genes está no número e na sequência de bases de cada um (mas você verá adiante que essa diferença é mais complexa). Essa sequência pode ser comparada a uma frase em código escrito com quatro letras (as quatro bases do DNA: A, T, C, G), que simboliza a informação genética responsável por uma molécula de RNA. Mudando o número e a sequência de bases, alteramos a “frase”. O conjunto de genes de uma célula que influencia o desenvolvimento das características de um ser vivo é chamado **genoma** e varia de um organismo para outro. No ser humano, o genoma corresponde à sequência de nucleotídeos do DNA contido em 22 autossomos e nos dois cromossomos sexuais (X e Y). O conjunto de proteínas expressas pelo genoma é chamado **proteoma**.

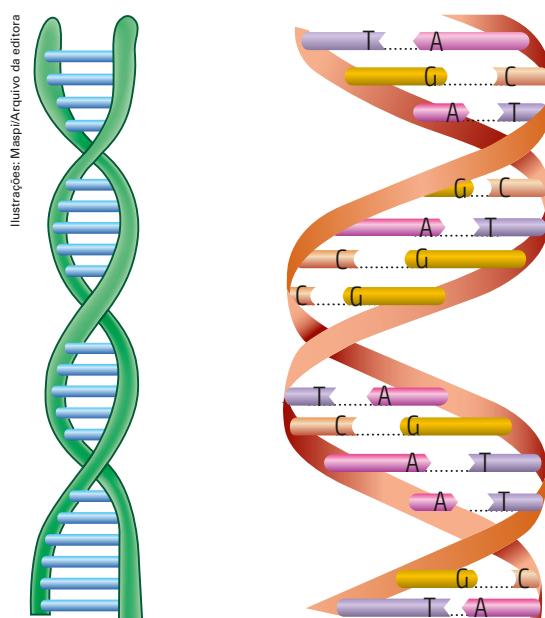
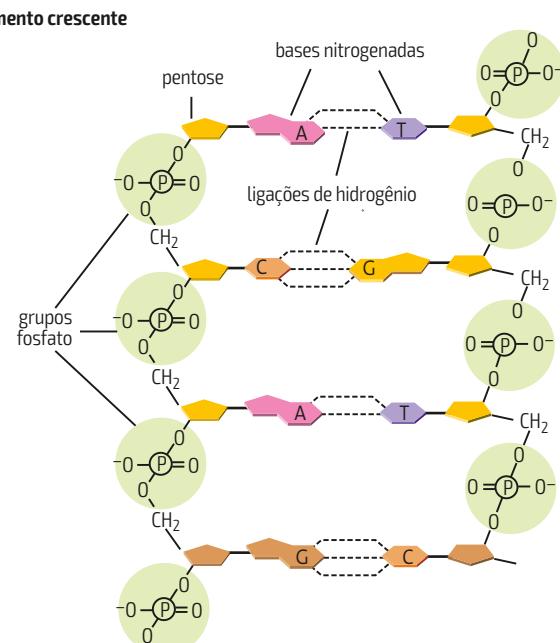


Figura 10.5 Modelos simplificados do DNA (o diâmetro da hélice de DNA é de cerca de 2 nm; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



Pelo seu trabalho, Watson, Crick e Wilkins ganharam o prêmio Nobel de Medicina ou Fisiologia em 1962. Rosalind Franklin não recebeu o prêmio porque o Nobel só é concedido em vida, e ela faleceu em 1958 (**figura 10.6**).



Figura 10.6 Na primeira imagem, a cientista Rosalind Franklin, que também participou ativamente na descrição do modelo da molécula de DNA. Ela morreu de câncer no ovário quatro anos antes de seus colegas receberem o prêmio Nobel pelo modelo de dupla-hélice do DNA, em 1962. No detalhe, a imagem obtida quando os raios X são desviados de cristais de DNA. Na segunda imagem, Watson (à esquerda) e Crick com o modelo de estrutura do DNA.

Duplicação do DNA

A duplicação do DNA é controlada por várias enzimas que promovem o afastamento das fitas, unem os nucleotídos novos (**figura 10.7**) e corrigem erros de duplicação por um mecanismo de verificação de erros.

Antes da duplicação, enzimas desenrolam as duas hélices e quebram as ligações de hidrogênio. Em seguida, proteínas específicas mantêm as duas cadeias afastadas.

Em cada fita exposta, novos nucleotídos dissolvidos no nucleoplasma começam a se encaixar, obedecendo ao emparelhamento A-T e C-G. A união entre os nucleotídos novos é feita com a ajuda das enzimas **DNA polimerases** ou **polimerases do DNA** (o DNA é um polímero de nucleotídos), que também verificam se o nucleotídeo encaixou na base certa, removendo os encaixes errados. Cada fio orienta a formação de outro que lhe é complementar (**figura 10.7**). Portanto, a fita nova fica igual à antiga que ocupava aquela posição e, consequentemente, as duas moléculas resultantes serão exatamente iguais à original.

Como cada molécula-filha de DNA é formada por uma fita antiga, que veio do DNA original, e uma nova, a duplicação é **semiconservativa**.

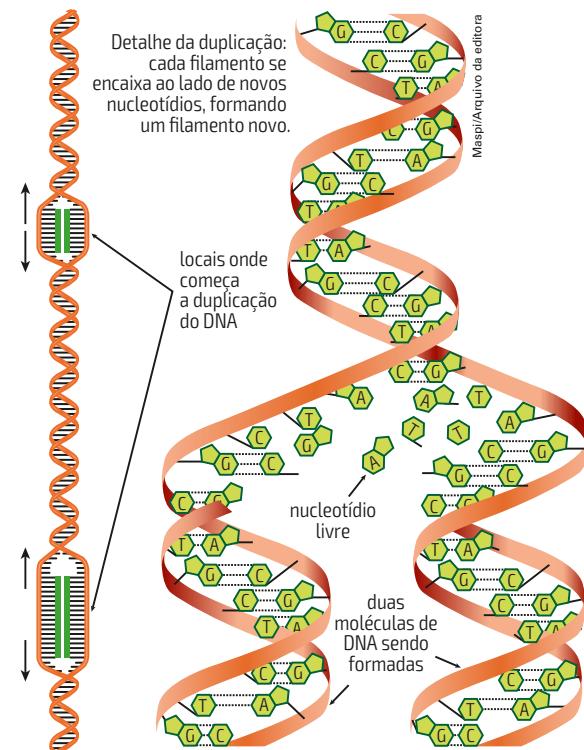


Figura 10.7 Duplicação do DNA (o diâmetro da hélice de DNA é de cerca de 2 nm; esquemas simplificados, com omissão das enzimas que atuam na replicação; cores fantasia).

3 Síntese de proteínas

As características morfológicas e fisiológicas de um ser vivo dependem dos tipos de proteína produzidos em seu organismo. A síntese dessas proteínas depende do DNA em interação com o RNA, enzimas, ribossomos e outras estruturas da célula.

Apesar de terem a mesma coleção de genes, as células de um indivíduo podem ser diferentes porque, em determinado momento, alguns de seus genes estão em atividade comandando a síntese de proteínas, enquanto outros estão inativos. Os genes ativos não são exatamente os mesmos nos diferentes tecidos.

Assim, diferentes células produzem diferentes conjuntos de proteínas. Por exemplo, os melanócitos produzem melanina, pigmento que escurece a pele; certas células do pâncreas produzem o hormônio insulina. Desse modo, surgem diferenças morfológicas e fisiológicas entre as células. Além disso, certas proteínas não são sintetizadas continuamente pelas células.

Estrutura do RNA

Ao contrário da molécula do DNA, a do RNA é formada por um único filamento de polinucleotídios. Nele, a pentose é sempre a ribose, e as bases são adenina, guanina, citosina e uracila. Como vimos, a timina não faz parte do RNA (figura 10.8).

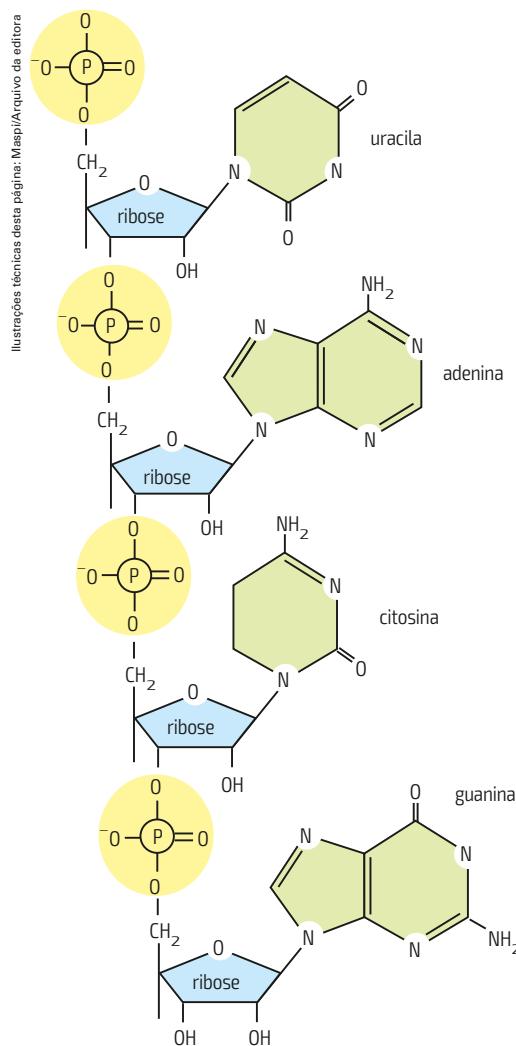


Figura 10.8 Esquema simplificado de um trecho da molécula de RNA.

O RNA é fabricado no núcleo, tendo como modelo um determinado setor da molécula do DNA, e migra para o citoplasma, onde desempenha sua função na síntese de proteínas. Há três tipos principais de RNA:

- **RNA mensageiro ou moldador (RNAm ou mRNA)** – leva o código genético do DNA para o citoplasma, onde, seguindo esse código, determina a sequência de aminoácidos da proteína;
- **RNA transportador ou de transferência (RNAt ou tRNA)** – transporta aminoácidos até o local da síntese da proteína;

● RNA ribossomal ou ribossômico (RNAr ou rRNA)

– participa da estrutura dos ribossomos, nos quais ocorre a síntese de proteínas, e tem ação enzimática.

O controle da síntese de proteínas é feito em duas etapas: a **transcrição** e a **tradução**. Na primeira etapa ocorre a síntese de RNAm pelo DNA, em que há passagem (transcrição) do código do DNA para o do RNA. A tradução consiste na organização dos aminoácidos soltos no citoplasma pelo RNA, formando um polipeptídio, que pode se reunir a outros polipeptídos e formar uma proteína.

Síntese do RNAm

Na transcrição, apenas uma das fitas de determinado trecho do DNA é usada para a síntese do RNAm. Nela atuam as enzimas **RNA polimerases** ou **polimerases do RNA**, que se ligam a uma sequência específica do DNA, chamada **promotor**. Este marca o início da transcrição e define para as enzimas a cadeia que deve ser lida. As enzimas começam a encaixar os ribonucleotídios (figura 10.9). O encaixe obedece à obrigatoriedade de ligação entre as bases, mas onde houver uma adenina no DNA encaixa-se uma uracila. Por exemplo, para a sequência TACGGACTA do DNA, constitui-se a sequência AUGCCUGAU no RNA. A transcrição termina em determinada sequência de bases do DNA (**sequência de término de transcrição**).

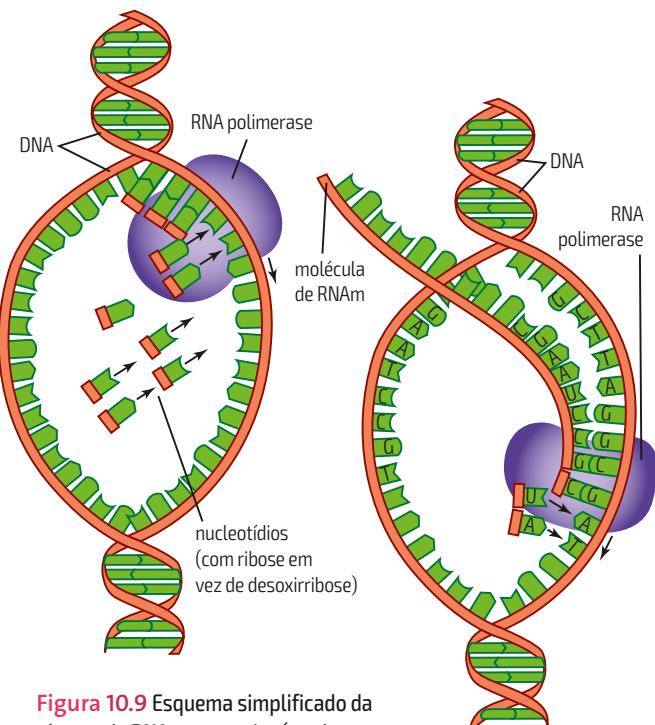


Figura 10.9 Esquema simplificado da síntese de RNA mensageiro (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Processamento do RNA

Nos eucariontes, o RNAm transscrito de um segmento de DNA ainda não está na sua forma definitiva e precisa sofrer várias modificações até se tornar funcional.

Esse pré-RNA possui trechos não funcionais, chamados **ítrons** (do inglês, *intragenic regions*), formados por uma sequência de bases que não codificam proteínas.

No processo denominado **splicing** (do inglês, emenda), os ítrons são “cortados” e retirados antes de o RNA passar para o citoplasma, originando um RNAm funcional. Os trechos funcionais são chamados **éxons** (do inglês, *expressed region*). O corte dos ítrons e a união dos éxons podem ocorrer, em certos casos, de maneiras diferentes – um processo chamado **processamento alternativo do RNA** ou **splicing alternativo**.

Desse modo, um gene pode produzir diferentes tipos de RNAm e, consequentemente, mais de uma proteína diferente. Isso explica por que com apenas cerca de 20 500 genes nosso organismo pode produzir mais de 90 mil proteínas diferentes. Ainda se discute o papel dos ítrons e de outros trechos de DNA que não codificam proteínas (DNA não codificante)

na célula. Alguns podem controlar a atividade dos genes; outros parecem não ter função alguma.

A ideia de que os genes correspondem a trechos de DNA que codificam polipeptídios é, portanto, uma visão simplificada de um processo mais complexo. Além disso, a síntese de uma proteína específica não depende apenas da sequência de bases de determinado segmento do DNA, mas de uma interação entre vários genes com moléculas do ambiente – tanto do ambiente externo quanto do interno do organismo. Por isso é muito difícil definir com precisão o que é um gene.

Do RNA à proteína

Na tradução, a informação contida na sequência de bases no RNA mensageiro passa para uma sequência de aminoácidos. Cada grupo de três bases consecutivas no RNAm recebe o nome de **códon** (do grego *khodon* = código) e corresponde a um aminoácido (**figura 10.10**). Essa correspondência entre códons e aminoácidos é o que chamamos **código genético**. Desse modo, o código genético contido no DNA é expresso na forma de polipeptídios ou proteínas que afetam determinada característica.

Primeira base	Segunda base				Terceira base
	U	C	A	G	
U	fenilalanina	serina	tirosina	cisteína	U
	fenilalanina	serina	tirosina	cisteína	C
	leucina	serina	fim	fim	A
	leucina	serina	fim	triptofano	G
C	leucina	prolina	histidina	arginina	U
	leucina	prolina	histidina	arginina	C
	leucina	prolina	glutamina	arginina	A
	leucina	prolina	glutamina	arginina	G
A	isoleucina	treonina	asparagina	serina	U
	isoleucina	treonina	asparagina	serina	C
	isoleucina	treonina	lisina	arginina	A
	métionina	treonina	lisina	arginina	G
G	valina	alanina	ácido aspártico	glicina	U
	valina	alanina	ácido aspártico	glicina	C
	valina	alanina	ácido glutâmico	glicina	A
	valina	alanina	ácido glutâmico	glicina	G

Figura 10.10 O código genético: os trios de bases do RNAm (códons), responsáveis pelos aminoácidos das proteínas. Cada combinação de três bases codifica um aminoácido. Por exemplo: U (primeira base), C (segunda base) e U (terceira base) compõem o aminoácido serina; UAC = tirosina; AAC = asparagina; etc.

Os códons UAG, UAA e UGA não especificam nenhum aminoácido; eles indicam o fim de uma cadeia. Já o códon AUG tem duas funções: codificar o aminoácido metionina e determinar o início da síntese de um novo polipeptídio.

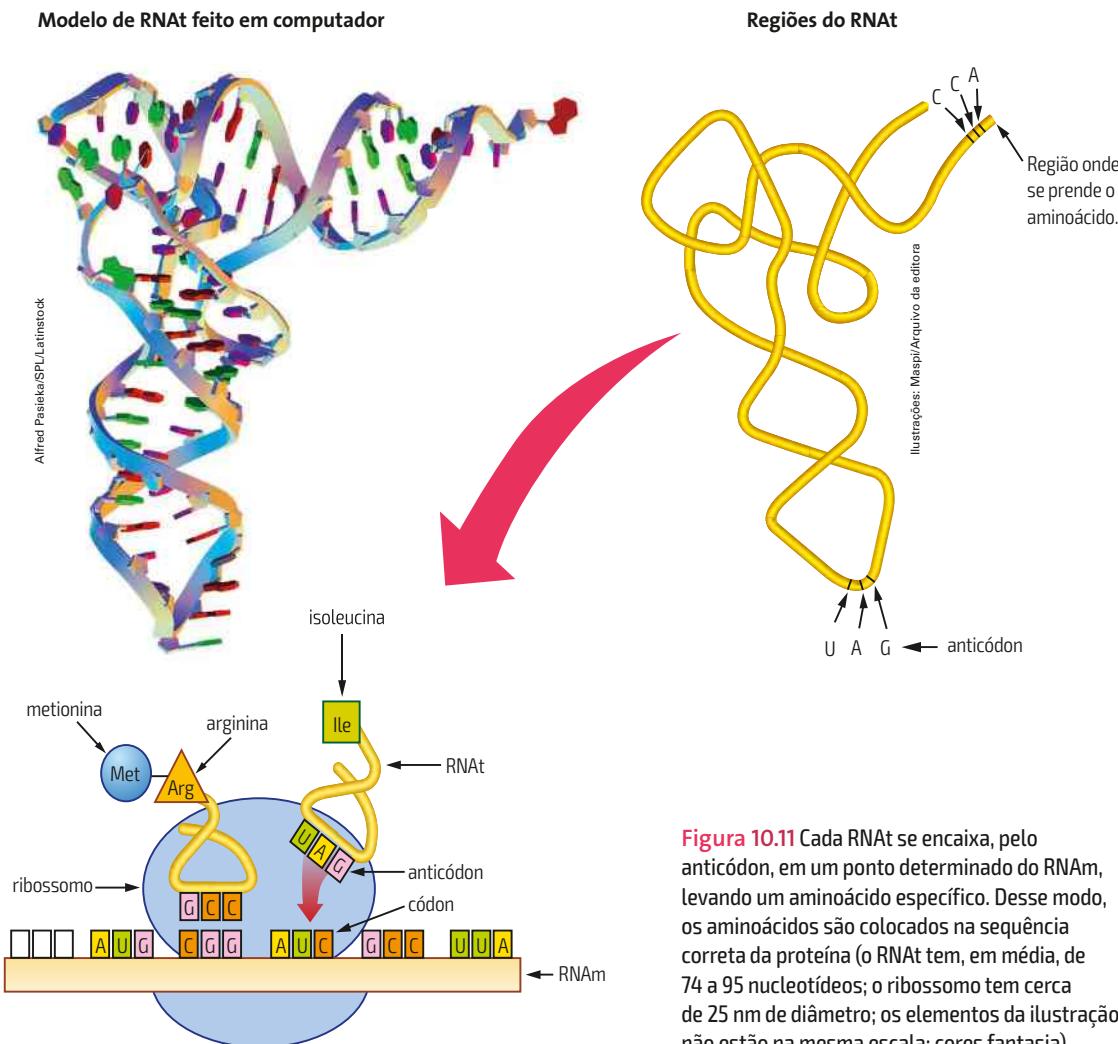
Analizando a tabela de códons, pode-se perceber que o código genético é “degenerado” ou “redundante”, ou seja, há mais de um códon com o mesmo “significado”. A alanina, por exemplo, pode ser escolhida por qualquer um dos seguintes códons: GCU, GCC, GCA e GCG. Assim, há 61 códons que especificam vinte aminoácidos e três que especificam o fim de uma cadeia polipeptídica. Mas, apesar de ser redundante, não é “ambíguo”, isto é, o mesmo códon não codifica dois aminoácidos diferentes.

O código genético é o mesmo para praticamente todos os seres vivos. Essa característica quase universal do código genético indica uma origem evolutiva comum.

Os códons só realizam o trabalho de identificação dos aminoácidos com o auxílio do RNAt, que é capaz de se ligar a unidades de aminoácidos dissolvidos no citoplasma e transportá-las até o RNAm. O RNAt é formado por um filamento com, em média, 74 a 95 nucleotídis e está dobrado no espaço. Ele apresenta algumas regiões com bases emparelhadas e outras com bases livres, onde se formam curvas ([figura 10.11](#)).

Em uma das extremidades do RNAt, aparecem as bases CCA. Em uma das curvas do filamento, há um trio de bases que varia de um transportador para outro; esse trio é chamado **anticódon**, e por meio dele o RNAt se encaixa nos códons do RNAm.

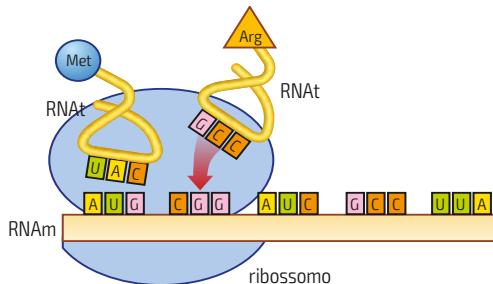
A ligação entre o transportador e o aminoácido é específica e mediada por uma enzima com formato específico que garante essa exclusividade. Se o RNAt tem o anticódon CGA, ele vai se ligar exclusivamente ao aminoácido alanina.



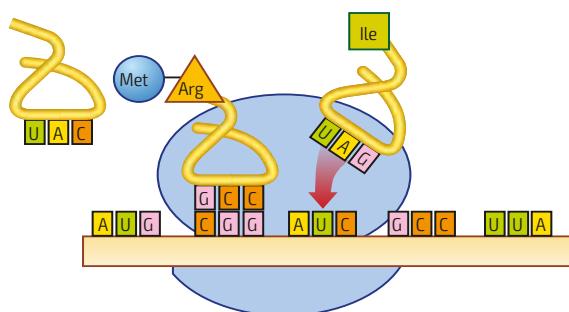
A tradução da sequência de bases de RNAm para a proteína é feita nos ribossomos. Os RNAt com os respectivos aminoácidos se encaixam nos códons correspondentes do RNAm (figura 10.12). À medida que um grupo de ribossomos (**poliribossomo** ou **polissomo**) desliza pelo RNAm, os aminoácidos se unem e formam uma molécula de proteína ou uma cadeia polipeptídica. Enquanto isso, os transportadores se soltam e ficam livres para o transporte de outros aminoácidos.

A síntese termina quando entra em posição no ribossomo um dos três códons (UAA, UAG ou UGA),

1. A síntese começa na região do RNAm com o códon AUG, onde chegam o ribossomo e os RNAt.



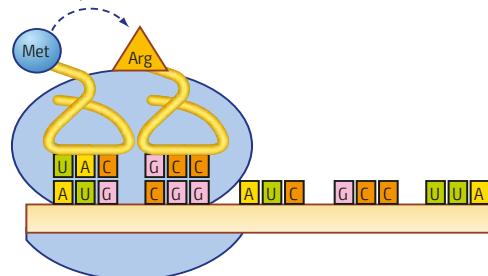
3. O RNAt livre sai do ribossomo, que desliza pelo RNAm, colocando o terceiro códon na posição de receber o RNAt.



que, em vez de se ligar a um anticôdon, se encaixa em uma proteína especial que libera o filamento polipeptídico (figura 10.12).

A tradução envolve mecanismos para ativar aminoácidos, indicar os pontos de começo e fim da síntese, remover a metionina (que indica o início da síntese), caso ela não venha a constituir a proteína a ser formada. Parte desses mecanismos é controlada por enzimas, e outra parte, pelo RNAr, que funciona também como uma enzima. Moléculas de RNA com atividade enzimática são chamadas **ribozimas**.

2. A metionina une-se à arginina por uma ligação peptídica e se solta do RNAt, onde estava presa.



Ilustrações: Masp/Arquivo da editora

4. As subunidades do ribossomo se separam, soltando um polipeptídio e o RNAm.

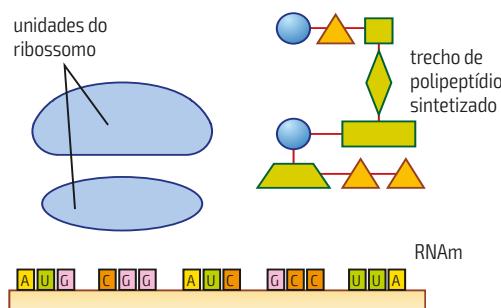


Figura 10.12 Esquema simplificado da tradução do RNAm (cores fantasia).

Biologia e tecnologia



Os antibióticos e a síntese de proteínas de bactérias

Vários antibióticos inibem a síntese de proteínas de bactérias. A tetraciclina, por exemplo, impede a ligação do RNAt aos ribossomos. Nos eucariontes, esses antibióticos não se ligam às proteínas dos ribossomos, que são diferentes dos ribossomos dos procariôntes; por isso, podemos usá-los no combate às infecções. Veja na figura 10.13 a ação de alguns antibióticos sobre o metabolismo das bactérias.

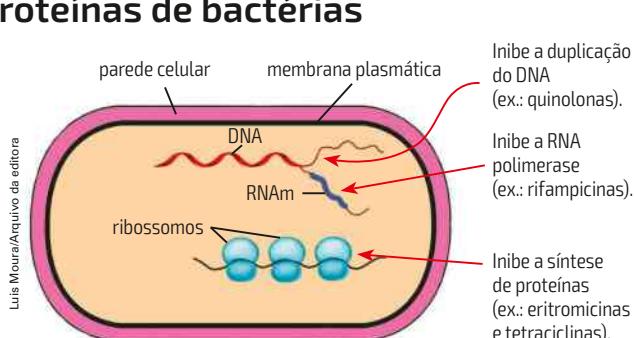


Figura 10.13 Ação de alguns antibióticos sobre as bactérias (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

4 Mutações

Ao longo da vida, o DNA é exposto a diversos fatores externos que podem danificar sua molécula e modificar a mensagem genética inicial. Durante a duplicação, cada novo nucleotídio que entra na cadeia é conferido pela DNA polimerase. Ela examina a molécula e pode detectar emparelhamentos errados, como A-C em vez de A-T. O nucleotídio errado é retirado e a DNA polimerase acrescenta o nucleotídio correto.

A falha do mecanismo de verificação de erros acarreta uma modificação no código genético inicial. O gene modificado poderá alterar alguma função da célula e provocar até mesmo uma doença.

A mutação caracteriza-se quando uma alteração na sequência de bases nitrogenadas de um segmento do DNA não é corrigida. A chance de ocorrerem mutações aumenta quando a célula é exposta aos chamados **fatores mutagênicos**, entre os quais estão as radiações produzidas por materiais radioativos na superfície terrestre, os raios vindos do Sol (figura 10.14) e das estrelas, os raios X, os raios ultravioleta e diversas substâncias químicas, como as encontradas na fumaça do cigarro ou até mesmo em algumas plantas e fungos.

Esses fatores podem quebrar a molécula de DNA, acrescentando ou retirando nucleotídios, ou alterar o pareamento normal das bases. Certas substâncias

químicas ambientais, com estrutura molecular semelhante à das bases do DNA, podem ser incorporadas a ele durante a duplicação, aumentando a chance de ocorrerem pareamentos impróprios. Outras substâncias podem se ligar às bases, causando também pareamentos errados.

A alteração de uma única base pode fazer surgir uma nova característica no organismo. Pode também lhe causar sérias consequências.

Quando a mutação corresponde à troca de uma única base, pode ocorrer a formação de um novo códon responsável pelo mesmo aminoácido. Por exemplo, o ácido glutâmico pode ser codificado tanto por GAA como por GAG. Se a mutação trocar a terceira base original A por uma nova base G, não haverá modificação nos aminoácidos da proteína. Essas mutações “silenciosas” não afetam o organismo e, por isso, muitos cientistas acham que o código degenerado (mais de um códon para o mesmo aminoácido) teria a vantagem de proteger o organismo contra um excesso de defeitos provocados por mutações.

Uma mutação pode apenas adicionar ou retirar uma base da sequência. O efeito de uma mutação desse tipo é muito mais grave, pois as bases estão arrumadas continuamente, sem interrupções, e, se for acrescentada ou retirada uma delas, a sequência de códons ficará completamente alterada a partir desse ponto. A proteína será, então, totalmente diferente e incapaz de realizar a sua função. A retirada ou a entrada de um códon inteiro (três nucleotídios) pode ser menos grave, pois altera apenas um aminoácido na sequência.

A maioria das mutações é neutra e origina proteínas que não alteram o funcionamento do organismo. Há mutações prejudiciais, pois alteram ao acaso um sistema vivo altamente organizado, que se formou após milhões de anos de evolução; outras, contudo, podem torná-lo mais adaptado ao ambiente em que vive. Estas últimas podem, por seleção natural, aumentar de número ao longo das gerações, provocando a evolução das espécies, como estudaremos com mais detalhes no Volume 3 desta coleção.

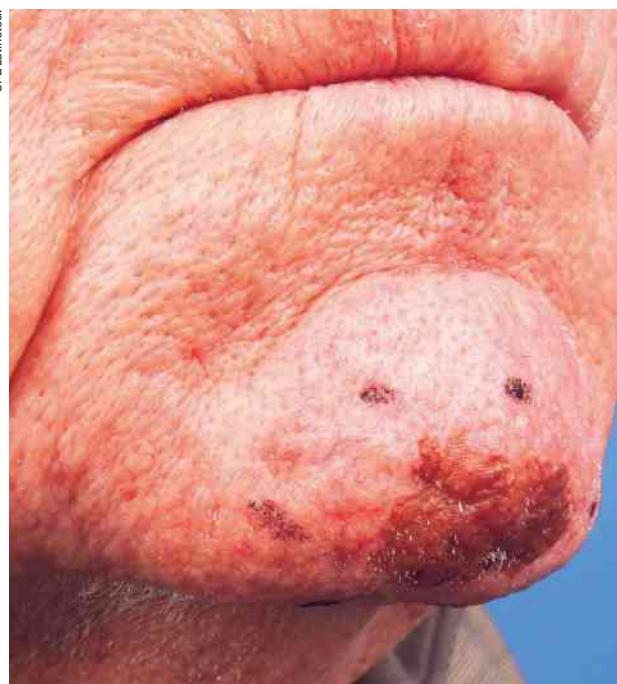


Figura 10.14 O câncer de pele está frequentemente relacionado à exposição aos raios solares, que podem afetar as moléculas de DNA. Na foto, câncer de pele conhecido como lentigo maligno-melanoma, que pode surgir em regiões da pele que ficam expostas ao sol por muito tempo.



Acidente com radiação em Goiânia

Há cerca de trinta anos a cidade de Goiânia (GO) foi atingida por um dos maiores acidentes radiológicos do mundo. A tragédia envolveu o césio-137, material radioativo usado em tratamentos contra o câncer.

A radioterapia é um método que destrói células por meio de radiação. O objetivo é matar as células tumorais causando o menor dano possível às células normais. As doses de radiação devem ser bastante controladas, já que têm um alto poder de destruição das cadeias de DNA.

Em 1987, dois catadores de resíduos entraram em uma clínica de radioterapia desativada e encontraram um aparelho de radioterapia abandonado. Como o equipamento continha aço e chumbo, os dois trabalhadores queriam vender suas peças. Já em um ferro-velho, a máquina foi desmontada e o dono do estabelecimento encontrou dentro dela uma cápsula cheia de um pó branco que, no escuro, adquiria um curioso brilho azul. Era o cloreto de césio (CsCl). Maravilhado com a beleza do material, o dono do ferro-velho chamou amigos e vizinhos para verem o que ele tinha encontrado.

Na natureza há césio com massa atômica 133, com 78 nêutrons e 55 prótons em seu núcleo. Além deste, são conhecidos outros 34 isótopos, todos instáveis ou radioativos, que sofrem desintegrações nucleares por emissão de partículas e de energia.

O material radioativo chamava a atenção das pessoas pelo seu



Karen Kasmauskis/Science Faction/Corbis/Latinstock

brilho e por isso muitos tiveram contato direto com o CsCl . O grau de contato definiu a gravidade da contaminação: alguns tiveram contaminação interna porque manipularam alimentos com as mãos que pegaram o CsCl e acabaram ingerindo o material.

No total, foram monitoradas 112 800 pessoas, das quais 249 apresentaram significativa contaminação interna e/ou externa. Catorze pessoas em estado grave foram hospitalizadas e quatro delas morreram. Oito pessoas desenvolveram a Síndrome Aguda da Radiação (SAR), catorze apresentaram falência da medula óssea e uma sofreu amputação do antebraço. Quase trinta pessoas desenvolveram a Síndrome Cutânea da Radiação (figura 10.15).

Passadas mais de duas décadas, os resíduos já perderam metade da radiação. No entanto, o risco completo só deve desaparecer em pelo menos 275 anos.

O descaso de autoridades e a falta de fiscalização tiveram forte impacto sobre a amplitude do acidente em Goiânia. Além disso, a falta de conhecimento da população sobre materiais perigosos e as más condições econômicas de parte das pessoas contribuíram também para que o acidente tornasse proporções muito significativas.

Fontes de pesquisa: <www.saude.gov.br/index.php?idMateria=85873>; <www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/quimica/0018.html>; <www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=100>. Acesso em: 20 set. 2015.

Figura 10.15 Lesão grave na pele causada por contato com material radioativo.

5

Clonagem

Clones naturais são muito comuns em seres unicelulares. Todas as bactérias que se originam por reprodução assexuada de uma única bactéria original são geneticamente iguais entre si, isto é, são **clones** (desde que não tenha havido mutação). Irmãos gêmeos idênticos também são clones porque se originaram de uma única célula.

A clonagem natural ocorre também entre muitas plantas, como a grama dos jardins ou o morangueiro,

cujos ramos rentes ao solo formam raízes e originam novas plantas. O ser humano produz clones cortando e cultivando pedaços de plantas (mudas), que formam outras idênticas a elas. Algumas plantas, como a bananeira, só se reproduzem assim. O próprio termo “clone” vem do grego *klón*, que significa ‘broto’, ‘estaca’ (as estacas cortadas dos ramos e plantadas no solo). Mas os clones que vêm despertando a atenção nos últimos tempos são os de animais, principalmente de mamíferos, produzidos pelos seres humanos.

Em 1996, nasceu aquele que pode ser considerado o clone mais famoso do mundo: a ovelha Dolly, o primeiro mamífero clonado a partir de uma célula adulta (figura 10.16).



Figura 10.16 Ilustração do processo de clonagem da ovelha Dolly (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia).

Anteriormente, já haviam sido produzidos clones de sapos e de mamíferos a partir de células embrionárias. No entanto, a maioria das células de um indivíduo adulto, ao contrário das embrionárias, é especializada e não se divide. O que pesquisadores escoceses fizeram foi unir uma célula da glândula mamária de uma ovelha de “cara branca” (da raça Finn Dorsett) com um óvulo (na realidade, como veremos no Capítulo 12, trata-se de uma célula denominada **ovócito II**) – do qual foi retirado o núcleo – de uma ovelha de “cara preta” (da raça Scottish Blackface). A célula resultante foi tratada (para “desprogramar” o núcleo de uma célula especializada, de modo que pudesse entrar em divisão) e implantada no útero de outra ovelha de “cara preta”. Nasceu, então, Dolly, ovelha de “cara branca”, clone daquela que forneceu a célula da glândula mamária. Pelo cruzamento com um macho de sua espécie, Dolly teve um filhote, Bonnie.

Essa técnica é chamada **clonagem por transferência nuclear**, uma vez que o núcleo de uma célula (no caso de Dolly, uma célula da glândula mamária) foi transferido para outra célula (no caso, um ovócito II) da qual foi retirado o núcleo. Nesse caso, fala-se também em **clonagem reprodutiva**, pois o processo dá origem a um clone de um indivíduo já existente.

Aplicações da clonagem

Com a clonagem é possível gerar um rebanho inteiro a partir de um único animal que tenha alguma característica de interesse econômico (um boi com carne de melhor qualidade, por exemplo) ou animais para pesquisas científicas (com algum problema genético que se queira estudar, etc.). No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) produziu vários clones bovinos (figura 10.17).



Figura 10.17 A vaca Vitória, quando bezerra, primeiro clone bovino da América Latina, nascida em 2001, em Brasília.

Também pode ser possível produzir animais resistentes a doenças, como a febre aftosa e o mal da vaca louca. Ou mesmo clonar animais em risco de extinção, com o animal se desenvolvendo no útero de outra espécie, por exemplo. E talvez até animais recém-extintos possam ser clonados desse modo, desde que se consiga material genético em bom estado. Como o núcleo da célula deteriora-se rapidamente após a morte, uma opção seria o congelamento de células de animais em risco de extinção. O problema é que, mesmo que a experiência funcione, pode ser difícil salvar a espécie porque não existirá nenhuma diversidade genética, o que dificulta a sobrevivência do grupo, como veremos adiante.

Outra aplicação é a produção de cópias de animais transgênicos, isto é, geneticamente modificados, portadores de genes de outros organismos. Esses animais podem ser usados para produzir proteínas importantes para o ser humano. Há ainda a possibilidade de realizarem transplantes de órgãos de animais geneticamente modificados (xenotransplantes), de modo que seus órgãos sejam compatíveis com os dos humanos, o que diminuiria o problema da falta de doadores de órgãos.

Problemas com a clonagem

Primeiro, é preciso diferenciar clonagem reprodutiva – criação de cópias genéticas de um ser – de clonagem terapêutica – desenvolvimento de órgãos para transplante e tratamento de doenças.

Na **clonagem terapêutica**, são utilizadas células-tronco, ou seja, células não especializadas, com capacidade de se dividir e originar outros tecidos (vamos estudar essas células no Capítulo 13). Elas podem ser retiradas de embriões, com poucos dias de desenvolvimento e com cerca de apenas cem células, descartados por clínicas de fertilização, por exemplo. Também são encontradas em alguns tecidos do or-

ganismo adulto, como a medula óssea, mas em princípio não apresentam o mesmo potencial de originar tecidos como as embrionárias.

Nesse tipo de clonagem, ainda em fase de pesquisa, não são formados novos indivíduos. O objetivo de tal técnica é produzir tecidos e órgãos para transplante.

A formação de órgãos a partir dessas células para transplante poderia resolver o problema da doação. As células-tronco utilizadas têm de ser imunologicamente compatíveis com o paciente para evitar a rejeição. Isso pode ser feito selecionando, entre as várias linhagens de células-tronco, as que são compatíveis, ou transferindo o núcleo de uma célula adulta do paciente para um óvulo do qual foi removido o núcleo. Então, do embrião com cerca de 5 dias seriam retiradas as células-tronco.

Também estão sendo realizados estudos para o tratamento de diabetes, câncer, mal de Parkinson, doença de Alzheimer, etc. O objetivo é transplantar células-tronco para se reproduzirem e regenerarem as áreas afetadas.

Nem todos os países aceitam a clonagem de embriões humanos para fins terapêuticos, e a maioria condena a clonagem com fins reprodutivos. Mas, mesmo na terapêutica, há problemas éticos. Embora algumas pessoas achem que os embriões utilizados sejam apenas um aglomerado de células, outras pensam que eles devem ser considerados seres humanos, com direitos como todos nós. Para essas pessoas, ainda que as células-tronco embrionárias estivessem sendo utilizadas para salvar vidas, estariam sendo sacrificadas outras vidas para isso.

Em toda essa discussão, é importante lembrar-se de que as aplicações das descobertas científicas precisam ser discutidas por toda a sociedade e, para isso, todos devem estar bem informados sobre essas aplicações, para que possam tomar decisões sobre seu uso.

Biologia e ética



A Bioética

A Bioética é uma área da Ética, que, por sua vez, é uma área da Filosofia. Ela discute as implicações morais (o que é certo e o que é errado) das pesquisas biológicas e de suas aplicações na Medicina, na Biotecnologia e em outras áreas. A bioética busca estabelecer normas que devem ser seguidas por todos.

Não podemos nos esquecer de que o cientista, como todos nós, precisa ter compromissos sociais e éticos e respeitar valores e direitos humanos. Além disso, para resolver muitos dos problemas atuais, não bastam pesquisas científicas: é necessário investir mais em educação, saneamento básico e serviços de saúde.

Atividades

 ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

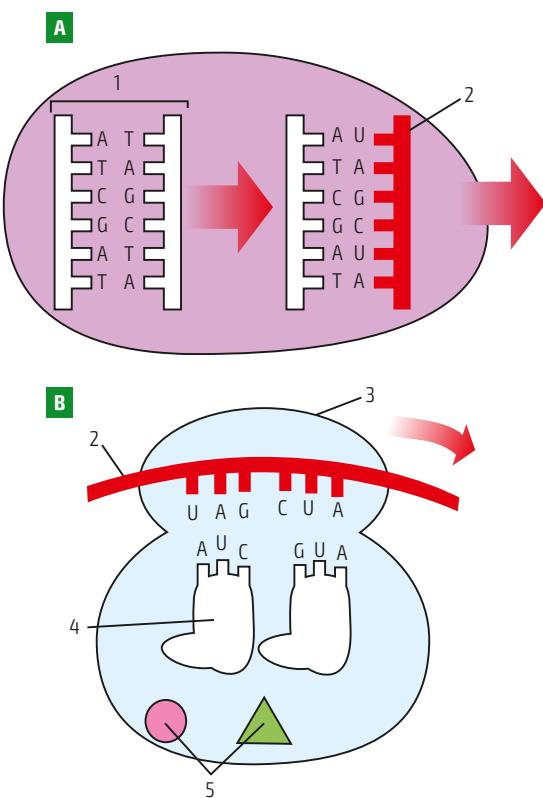
1. A molécula de DNA é frequentemente comparada a uma escada. Que moléculas químicas fazem parte dos “degraus” e das laterais (onde se prendem os “degraus”) dessa “escada”?



Representação artística de molécula de DNA.

2. No esquema abaixo, as letras **A** e **B** indicam duas etapas do metabolismo dos ácidos nucleicos, e os números indicam substâncias e estruturas que participam dessa etapa.

Ilustrações: Banco de Imagem/Arquivo da editora



Os elementos da figura não estão na mesma escala. Cores fantasia.

- a) O que está ocorrendo nas etapas **A** e **B**? Em que parte da célula elas ocorrem?
b) Que estruturas estão indicadas pelos números?

3. As proteínas são responsáveis por muitas características dos seres vivos. Explique por que, por mais carne bovina que uma pessoa coma, ela não vai adquirir características do boi por causa disso.

4. Por que a sequência de bases de uma fita determina, obrigatoriamente, a sequência de outra?

5. Imagine um RNA mensageiro formado por apenas seis nucleotídis unidos entre si. Responda:
a) Quantas moléculas diferentes desse ácido nuclíaco podem existir?
b) Que fórmula matemática você usou para calcular esse número?

6. Transcreva a mensagem TAGGTACCT do código do DNA para o código do RNA. Com o auxílio da tabela de códons (página 125), indique que aminoácidos serão encadeados por esse trecho de DNA.

7. A ocitocina é um hormônio formado por nove aminoácidos unidos na seguinte sequência: cisteína – tirosina – isoleucina – glutamina – asparagina – cisteína – prolina – leucina – glicina. Consultando a tabela de códons da página 125, monte uma sequência possível de bases da cadeia do DNA responsável pela síntese desse hormônio. Responda também: pode ser montada mais de uma sequência? Por quê?

8. Um professor perguntou a um estudante: “Como se explica o fato de uma célula adiposa de uma pessoa ser tão diferente de uma célula nervosa da mesma pessoa?”. O estudante rapidamente respondeu que isso se deve ao fato de, em cada tipo de célula, existir uma coleção diferente de genes. Você concorda com essa resposta? Por quê?

9. Um dos animais mais famosos de todos os tempos é a ovelha Dolly, que foi obtida em um processo conhecido como clonagem reprodutiva, no qual é realizada a fusão de duas células. Um estudante quis saber se essa ovelha tinha pai. Responda ao estudante, explicando, com suas próprias palavras, como a ovelha Dolly foi gerada.

10. (Uerj) Considere uma molécula de DNA sem qualquer mutação e que apresente 16% de bases nitrogenadas de citosina.

Determine os percentuais de guanina e de timina encontrados nessa molécula, justificando suas respostas.

11. (PUC-RS) Adenina, guanina e citosina são bases presentes tanto na estrutura de DNA como na de RNA. Qual das moléculas abaixo também está presente em ambas?

- a) Uracil.
- b) Timina.
- c) Ribose.
- d) Fosfato.
- e) Desoxirribose.

12. (Uece) A molécula de DNA armazena informação genômica que é transcrita e traduzida por mecanismos elegantes como os de transcrição e tradução. Entretanto, entre os distintos indivíduos biológicos construídos por mensagem contida no DNA, há uma singularidade biológica que se repete, mas se diferencia pelo modo como esta é organizada. Essa descrição corresponde à(s)

- a) molécula de RNAr.
- b) moléculas de RNAt.
- c) bases nitrogenadas.
- d) molécula de RNAm.

13. (Enem) A sequência abaixo indica de maneira simplificada os passos seguidos por um grupo de cientistas para a clonagem de uma vaca:

- I. Retirou-se um óvulo da vaca **Z**. O núcleo foi desprezado, obtendo-se um óvulo anucleado.
- II. Retirou-se uma célula da glândula mamária da vaca **W**. O núcleo foi isolado e conservado, desprezando-se o restante da célula.
- III. O núcleo da célula da glândula mamária foi introduzido no óvulo anucleado. A célula reconstituída foi estimulada para entrar em divisão.
- IV. Após algumas divisões, o embrião foi implantado no útero de uma terceira vaca, **Y**, mãe de aluguel. O embrião se desenvolveu e deu origem ao clone.

Considerando que os animais **Z**, **W** e **Y** não têm parentesco, pode-se afirmar que o animal resultante da clonagem tem as características genéticas da(s) vaca(s):

- a) **Z**, apenas.
- b) **W**, apenas.
- c) **Y**, apenas.
- d) **Z** e **W**, apenas.
- e) **Z**, **W** e **Y**.

14. (Fuvest-SP) A égua, o jumento e a zebra pertencem a espécies biológicas distintas que podem cruzar entre si e gerar híbridos estéreis. Destes, o mais conhecido é a mula, que resulta do cruzamento entre o jumento e a égua. Suponha que o seguinte experimento de clonagem foi realizado com sucesso:

o núcleo de uma célula somática de um jumento foi transplantado para um óvulo anucleado da égua e o embrião foi implantado no útero de uma zebra, onde ocorreu a gestação. O animal (clone) produzido em tal experimento terá, essencialmente, características genéticas:

- a) de égua.
- b) de zebra.
- c) de mula.
- d) de jumento.
- e) das três espécies.

15. (Fuvest-SP) Quando afirmamos que o metabolismo da célula é controlado pelo núcleo celular, isso significa que:

- a) todas as reações metabólicas são catalisadas por moléculas e componentes nucleares.
- b) o núcleo produz moléculas que, no citoplasma, promovem a síntese de enzimas catalisadoras das reações metabólicas.
- c) o núcleo produz e envia, para todas as partes da célula, moléculas que catalisam as reações metabólicas.
- d) dentro do núcleo, moléculas sintetizam enzimas catalisadoras das reações metabólicas.
- e) o conteúdo do núcleo passa para o citoplasma e atua diretamente nas funções celulares, catalisando as reações metabólicas.

16. (Vunesp-SP) Em julho de 2002, a Unesp tornou-se a primeira instituição brasileira a produzir um clone animal a partir do núcleo de uma célula adulta. Pesquisadores da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, do campus de Jaboticabal, removeram o núcleo de uma célula obtida da cauda de uma vaca da raça Nelore (animal **A**) e injetaram-no no óvulo anucleado de uma vaca de abatedouro (animal **B**). Posteriormente, esse óvulo foi implantado no útero de uma vaca mestiça holandesa (animal **C**). Do desenvolvimento desse óvulo resultou a bezerra Penta. Nas células da bezerra Penta há:

- a) DNA nuclear do animal **A** e DNA mitocondrial do animal **C**.
- b) DNA nuclear do animal **A** e DNA mitocondrial do animal **A**.
- c) DNA nuclear do animal **A** e DNA mitocondrial do animal **B**.
- d) DNA nuclear do animal **B** e DNA mitocondrial do animal **C**.
- e) DNA nuclear do animal **C** e DNA mitocondrial do animal **A**.

- 17.** (Enem) A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies.

Exemplos de materiais analisados	Bases nitrogenadas			
	Adenina	Guanina	Citosina	Timina
Espermatozoide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozoide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	22,7%	27,6%
Bactéria <i>E. coli</i>	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%

A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre as bases nitrogenadas e que elas formam:

- a) pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA.
- b) pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.
- c) pares diferentes em diferentes células de uma espécie, como resultado da diferenciação celular.
- d) pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.
- e) pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula.

- 18.** (IFSP) A raposa, o lobo e o cão doméstico pertencem a espécies biológicas distintas entre si. Suponha que o seguinte experimento tenha sido realizado com sucesso: o núcleo de uma célula do corpo de um cão tenha sido transplantado para um óvulo anucleado de uma raposa e o embrião tenha sido implantado no útero de uma loba, ocorrendo a gestação. O animal será um clone que apresentará características genéticas
- a) da raposa, apenas.
 - b) da loba, apenas.
 - c) do cão, apenas.
 - d) da mistura do cão e da raposa.
 - e) da mistura da raposa e da loba.

Trabalho em equipe

- Em grupo, busquem notícias recentes (na internet, em jornais ou revistas) sobre a clonagem de animais no Brasil e no mundo. Façam um resumo do texto da notícia com as próprias palavras e elaborem um roteiro com cinco perguntas sobre o tema. As perguntas podem ser dúvidas sobre os procedimentos de clonagem e sobre o mundo do trabalho dos profissionais da área. Com o roteiro em mãos, busquem pesquisadores de universidades ou de centros de pesquisa dessa área que se disponham a falar sobre novidades relacionadas à clonagem de seres vivos.
- O conhecimento científico é fruto do trabalho de um grande número de cientistas ao longo do

tempo, cada um apoiando-se sobre o trabalho de seus antecessores. O conhecimento sobre o código genético exemplifica bem esse fato. Desde 1920, por exemplo, sabe-se da existência de uma molécula nos cromossomos da célula, chamada ácido desoxirribonucleico. O que não se sabia era se o DNA era o responsável pela hereditariedade, uma vez que havia também proteínas nos cromossomos. Então, pesquise como nosso conhecimento sobre o código genético aumentou com as pesquisas de:

- a) Alfred Hershey e Martha Chase com vírus bacteriófagos, realizada em 1952.
- b) Matthew Meselson e Franklin Stahl, com gerações da bactéria *Escherichia coli*, em 1958.

Cromatina, cromossomos e a divisão celular

cbimages/Alamy/Latinstock



Estrela-do-mar (cerca de 15 centímetros de diâmetro) regenerando-se no oceano Índico.

A estrela-do-mar (*Echinaster luzonicus*) da foto acima está se regenerando a partir de um único braço. Essa capacidade de regeneração depende de um tipo de divisão celular, a mitose. Já os gametas (células reprodutivas) dessa estrela-do-mar são produzidos por outro tipo de divisão celular, a meiose. Esses dois tipos de divisão celular serão estudados neste capítulo.



- ◆ *O que são cromossomos?*
- ◆ *Qual é a importância das divisões celulares para um ser vivo?*
- ◆ *Quais são as principais diferenças entre a meiose e a mitose?*
- ◆ *O que pode acontecer quando ocorrem erros na divisão celular?*

1 Cromatina

A cromatina é o material genético contido no núcleo das células. Quando tratada com um corante básico, a cromatina aparece, ao microscópio óptico, como uma mancha irregular. Na realidade, ela é formada por um emaranhado de filamentos que, com as técnicas usuais, aparecem muito interrompidos ao microscópio eletrônico, dando a impressão de conterem uma fina granulação. As regiões mais densas – a **heterocromatina** (do grego *hétero* = diferente) – correspondem às partes dos filamentos dobradas de forma compacta. Essas regiões contrastam com outras em que os filamentos, mais “esticados”, aparecem menos condensados; por isso elas adquirem coloração mais fraca e são chamadas **eucromatina** (do grego *eu* = bem, verdadeiro).

A eucromatina corresponde a uma região do DNA em que os genes estão ativos, orientando a síntese de RNA e de proteínas. Por isso ela está desenrolada, o que permite ao material genético apresentar grande superfície de contato com as enzimas e com o material necessário à síntese de proteínas. As regiões da heterocromatina correspondem a genes inativos ou desligados, uma vez que o DNA não tem, nesse caso, uma boa superfície de contato com as substâncias dissolvidas no nucleoplasma e necessárias ao comando da síntese de proteínas. Essas regiões podem, em certos momentos, desenrolar-se, fazendo com que seus genes entrem em atividade; o inverso ocorre com as regiões de eucromatina.

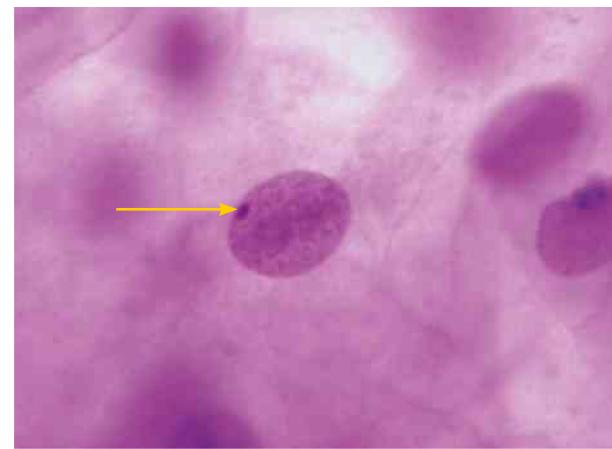
Cromatina sexual

Na maioria das espécies, incluindo a humana, existe um par de cromossomos responsável pela diferença entre os dois sexos: os **cromossomos sexuais**. Em geral, nas fêmeas eles são idênticos e nos machos um é idêntico ao das fêmeas e o outro é diferente.

O cromossomo que aparece em duplata na fêmea chama-se cromossomo X; e o que é exclusivo do macho, cromossomo Y. Assim, a fêmea é XX e produz óvulos com um dos cromossomos X. O macho é XY e produz espermatozoides X e espermatozoides Y. Os outros cromossomos do organismo são denominados **autossomos** (do grego *autós* = si próprio).

Na mulher e em outras fêmeas de mamíferos, existe uma grande massa heterocromática com 1 µm de diâmetro, chamada **cromatina sexual** ou **corpúsculo de Barr**, descoberta em 1948 pelo médico canadense Murray Barr (1908-1995) (veja a **figura 11.1**). A explicação para isso é que a mulher possui dois cromossomos X, mas apenas um permanece condensado, formando a cromatina sexual. O homem possui apenas um cromossomo X, que permanece “desenrolado”. Por isso o homem não tem cromatina sexual, a não ser em algumas anomalias cromossômicas, como veremos no final deste capítulo.

Em 1961, a geneticista britânica Mary Lyon (1925-2014) elaborou a hipótese de que a maior parte dos genes do cromossomo condensado não está em atividade na célula, ou seja, a cromatina sexual seria um cromossomo X com a maioria dos genes “desligados” ou inativos (hipótese de Lyon).



Lester V. Bergman/Corbis/Latin Stock

Figura 11.1 Célula feminina (microscópio óptico; aumento de 400 vezes; com uso de corante) com cromatina sexual (indicada pela seta amarela).

2

Cromossomos

Quando observamos células eucariotas em processo de divisão, encontramos corpúsculos compactos em forma de bastonete, os **cromossomos** (do grego *khroma* = cor; *soma* = corpo). Cada um deles é formado por uma longa molécula de DNA dobrada várias vezes sobre si mesma (figura 11.2). Em certas regiões, essa molécula aparece enrolada em volta de proteínas chamadas **histonas**. Um conjunto de oito unidades de histonas com o DNA em volta é chamado **nucleossomo**. Esse enrolamento permite que todo o DNA de uma célula complexa caiba no núcleo; se fosse completamente esticado, o DNA de uma célula humana teria cerca de 2 m de comprimento.

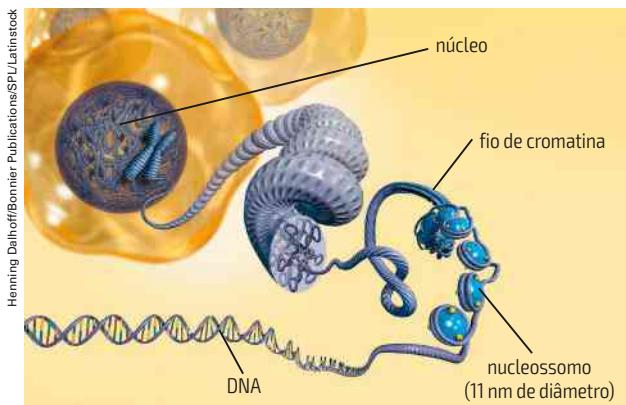


Figura 11.2 Ilustração dos diferentes níveis de compactação da cromatina e do DNA no cromossomo (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Antes de uma célula se dividir, cada cromossomo se duplica e cada um de seus filamentos é chamado **cromátide**. As cromátides de um mesmo cromossomo são chamadas **cromátides irmãs**. Durante a divisão celular, as cromátides irmãs se separam e cada uma delas vai para uma célula-filha. No fim da divisão, o cromossomo volta a ser simples, isto é, formado apenas por um fio de cromatina enrolado (figura 11.3).

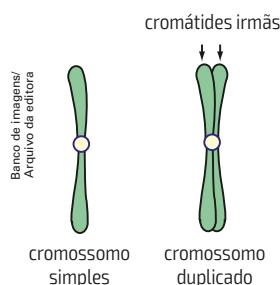


Figura 11.3 Ilustração de cromossomo simples e com duas cromátides (cores fantasia).

O cromossomo apresenta um estrangulamento, chamado **centrômero** (do grego *kentron* = centro; *meros* = parte).

De acordo com a posição do centrômero, os cromossomos podem ser classificados em (figura 11.4):

- **metacêntrico** (do grego *meta* = além de) – centrômero no meio;
- **submetacêntrico** (do latim *sub* = abaixo) – centrômero um pouco afastado do meio;
- **acrocêntrico** (do grego *akron* = ponta) – centrômero bem próximo de um dos polos;
- **telocêntrico** (do grego *telos* = distante) – centrômero exatamente em um dos polos; não ocorre na espécie humana, embora possa estar presente em algumas espécies animais.

No centrômero está presente o DNA e o **cinetócoro** (do grego *kinetokos* = que gera movimento; *choris* = dispersão), disco ao qual se prendem os filamentos do fuso acromático durante a divisão celular.

A extremidade do cromossomo, chamada **telômero**, relaciona-se ao tempo de vida de uma célula. Os telômeros protegem o cromossomo contra danos e permitem que a duplicação do DNA ocorra corretamente. Cada vez que uma célula se divide, os telômeros tornam-se ligeiramente mais curtos e, caso se percam totalmente, a célula perde a capacidade de divisão e pode morrer. Por isso supõe-se que a diminuição dos telômeros possa estar relacionada com o número máximo de divisões que uma célula pode sofrer e com sua longevidade.

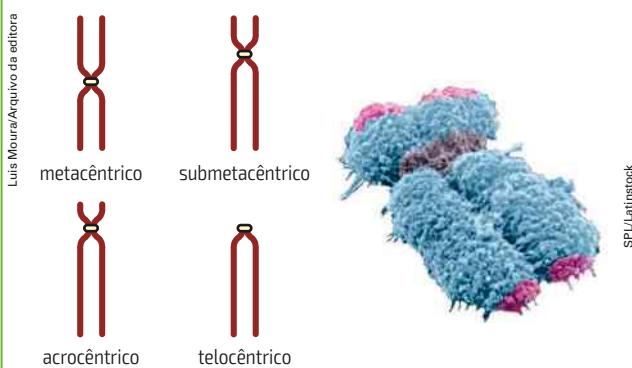


Figura 11.4 Tipos de cromossomos de acordo com a posição do centrômero (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, cromossomo humano, em que se observam as cromátides, em azul, o centrômero, em cinza, e os telômeros, em rosa (microscópio eletrônico de varredura; aumento de 9 mil vezes; imagem colorizada por computador).

Cariótipo: a coleção de cromossomos

O conjunto de cromossomos forma um padrão que se repete não só em todas as células do mesmo indivíduo, mas também nas células de todos os indivíduos da mesma espécie. Entre indivíduos de espécies diferentes, esse padrão é diferente, uma vez que cada espécie tem sua coleção particular de cromossomos, chamada **cariótipo** (figura 11.5).

Para o estudo do cariótipo humano, os cromossomos são organizados de acordo com a posição do centrômero e numerados em ordem decrescente de tamanho, de 1 (o maior) a 22 (o menor). Essa forma de organização é chamada **ideograma** ou **cariograma**. Esses cromossomos são chamados autossomos, como já vimos. Os cromossomos

sexuais (X e Y) não são numerados, sendo separados dos demais.

Observe que, na espécie humana, há 44 autosomos e dois cromossomos sexuais, XX na mulher e XY no homem. Essa informação pode ser escrita assim:

- mulher: 46, XX
- homem: 46, XY

Há formas alternativas de escrever essas informações: “22AA + XX”, “22AA + XY”, “2AXX”, “2AXY”, em que **A** indica um conjunto haploide de autossomos.

Outra característica que se pode observar é que os cromossomos aparecem aos pares, em que um dos cromossomos apresenta a mesma forma e o mesmo tamanho do outro, exceto os性男女 (X e Y). Cada par de determinado tipo forma um par de **homólogos**.

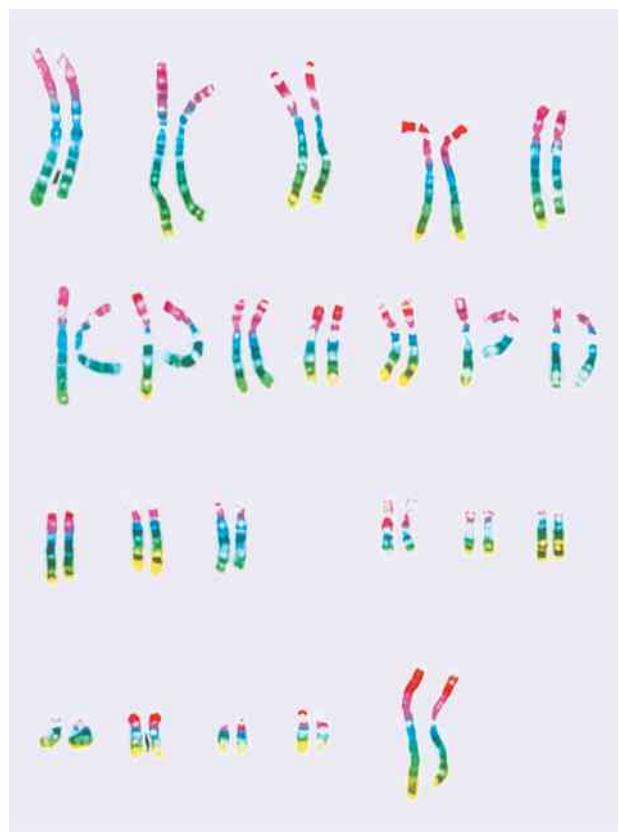
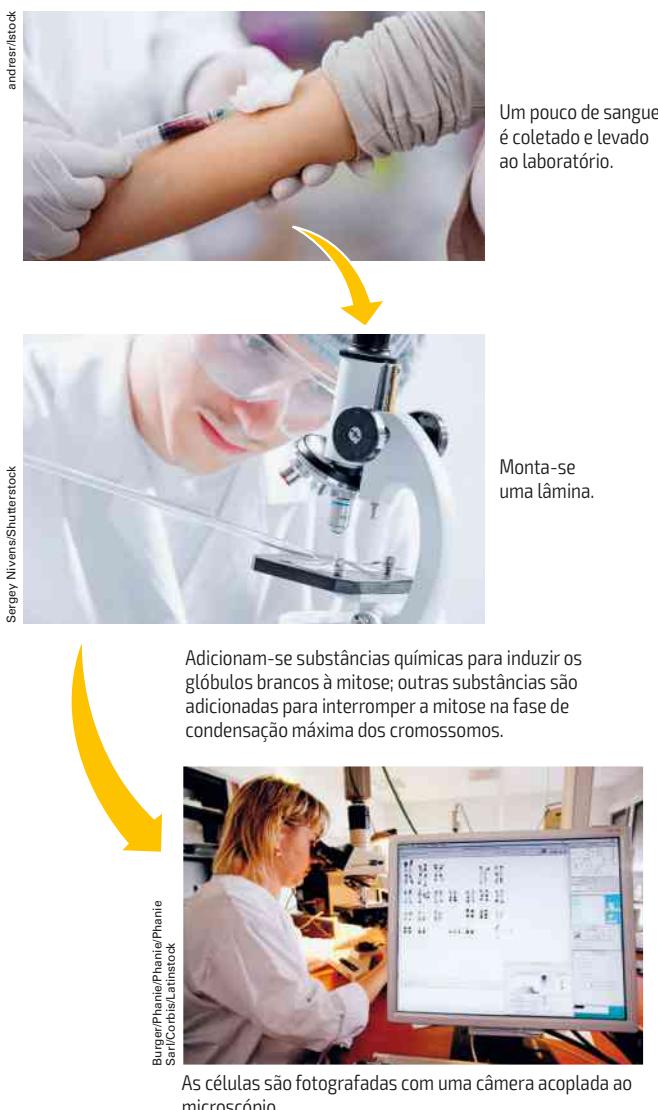


Figura 11.5 À esquerda, etapas da montagem de cariótipo feita em laboratório (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia). Acima, um ideograma humano (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 2 mil vezes; imagem colorizada por computador).

Por que os cromossomos aparecem aos pares? A maioria dos organismos desenvolve-se a partir de uma célula-ovo, formada pela união de um espermatózio com um óvulo (ovócito II, na maioria dos mamíferos), que, na espécie humana, possuem, cada um deles, 23 cromossomos. Por isso a célula-ovo possui 46; em cada par de cromossomos homólogos, um foi herdado da mãe e outro do pai (**figura 11.6**).

Por meio de divisões celulares, a célula-ovo origina as células **somáticas** (do grego *soma* = corpo), que formam o corpo dos seres vivos. Em cada uma delas há 22 pares de autossomos e um par de cromossomos sexuais. Os gametas possuem apenas

um cromossomo de cada tipo; não há pares de homólogos.

Se chamarmos de n o número de tipos diferentes de cromossomos de uma célula, podemos dizer que as células somáticas são **diploides** (do grego *diploos* = duplo; *eidos* = semelhante) ou $2n$; as células reprodutoras são haploides (do grego *haploos* = simples, único) ou n .

A informação genética total em uma célula ou organismo é chamada **genoma**. Nos organismos diploides, o genoma corresponde aos genes de um conjunto haploide de autossomos e dos cromossomos sexuais.

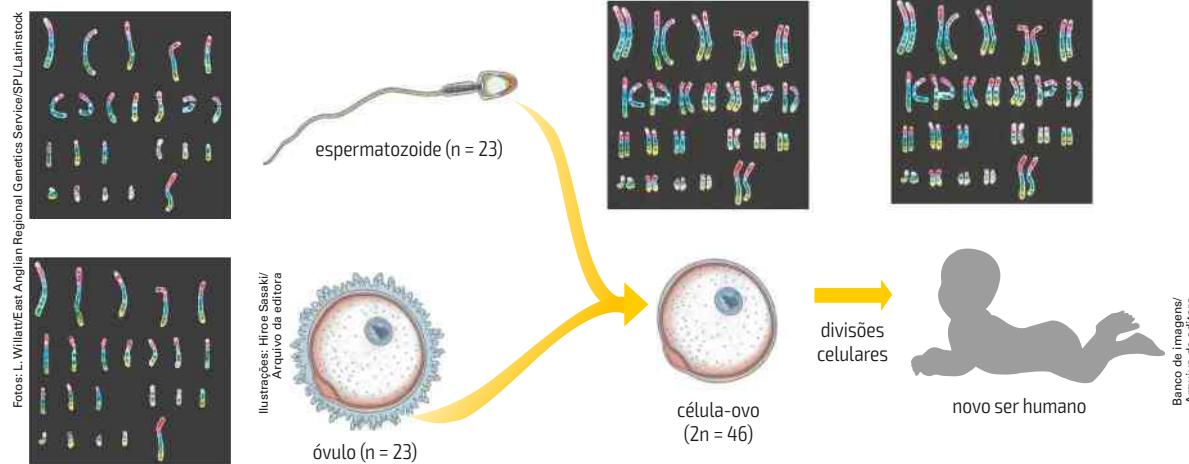


Figura 11.6 Cromossomos (comprimento entre cerca de 1 µm e 10 µm) passam dos pais para os filhos (os elementos da figura não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia).

História da ciência



O número de cromossomos

Quantos cromossomos existem nas células somáticas da espécie humana? Hoje, sabemos que a resposta para essa questão é: 46 cromossomos. No entanto, até 1956 pensava-se que fossem 48.

Em 1956, os pesquisadores Hin Tjio (1919-2001) e Albert Levan (1905-1998), utilizando colchicina, substância capaz de interromper a mitose, e orceína acética como corante, entre outras técnicas, publicaram um trabalho apresentando evidências de que o número era 46, e não 48 cromossomos.

Alguns pesquisadores acham que as técnicas anteriores de microscopia – que usavam

como corante a hematoxilina férrica no lugar da orceína acética – podem ter causado a ilusão óptica de que o braço maior do par de cromossomos de número 1 era um cromossomo à parte, levando ao erro de contagem.

Esse exemplo mostra que o conhecimento científico está aberto a correções e que o avanço desse conhecimento depende do desenvolvimento de novas técnicas – temas debatidos em História e Filosofia da Ciência.

Fontes de pesquisa: SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. *Fundamentos de genética*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 128; VIANA-MORGANTE, A. M. Temos 46 cromossomos! *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, n. 224, p. 75-78, mar. 2006.

3 Divisão celular: visão geral

Nos procariontes, como as bactérias, a divisão celular é relativamente simples: o DNA se duplica e o citoplasma se estrangula em duas partes, ficando cada uma delas com uma cópia do DNA.

As células eucariotas são mais complexas, com número bem maior de genes e de organelas. Por isso a divisão celular não pode ser tão simples como nos procariontes. O material genético muda de aspecto durante a divisão, passando da forma de filamentos de cromatina espalhados no nucleoplasma para a forma compacta de cromossomos.

Nos organismos eucariotas e sexuados ocorrem dois tipos de divisão celular: a **mitose**, que forma células com o mesmo número de cromossomos e as mesmas informações genéticas da cé-

lula-mãe; e a **meiose**, que reduz esse número à metade ([figura 11.7](#)).

A mitose é o mecanismo mais comum de reprodução dos organismos unicelulares eucariontes. É também o processo pelo qual os seres pluricelulares são formados, seja a partir de um pedaço do corpo (reprodução assexuada), seja a partir da célula-ovo, ou zigoto (reprodução sexuada). A mitose é essencial para o crescimento, para a renovação das células e para a regeneração de partes do organismo, como no caso da estrela-do-mar, na abertura do capítulo.

A célula-ovo surge por meio da fecundação, ou seja, da união dos gametas (espermatozoide e óvulo). A fecundação permite que os cromossomos do pai e os da mãe se juntem na célula-ovo e componham o patrimônio genético do filho. A meiose sempre dá origem a células haploides. Nos animais, a meiose dá origem aos gametas; nos vegetais, a meiose produz esporos, como veremos com mais detalhes no Volume 2.

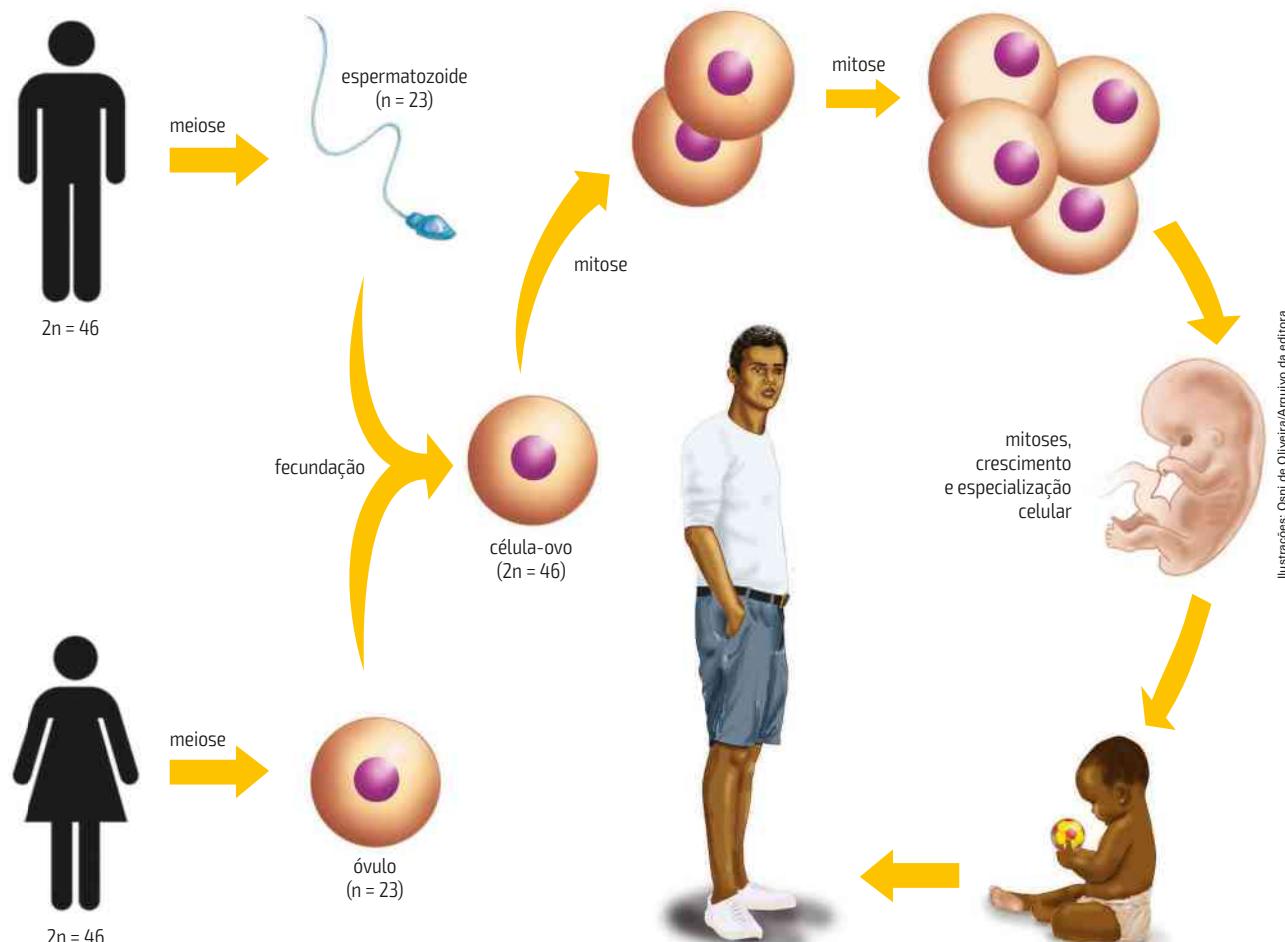


Figura 11.7 Na formação dos gametas, a meiose produz células com metade dos cromossomos. A mitose forma células com o mesmo número de cromossomos da célula original. Na espécie humana, células dipóides têm 46 cromossomos ($2n = 46$), e células haploides, 23 ($n = 23$) (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

4

Mitose

A divisão celular pode ser observada ao microscópio comum. Em algumas células, dura 20 minutos; em outras, pode durar horas ou até mais de um dia. No corpo humano há células que se dividem continuamente, como as da base da epiderme. Já células muito especializadas, como as nervosas e as musculares, geralmente param de se dividir quando estão totalmente maduras.

O período que vai da origem de uma célula, a partir de outra, ao fim de uma divisão celular é chamado **ciclo celular** (figura 11.8), durante o qual a célula cresce, prepara-se para a divisão e se divide. Esse ciclo inclui, portanto, uma fase em que a célula não está se dividindo, chamada **intérface** (do latim *inter* = entre, no meio), e as quatro etapas da divisão propriamente: **prófase, metáfase, anáfase e telófase**.

Na intérface, o material genético está na forma de filamentos de cromatina, comandando a atividade da célula por meio da síntese de RNA. Ela pode ser subdividida em três períodos (figura 11.8):

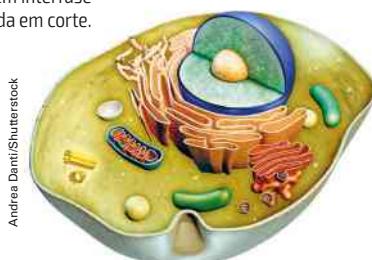
- **G₁** (G, do inglês *gap* = intervalo) – compreende a fase anterior à duplicação do DNA. A célula cresce e realiza seu metabolismo normal, sintetizando RNA e proteínas, incluindo um grupo de proteínas que dão o sinal para a divisão celular começar.

● **S** (síntese) – ocorre a duplicação do DNA e, consequentemente, dos filamentos de cromatina, além da síntese de histonas (as proteínas que fazem parte dos cromossomos) e da duplicação dos centriolos.

● **G₂** – intervalo entre a duplicação do DNA e o início da divisão celular. Nele volta a ocorrer a síntese geral de proteínas, iniciada no período G₁, e a de moléculas necessárias à divisão, como os componentes dos microtúbulos, que formarão o fuso mitótico, conjunto de filamentos que levarão os cromossomos para os polos da célula.

Antes de a célula entrar em divisão, há mecanismos que verificam se o DNA está danificado, se a célula atingiu um tamanho mínimo para entrar em divisão, se o meio em que a célula está é favorável, etc. Caso haja algum problema, o ciclo celular pode ser interrompido ou retardado até que o problema seja corrigido. Essa verificação é feita por enzimas nos chamados **pontos de controle** (ou **pontos de checagem**), que acontecem no final das fases G₁ e G₂. Se o problema não puder ser corrigido, deve ser acionado um mecanismo de destruição da célula, conhecido como **apoptose** (palavra de origem grega que se refere à “queda das folhas das árvores no outono”). É um tipo de morte celular programada em que a célula sofre várias alterações no núcleo e no citoplasma e termina morrendo, sendo fagocitada por células de defesa do organismo.

Célula em intérface representada em corte.



Ilustrações: Luis Moura/
Arquivo da editora

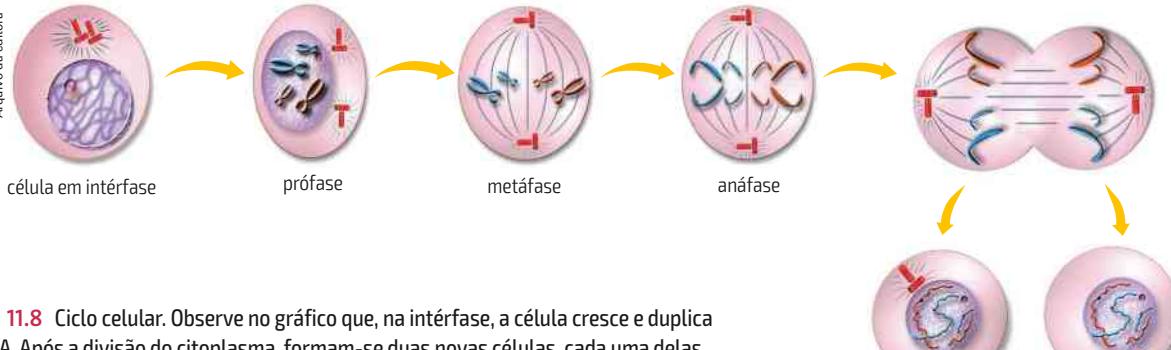


Figura 11.8 Ciclo celular. Observe no gráfico que, na intérface, a célula cresce e duplica seu DNA. Após a divisão do citoplasma, formam-se duas novas células, cada uma delas com a mesma quantidade de DNA da célula original (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Veremos agora as etapas da mitose em uma célula animal (**figura 11.9**).

● **Prófase** (do grego *pró* = anterior). Os filamentos de cromatina começam a se enrolar (o DNA fica inativo e não transcreve RNA), formando os cromossomos. Os filamentos, chamados cromátides, estão duplicados e unidos no centrômero. O conjunto de duas cromátides presas pelo centrômero é chamado **cromossomo duplicado** e suas duas cromátides são exatamente iguais ao filamento inicial de cromatina. Os centríolos, duplicados, migram para os polos rodeados por fibras, que, em conjunto, formam o **áster** (lembra os raios de uma estrela saindo do centróolo). É a partir da região em que está o centróolo, chamada **centro celular** ou **centrossomo**, que se forma o fuso mitótico.

A carioteca começa a se fragmentar e os nucléolos desaparecem (seus grãos se espalham no citoplasma e dão origem aos ribossomos).

Entre a prófase e a metáfase há uma fase intermediária chamada **prometáfase**. Essa etapa começa com o rompimento da carioteca. Os microtúbulos do fuso ligam-se aos **cinetócoros** (discos de proteínas na região do centrômero). Então, os cromossomos movimentam-se para a região mediana da célula e a prometáfase termina com a chegada dos cromossomos a essa região mediana. O termo mitose refere-se ao movimento dos cromossomos durante a divisão (do grego *mitos* = fio; *ose* = estado de).

● **Metáfase** (do grego *meta* = além de). Os centrólos ocupam polos opostos na célula. Cada cromátide está presa às fibras do fuso pelo cinetócoro. Os cro-

mossomos habitam a região mediana da célula, formando a placa equatorial ou metafásica, e as cromátides irmãs se voltam uma para cada polo da célula. Os cromossomos estão na condensação máxima, o que torna bem visíveis as duas cromátides.

● **Anáfase** (do grego *aná* = para cima). As cromátides se separam (passando a ser chamadas cromossomos-filhos ou irmãos) e são levadas para polos opostos da célula pelo encurtamento dos filamentos do fuso. A igualdade das cromátides irmãs e a posição que ocupavam na metáfase garantem uma distribuição idêntica do material genético para os dois polos e, consequentemente, para as duas células que se formarão.

● **Telófase** (do grego *telos* = distante, afastado). Os cromossomos chegam aos polos e começam a se desenrolar, readquirindo o aspecto de filamentos de cromatina. A carioteca e o nucléolo voltam a se formar.

A mitose termina quando dois núcleos são formados. Na maioria dos casos, porém, ela é acompanhada pela divisão do citoplasma, processo chamado **citodiérese** ou **citocinese** (do grego *kytos* = célula; *diairesis* = divisão em dois; *kineim* = movimento). Os dois processos – mitose e citocinese – formam a fase mitótica (**fase M**) do ciclo celular.

Nas células animais, a membrana plasmática sofre uma invaginação no final da divisão, provocada por um anel contrátil de filamentos de actina e miosina; recomeça, então, um período de interfase para cada célula formada.

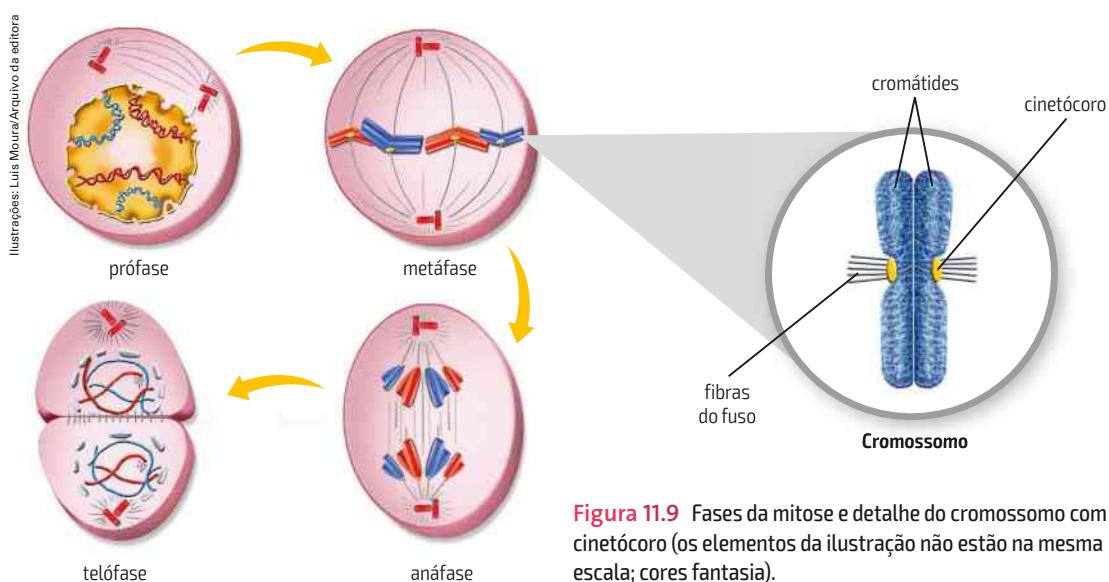


Figura 11.9 Fases da mitose e detalhe do cromossomo com cinetócoro (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Nas células dos vegetais com semente, não há centríolos e, como é necessário construir novas paredes celulares, a telófase é um pouco diferente, sem estrangulamento do citoplasma. Após o afastamento dos dois grupos de cromossomos, vesículas originadas do complexo golgiense fundem-se na região mediana da célula, formando, aos poucos, as novas membranas plasmáticas das duas células-filhas. A celulose e outros polissacarídeos são depositados até se formar a lamela média e a parede celular, separando as células-filhas (**figura 11.10**).

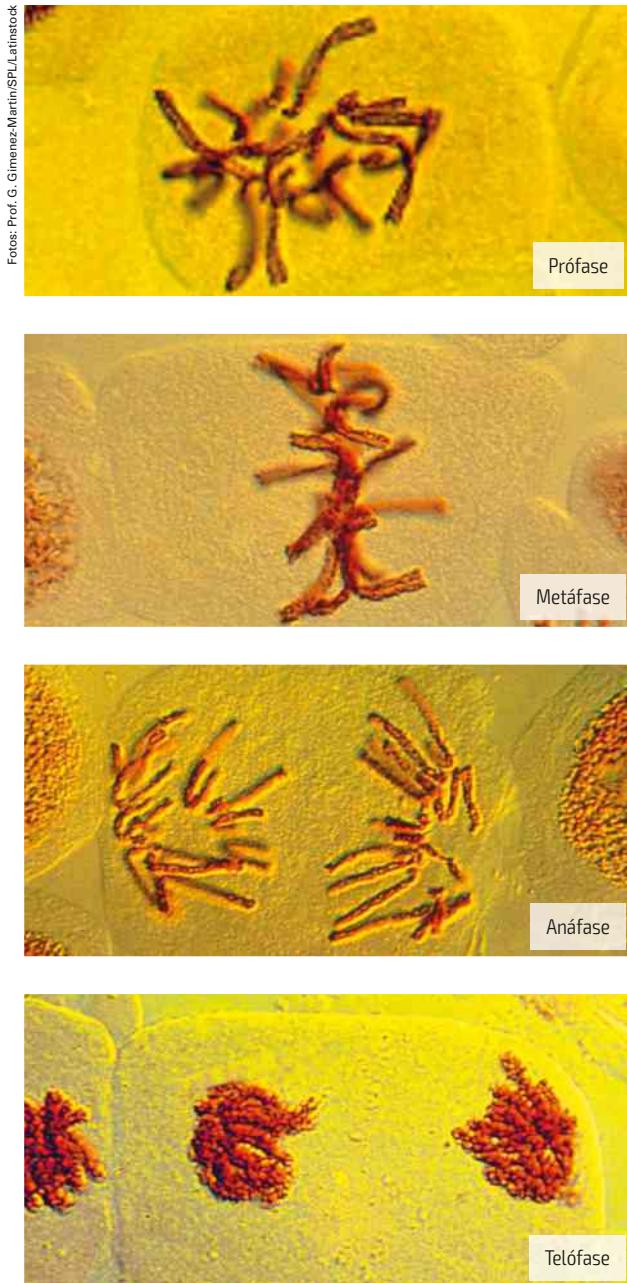


Figura 11.10 Fases da mitose fotografadas em células vegetais (microscópio óptico; aumento de cerca de 140 vezes; com uso de corantes).

5 Meiose

A célula-ovo surge da união de duas células especializadas, os gametas. A produção dessas células caracteriza a reprodução sexuada, pois, em geral, cada gameta é produzido por indivíduos de sexos diferentes. Essa união – chamada fecundação – permite aos cromossomos do pai e da mãe se juntarem na célula-ovo, formando o patrimônio genético do filho.

Nos animais, a meiose acontece durante a produção de gametas (a produção de gametas nos animais será vista no Capítulo 12). Essa divisão produz células com a metade do número de cromossomos das células originais (do grego *meiosis* = divisão ao meio). Assim, quando ocorre a fecundação, a união dos gametas dá origem a uma nova célula diploide.

Nos vegetais, que possuem um ciclo reprodutivo diferente (**figura 11.11**), a meiose ocorre na formação de células especiais: os **esporos** (a reprodução dos vegetais será vista com mais detalhes no Volume 2 desta coleção).

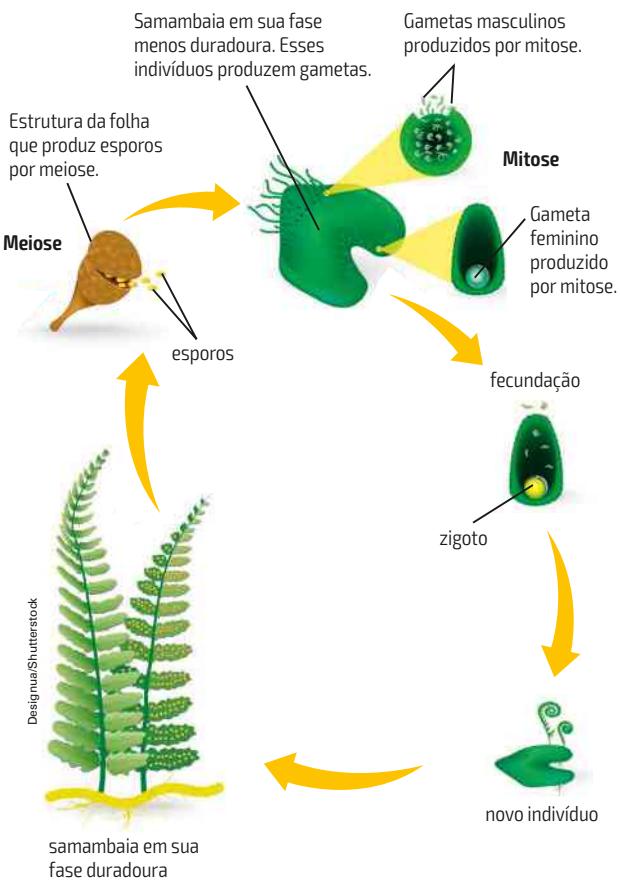


Figura 11.11 Esquema simplificado do ciclo de vida de uma samambaia. Essas plantas têm duas fases em seu ciclo. Uma delas, que é a samambaia vista em jardins, produz esporos por meiose (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Muitos dos fenômenos que ocorrem na mitose (formação do fuso mitótico, desaparecimento da carioteca, movimento dos cromossomos para o meio da célula e depois para os polos) se repetem na meiose. A diferença básica entre os dois processos é que, na meiose, há duas divisões celulares seguidas, que resultam na formação de quatro células-filhas para cada célula que inicia o processo.

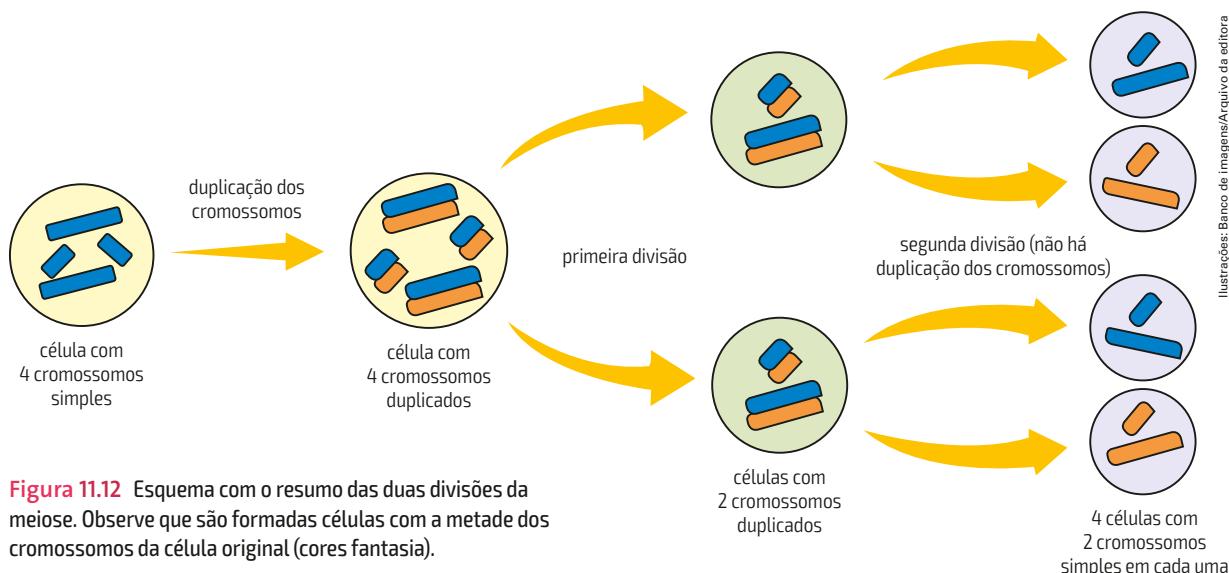
Outro fenômeno exclusivo da meiose, como veremos a seguir, é a ocorrência de **permutação**, ou **crossing-over**. As cromátides homólogas são quebradas e ocorre uma ressoldagem das partes trocadas. Em cada ponto de ressoldagem aparece uma figura em X, chamada **quiasma** (do grego *chiásma* =

dispositivo em cruz). O resultado dessa permutação é um intercâmbio de genes entre os cromossomos homólogos de origem paterna e materna.

Durante essas divisões, cada cromossomo se duplica apenas uma vez, o que explica a redução do padrão cromossomial de $2n$ para n . Veja um esquema geral da meiose na **figura 11.12**.

Outra característica importante da meiose é que as células produzidas não são geneticamente iguais, o que aumenta a variedade genética dos indivíduos formados por reprodução sexuada (a reprodução sexuada será vista no Capítulo 12).

Veja a seguir as etapas das duas divisões da meiose.



Processos evolutivos



Meiose e variabilidade genética

A reprodução sexuada produz grande variedade genética de indivíduos. Como veremos no Volume 3, isso é importante para a evolução das espécies, e a meiosse contribui para ela de duas maneiras.

A primeira ocorre na metáfase I, quando os cromossomos homólogos se emparelham, ao acaso, no equador da célula. Por isso, a partir de uma célula com apenas dois cromossomos podem surgir quatro células-filhas diferentes, de acordo com o arranjo dos cromossomos paternos e maternos no equador. No caso da espécie humana, é possível a formação de mais de 8 milhões de cé-

lulas diferentes (2^{23}) a partir dos 23 cromossomos do pai e dos 23 cromossomos da mãe. A outra maneira é o crossing-over (figura 11.13). As cromátides homólogas são quebradas e ocorre uma ressoldagem “trocada” e em diagonal (que pode acontecer em qualquer ponto entre os cromossomos). O resultado é um intercâmbio de genes entre os cromossomos homólogos, de origem paterna e materna. Como esse fenômeno ocorre ao acaso, há várias possibilidades de trocas de pedaços entre os cromossomos, fazendo surgir novas combinações genéticas. Isso aumenta a diversidade de gametas produzidos.

Primeira divisão

Essa divisão também tem quatro etapas (figura 11.13): prófase I, metáfase I, anáfase I e telófase I.

Ao terminar a primeira divisão, cada célula possui apenas um cromossomo de cada tipo; portanto, as células-filhas são haploides. Como o número de cro-

mossomos foi reduzido à metade, essa divisão também é chamada **divisão reducional**. Embora tenha havido redução, cada cromossomo está duplicado. Isso significa que cada célula-filha possui duas cópias de cada molécula de DNA, uma em cada cromátide. Com a segunda divisão essa situação se modificará.

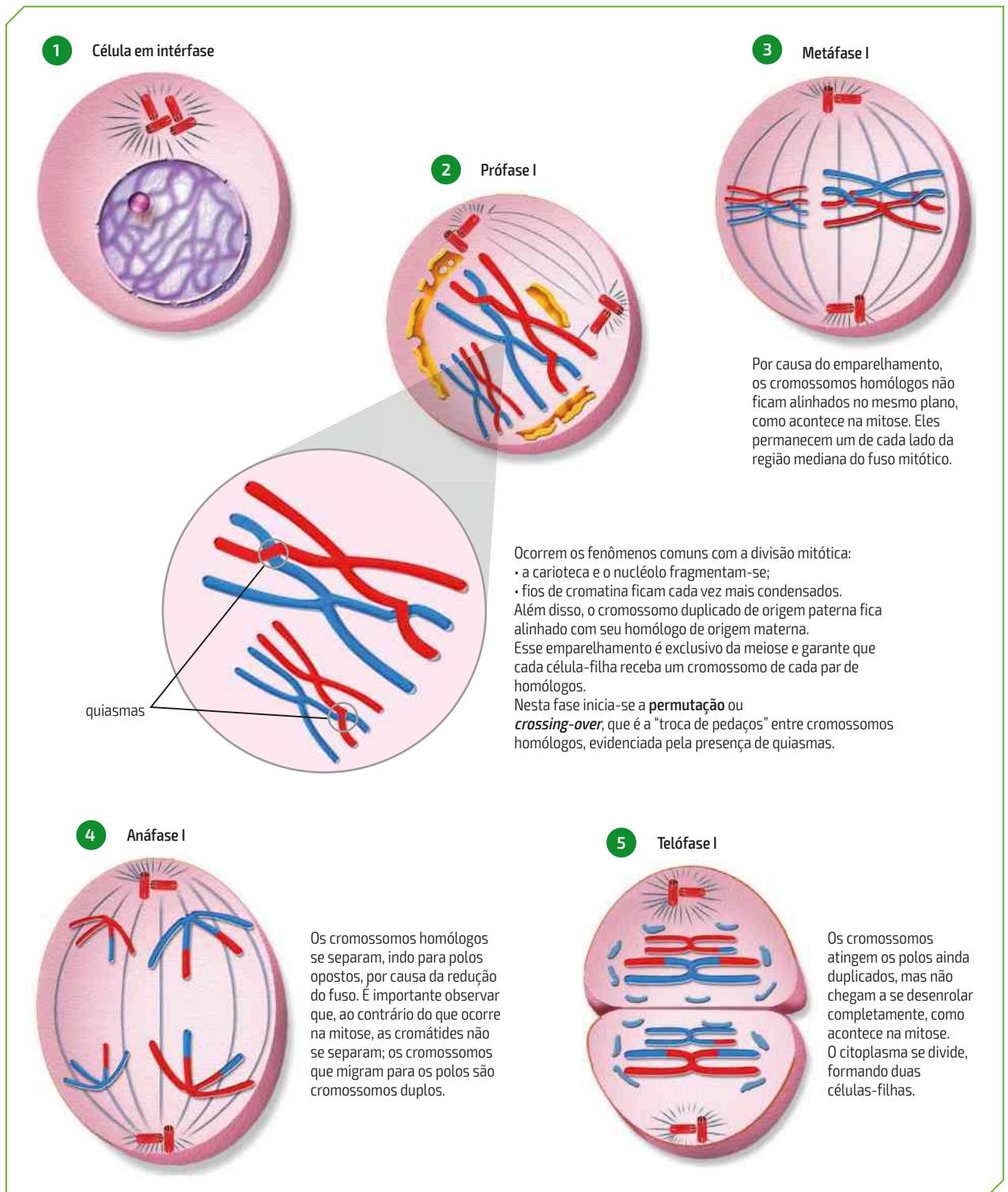


Figura 11.13 Primeira divisão da meiose (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Subfases da prófase

Como vimos, a prófase I apresenta uma série de fenômenos que a tornam bem diferente da prófase da mitose. É uma fase prolongada e está subdividida em cinco etapas: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese.

Leptóteno (do grego *léptos* = fino; *tainia* = fita, filamento). Os cromossomos começam a se condensar e, apesar de estarem duplicados, a duplicação não é visível ao microscópio óptico.

Zigóteno (do grego *zygos* = par). Inicia-se o pareamento dos cromossomos, processo também chamado **sinapse**.

Paquíteno (do grego *pachys* = espesso). Completa-se o pareamento dos homólogos, que se apresentam espessos, bastante condensados. Cada par de homólogos forma uma **díade** (do grego *di* = dois) ou **bivalente**, com quatro cromátides. O conjunto é chamado **tétrade** (do grego *tetra* = quatro). Aqui, inicia-se a permutação, quebra de cromátides homólogas, acompanhada de uma ressoldagem “trocada” e em diagonal (que pode ocorrer em qualquer ponto entre os cromossomos). O resultado é um intercâmbio de genes entre os cromossomos homólogos, de origem paterna e materna.

Diplóteno (do grego *diploos* = duplo). Os cromossomos começam a se separar, mas permanecem unidos nos pontos das cromátides em que ocorreram as permutações. Em cada ponto aparece um quiasma (reveja a [figura 11.13](#)). Os quiasmas evidenciam, portanto, que ocorreu permutação entre os cromossomos.

Diacinese (do grego *dia* = através de; *kinesis* = movimento). Os cromossomos ficam mais condensados e os quiasmas deslizam para a extremidade do bivalente. Esse fenômeno recebe o nome de **terminalização dos quiasmas**.

Comparando a mitose e a meiose, podemos observar que no fim da:

- meiose são produzidas quatro células geneticamente diferentes entre si e com a metade do número de cromossomos da célula original;
- mitose são produzidas duas células geneticamente iguais e com o mesmo número de cromossomos da célula original.

Essas diferenças são explicadas pela ocorrência, na meiose, do emparelhamento de cromossomos homólogos seguido de permutação.

Segunda divisão

O intervalo entre a primeira e a segunda divisão é muito curto, aparecendo logo na sequência a figura característica de uma segunda prófase. Aqui não ocorre nova duplicação do DNA, como acontece na interfase da mitose. E, como não existem cromossomos homólogos na mesma célula, também não haverá emparelhamento. Assim, os movimentos cromossomiais serão idênticos aos que ocorrem na mitose ([figura 11.14](#)).

Ao final da segunda divisão, o número de cromossomos não se reduz. Embora não haja redução, cada cromossomo duplicado separa-se em dois cromossomos simples e, assim, não há mais duas cópias de cada molécula de DNA por célula.

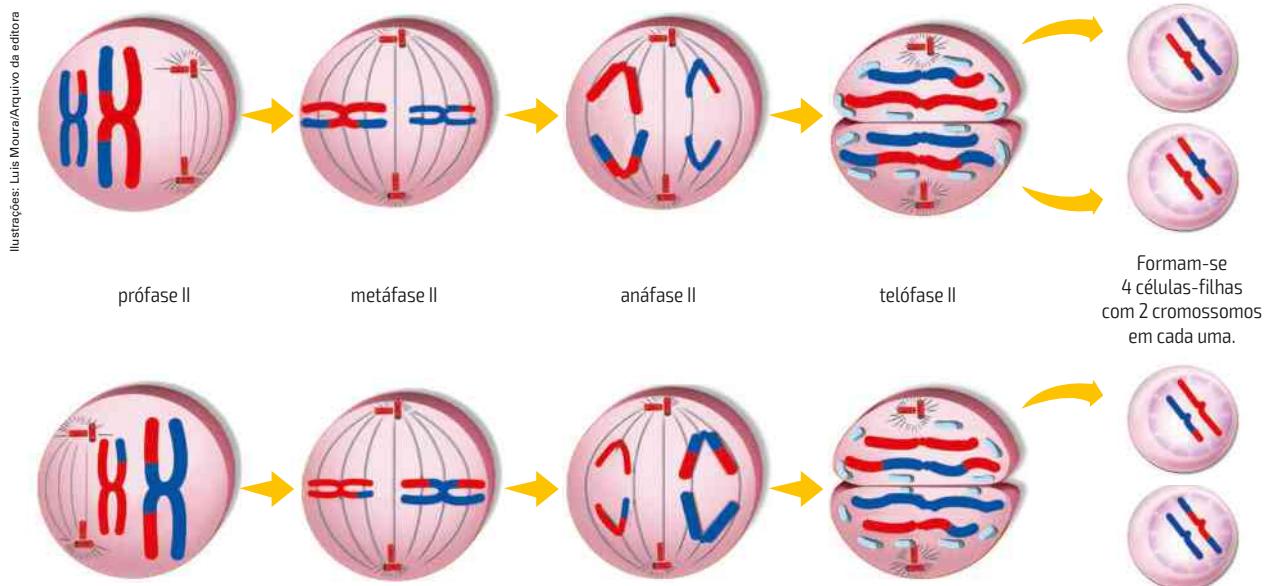


Figura 11.14 Segunda divisão da meiose (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

6 Alterações cromossômicas

A avaliação dos riscos que uma pessoa ou um casal corre de ter filhos com problema genético é feita por especialistas na área de Genética Clínica, que também ajudarão a pessoa ou o casal a compreender a evolução, o tratamento e as opções para lidar com o problema.

O profissional pode analisar a história familiar da doença e solicitar diversos exames, incluindo os de cromossomos e testes genéticos.

Alterações numéricas

Erros durante a divisão celular podem alterar os cromossomos da célula. Essas alterações ou **mutações cromossômicas** podem ser **numéricas** (no número de cromossomos de uma célula) ou **estruturais** (na sequência de genes de um cromossomo).

As alterações numéricas podem ser classificadas em:

- **euploidia** (do grego *eu* = bem, correto; *ploós* = número de vezes). Ocorre quando há redução ou aumento em toda a coleção de cromossomos, formando células n (**monoploidia**), $3n$ (**triploidia**), $4n$ (**tetraploidia**), e assim por diante;
- **aneuploidia** (do grego *an* = sem). Acontece quando apenas o número de certo tipo de cromossomo sofre alteração para mais ou para menos. Nesse caso, pode haver **trissomia** (três cromossomos de determinado tipo), **monossomia** (um cromossomo apenas) e **nulissomia** (falta um par de homólogos). Veja a figura 11.15.

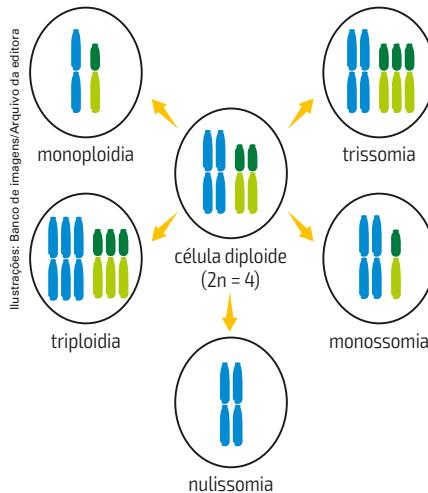


Figura 11.15 Esquema de algumas das alterações cromossômicas (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Se uma substância, como a colchicina, interferir na formação do fuso mitótico durante a divisão celular, os cromossomos podem se duplicar sem que haja migração para os polos. Forma-se, então, uma célula com o dobro do número de cromossomos.

Em outros casos, a ação de substâncias químicas, de vírus ou de radiação pode provocar ruptura apenas em determinadas fibras do fuso mitótico ou em determinado centrômero. Se isso ocorrer em células germinativas, que sofrem meiose, os cromossomos homólogos podem não se separar, deixando de migrar um para cada polo, como normalmente ocorre na meiose (figura 11.16). Esse fenômeno – chamado **não disjunção** – pode ocorrer também na segunda divisão da meiose: as cromátides não se separam, migrando ambas para o mesmo polo.

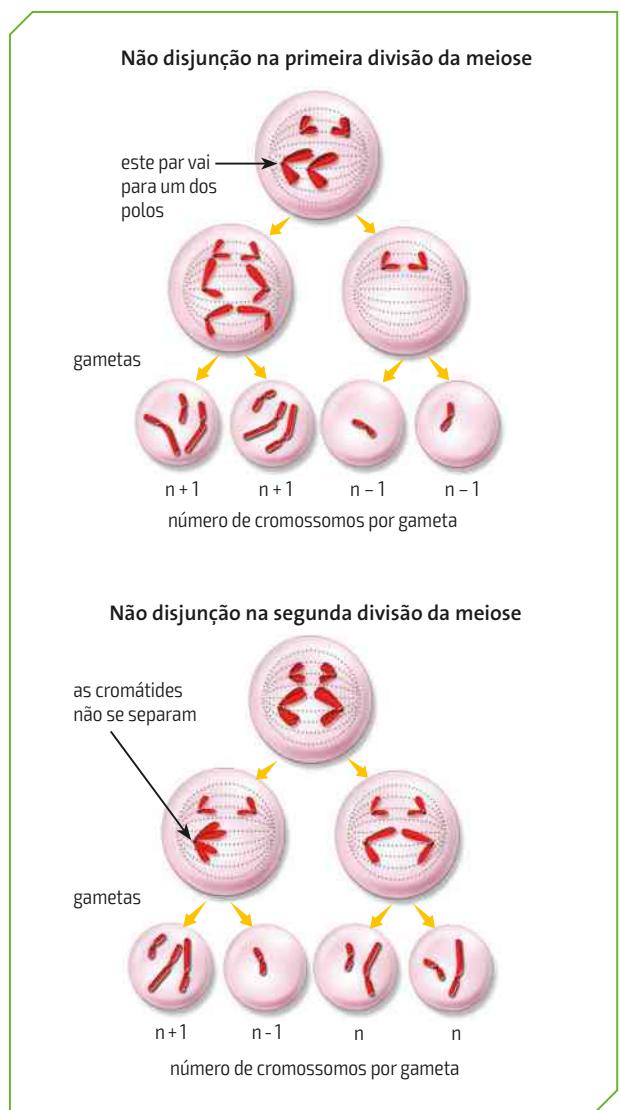


Figura 11.16 Esquemas da ocorrência de não disjunção (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia).

O resultado desse processo é a formação de gametas defeituosos, com falta ou excesso de cromossomos, que poderão ser responsáveis, por exemplo, pela formação de zigotos com número anormal de cromossomos e de embriões que não se desenvolvem.

Se o embrião se desenvolver, forma-se um indivíduo com número anormal de cromossomos em todas as células. O organismo poderá apresentar então alguma síndrome (do grego *syndromé* = concurso, reunião tumultuosa), isto é, um conjunto de sintomas típicos provocados por uma única causa; neste caso, o número anormal de cromossomos. São exemplos de síndromes cromossômicas as síndromes de Down (trissomia do cromossomo 21; veja o boxe *Biologia e sociedade*), Patau (trissomia do cromossomo 13), Edwards (trissomia do cromossomo 18), etc.

Se a não disjunção for parcial, ela pode causar aneuploidia. Quando há não disjunção de todo o conjunto de cromossomos, ocorre euploidia; nesse caso, seria formado, por exemplo, um gameta $2n$, que, fecundado por um gameta normal n , resultaria em um zigoto $3n$ (triploide).

Poliploidia em vegetais

Em animais, as euploidias são raras. Elas podem ser encontradas em alguns peixes, insetos e crustáceos, mas nos mamíferos provocam geralmente um desequilíbrio genético tão grande que acarreta a morte do embrião ou, pelo menos, a esterilidade do indivíduo, por causa da meiose irregular. No ser humano é letal, causando a morte ainda no período embrionário ou, mais raramente, até um mês após o nascimento.

Entre os vegetais, no entanto, é comum haver poliploidia, presença de três ou mais conjuntos completos de cromossomos na célula. Algumas vezes é difícil distinguir, pelo aspecto, uma planta poliploide; outras, o número maior de cromossomos ocasiona tamanho maior na planta. Justamente por isso são mais procuradas para o cultivo que as variedades normais, como acontece com as formas poliploides da maçã, do café, do morango, do trigo e da batata, entre outros. Conheceremos mais sobre reprodução de plantas no Volume 2 desta coleção.

Biologia e sociedade



Síndrome de Down

A mais comum das mutações cromossomiais é a síndrome de Down, que afeta um em cada mil recém-nascidos. O termo Down vem do nome do médico inglês que descreveu esse problema em 1866: John Langdon Down (1828-1896).

As pessoas com essa síndrome apresentam em geral sinais característicos, como língua para fora da boca (protrusa), altura abaixo da média, mãos curtas e largas com uma única linha palmar e olhos com uma prega cutânea na pálpebra superior, entre outras características.

Além da aparência, pessoas com essa síndrome costumam apresentar atraso mental em graus variáveis, com deficiência na aprendizagem, memória ou linguagem.

A qualidade de vida das pessoas com síndrome de Down e o desempenho físico e mental melhoram com inclusão social, atendimento especializado, cuidados e estímulos adequados iniciados desde o início do desenvolvimento. A síndrome de Down corresponde a uma trissomia

do cromossomo 21, o menor cromossomo humano, com cerca de 1500 genes. O cariótipo dos portadores dessa síndrome é representado por 47, XY + 21 (homens) ou 47, XX + 21 (mulheres), ou, quando não se quer indicar o sexo, 47, + 21.

A alteração pode ser descoberta após o nascimento ou logo no início da gravidez, por meio de exames. Na maioria dos casos, ela acontece por falha na meiose (geralmente na primeira divisão) durante a formação do óvulo.

A pessoa com síndrome de Down faz parte do universo da diversidade humana e tem muito a contribuir no desenvolvimento de uma sociedade inclusiva.

É importante que governo e sociedade lutem contra o preconceito e a discriminação para que a pessoa com síndrome de Down seja tratada e respeitada como membro efetivo da sociedade e tenha a oportunidade de interagir e desenvolver suas potencialidades. Essa é uma questão ética e de cidadania.

Alterações nos cromossomos sexuais

Com o exame da cromatina sexual é possível identificar diversas anomalias sexuais, como as síndromes de Turner (descrita em 1938 por Henry Turner) e de Klinefelter (descrita em 1942 por H. F. Klinefelter). Veja a formação e algumas características dessas síndromes nas [figuras 11.17](#) e [11.18](#).

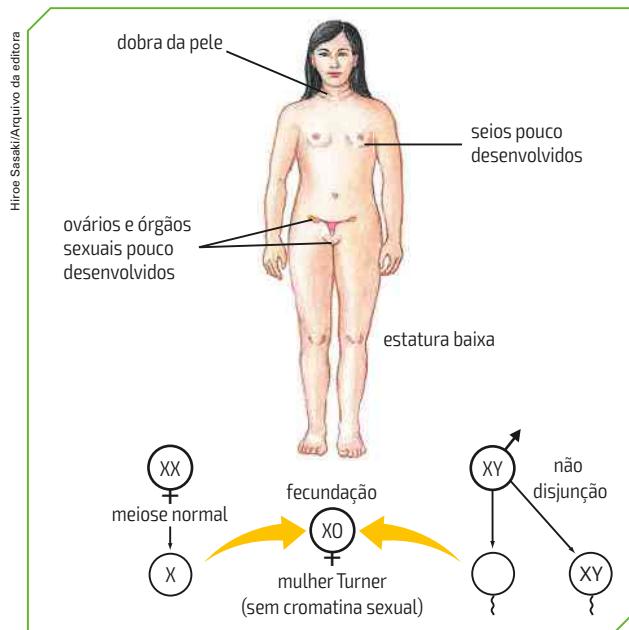


Figura 11.17 Mulher com síndrome de Turner. (As células são microscópicas; os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

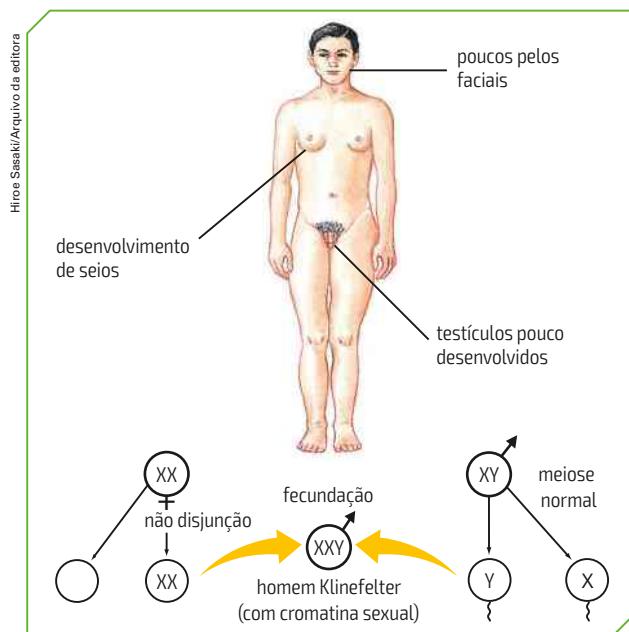


Figura 11.18 Homem com síndrome de Klinefelter. (As células são microscópicas; os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Alterações estruturais

Quando alterações estruturais ocorrem durante a mitose das células do corpo, seus efeitos são mínimos, pois apenas algumas células serão atingidas, embora, em alguns casos, a célula alterada possa se transformar em célula cancerosa e crescer, formando um tumor.

Se essas alterações acontecem na meiose, como resultado, por exemplo, de uma permutação anormal, elas podem ser transmitidas aos descendentes, que terão cromossomos anormais em todas as células.

Existem quatro tipos de alterações estruturais: inversão, deficiência ou deleção, duplicação e translocação.

Suponha que haja ruptura (provocada por radiação, por exemplo) em determinado trecho de um cromossomo e que um pedaço desse cromossomo se solte. Se esse pedaço sofrer uma ressoldagem em posição invertida, ocorrerá **inversão** na sequência de genes ([figura 11.19](#)).

Caso ele se desloque, fixando-se em outro cromossomo homólogo (que contém genes para as mesmas características), o cromossomo original apresentará **deficiência** ou **deleção**, e o que recebeu o novo pedaço apresentará **duplicação** na sequência de seus genes.

No caso da ligação desse pedaço ao cromossomo não homólogo, dizemos que houve **translocação**.

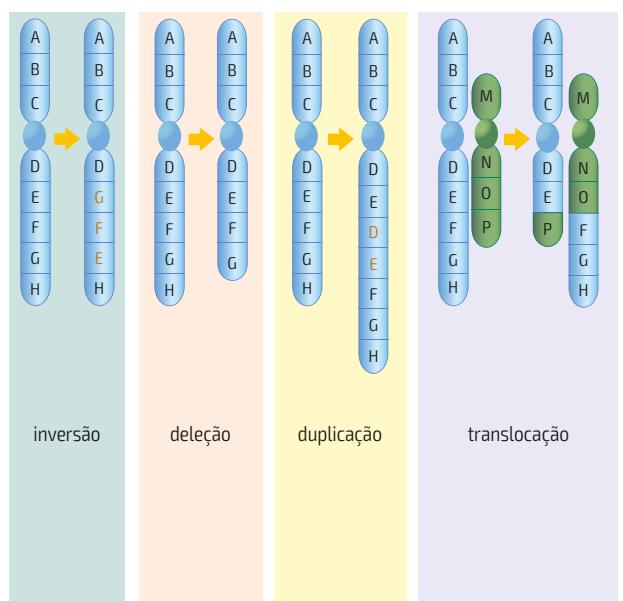


Figura 11.19 Esquemas dos quatro tipos de anomalias estruturais. As letras indicam regiões dos cromossomos com muitos genes (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia).



Câncer

Apesar de o câncer ser uma doença grave, é importante você saber que, em muitos casos, quando descoberto em tempo e devidamente tratado, ele é curável. O especialista em câncer é o médico oncologista (do grego *ogkos* = tumor; *logos* = estudo).

Como vimos, as células do embrião dividem-se e originam as diversas células do corpo. Mesmo no adulto, encontramos células capazes de se dividir e originar outras, em substituição às células desgastadas ou mortas. Tudo isso é mantido sob controle por diversos hormônios e fatores, que, por sua vez, são comandados por genes. No entanto, algumas células podem escapar do sistema de controle do corpo e começar a se dividir sem parar, produzindo tumores. Alguns deles crescem rapidamente e invadem os tecidos – são os tumores malignos. Podem ainda se espalhar através da circulação por diferentes pontos do corpo, em um processo conhecido como metástase (**figura 11.20**). Esses tumores retiram nutrientes dos tecidos ao seu redor e provocam a morte das outras células. Câncer é, portanto, o nome genérico que se dá a um grupo de doenças em que ocorre a formação de tumores malignos.

O câncer pode se desenvolver devido a alterações genéticas, como as mutações, em genes que controlam a divisão e a diferenciação celular. Essas mutações podem transformar esses genes em oncogenes e provocar o câncer.

As alterações genéticas podem ser provocadas por: radiação (raios X, ultravioleta, etc.); certos tipos de vírus (como o da hepatite B, que

pode provocar câncer de fígado); substâncias químicas (como as presentes na fumaça do cigarro ou na poluição ambiental); modificações na posição dos genes, causadas pela troca de pedaços entre cromossomos (translocação).

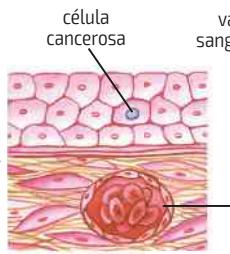
Detectar o câncer no início é fundamental, e para isso existem diversas técnicas como a biópsia (extração de pedaços de tecidos para exame ao microscópio); o Papanicolau (exame que acusa a presença de células malignas no colo do útero); a mamografia (radiografia da mama); a punção (agulhas finíssimas retiram células dos órgãos); os testes genéticos que identificam a presença de oncogenes específicos para certos tipos de câncer; os marcadores tumorais que acusam a presença de substâncias produzidas pelas células cancerosas, indicando o grau de evolução do tumor. Todas essas técnicas são fruto do trabalho de muitos pesquisadores em várias áreas da ciência: Biologia, Física, Química, Medicina, etc. Dependendo do tipo de câncer, pode-se recorrer à cirurgia, que retira o tumor; à radioterapia, que mata as células cancerosas com radiação; ou à quimioterapia (uso de medicamentos que matam as células cancerosas). Essas terapias podem ainda ser combinadas.



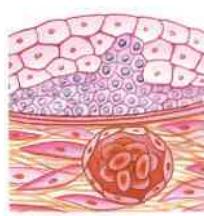
ATENÇÃO

As informações sobre questões de saúde deste capítulo não substituem a orientação médica nem podem ser usadas para diagnóstico, tratamento ou prevenção de doenças.

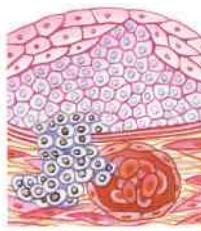
Ilustrações: Ingelborg Asbach/
Arquivo da editora



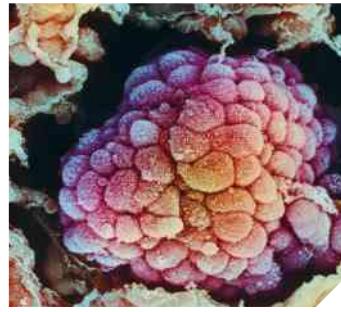
Entre as células normais,
surge uma célula cancerosa...



... que se divide sem parar,
originando outras células.



Se as células cancerosas caírem
nos vasos sanguíneos, podem se
espalhar pelo corpo.

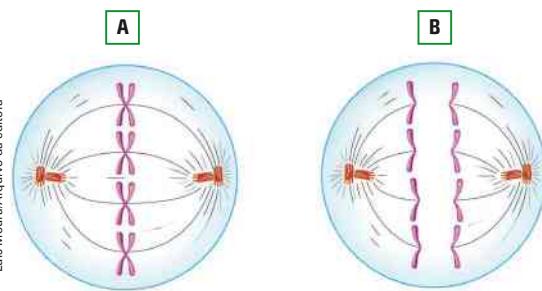
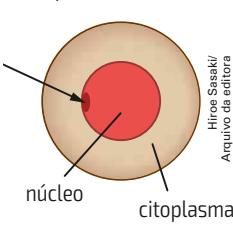


Morelun Animal Health Ltd./SPL/Corbis

Figura 11.20 Formação e crescimento de um tumor (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia). Na foto, tumor (em rosa) no pulmão (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 600 vezes; imagem colorizada por computador).

Atividades

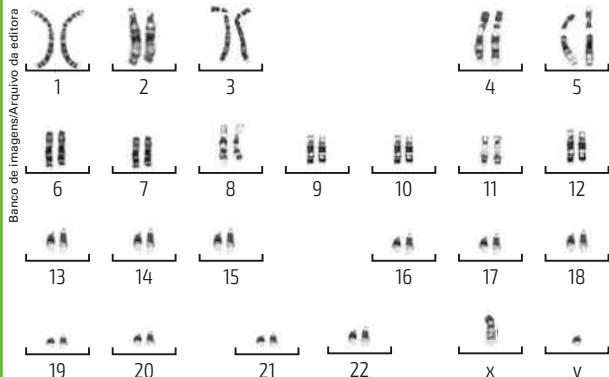
 ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

1. Em nosso corpo encontramos dois tipos de células: células diploides e células haploides. O termo *diplo* significa duplo e o termo *haplo* significa metade. Sabendo disso, responda: qual é a principal diferença entre células diploides e haploides?
2. Diferencie os processos de divisão de células eucariotas, mitose e meiose, relativamente ao número de cromossomos em cada célula no final do processo e à ocorrência nos organismos.
3. Qual é a principal diferença entre a prófase I da meiose e a prófase da mitose?
4. Quanto à disposição dos cromossomos, qual é a diferença entre a metáfase da mitose e a metáfase I da meiose? Em cada um desses processos, explique por que essa disposição é importante para o resultado final da divisão.
5. Os dois esquemas da figura abaixo representam duas fases de uma célula, com $2n = 4$, em divisão.

a) A célula se encontra em mitose ou em meiose? Justifique sua resposta.
b) Que etapas estão indicadas pelas letras A e B?
6. Imagine que espermatozoides e óvulos de uma espécie com $2n = 42$ fossem formados pelo processo de mitose e que eles tivessem se unido e formado zigotos. Quantos cromossomos teriam esses zigotos? Imagine agora que esses zigotos pudesssem se desenvolver e originar novos indivíduos e que esses novos indivíduos formassem gametas por mitose e fossem originados novos zigotos. Quantos cromossomos teriam esses zigotos?
7. A figura abaixo mostra um teste de cromatina sexual. Explique como esse teste permite a identificação tanto do sexo de um indivíduo como de determinadas alterações nos cromossomos sexuais.

8. (Vunesp-SP) O ciclo celular envolve a interfase e as divisões celulares, que podem ser mitose ou meiose. A meiose é um tipo de divisão celular que originará quatro células com o número de cromossomos reduzido pela metade. Com base no texto e em seus conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar que:
- intervale é um período em que ocorre apenas a duplicação do material genético.
 - na anáfase I, cada cromossomo de um par de cromossomos homólogos é puxado para um dos polos da célula.
 - o crossing-over ocorre em todos os cromossomos não homólogos.
 - na telofase I, os cromossomos separados em dois lotes sofrem duplicação do material genético e as membranas nucleares se reorganizam.
 - quiasmas são as permutas que ocorrem entre cromátides irmãs que permitem a variedade de gametas.
9. (PUC-RS) Assim como o crescimento corporal, o envelhecimento tem características diferentes nos variados grupos de organismos. Um fator que contribui para a incapacidade da manutenção da integridade das células e dos tecidos é o acúmulo de danos causados pelos radicais livres de oxigênio (RLO). No interior da célula, os RLO alteram fosfolipídios e nucleotídeos, causando danos, respectivamente, às estruturas de
- carioteca e centríolos.
 - lâmina celular e cromátides.
 - parede celular e fuso acromático.
 - membrana celular e cromossomos.
 - membrana plasmática e citoesqueleto.
10. (IFSP) Cada pessoa tem um padrão de DNA particular. Um filho herda 50% de suas moléculas de DNA da mãe e 50% do pai. No núcleo de cada célula somática (célula dos tecidos que constituem o corpo) há 23 pares de cromossomos homólogos: 23 desses cromossomos vieram do óvulo e os outros 23 do espermatозoide. A união do óvulo com o espermatозoide deu origem ao zigoto. Esse zigoto originou o embrião e depois o feto. Como cada cromossomo é formado por uma molécula de DNA e de proteínas, há em cada célula somática  de DNA.
- Assinale a alternativa que completa corretamente o espaço acima.
- 23 moléculas
 - 92 moléculas
 - 46 moléculas
 - 69 moléculas
 - 56 moléculas

- 11.** (UFSC) O ciclo celular é dividido em duas etapas: divisão celular e interfase. Nesta última etapa (Interfase), subdividida em G_1 – S – G_2 , a célula realiza seu metabolismo e se prepara, quando necessário, para a etapa da divisão celular. É correto afirmar que: $04 + 08 + 32 = 44$

- O tempo que as células permanecem na etapa chamada de interfase é o mesmo entre os diferentes tipos celulares.
- No período do desenvolvimento embrionário, o ciclo celular compreende etapas de interfases longas e etapas de divisões celulares rápidas.
- Na fase S da interfase ocorre o processo de duplicação do DNA.
- Durante a interfase o DNA está em plena atividade, formando o RNA com as informações para a síntese proteica.
- Em G_2 a quantidade de DNA é a mesma que em G_1 .
- A frequência com que as células entram em divisão celular varia com o tipo e o estado fisiológico de cada uma delas.
- Na etapa chamada de divisão celular, pode ocorrer tanto a mitose como a meiose, em qualquer célula do corpo humano.

- 12.** (Udesc) Analise a figura que representa um cariótipo humano.



A representação refere-se ao cariótipo de um(a):

- homem com síndrome de Klinefelter.
- homem com síndrome de Down.
- mulher normal.
- mulher com síndrome de Klinefelter.
- homem com um número normal de cromossomos.

- 13.** (Unemat-MT) Uma célula animal, diploide, com 20 pares de cromossomos, vai passar pelo processo de divisão celular chamado meiose.

Assinale a alternativa que corresponde corretamente à fase da meiose com os números de cromossomos dessa célula.

- Na fase metáfase I, a célula terá 80 cromossomos.
- Na fase metáfase I, a célula terá 20 cromossomos.
- Na fase anáfase I, a célula terá 20 cromossomos.
- Na fase anáfase II, a célula terá 40 cromossomos.
- Na fase telófase II, após a citocinese, a célula terá 20 cromossomos.

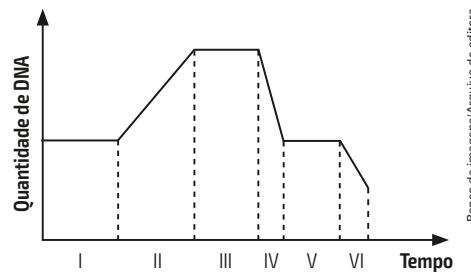
- 14.** (Enem) Um importante princípio da biologia, relacionado à transmissão de caracteres e à embriogênese humana, foi quebrado com a descoberta do microquimerismo fetal. Microquimerismo é o nome dado ao fenômeno biológico referente a uma pequena população de células ou DNA presente em um indivíduo, mas derivada de um organismo geneticamente distinto. Investigando-se a presença do cromossomo Y, foi revelado que diversos tecidos de mulheres continham células masculinas. A análise do histórico médico revelou uma correlação extremamente curiosa: apenas as mulheres que antes tiveram filhos homens apresentaram microquimerismo masculino. Essa correlação levou à interpretação de que existe uma troca natural entre células do feto e maternas durante a gravidez.

MUOTRI, A. *Você não é só você: carregamos células maternas na maioria de nossos órgãos*. Disponível em: <<http://g1.globo.com>>. Acesso em: 4 dez. 2012 (adaptado).

O princípio contestado com essa descoberta, relacionado ao desenvolvimento do corpo humano, é o de que

- o fenótipo das nossas células pode mudar por influência do meio ambiente.
- a dominância genética determina a expressão de alguns genes.
- as mutações genéticas introduzem variabilidade no genoma.
- mitocôndrias e o seu DNA provêm do gameta materno.
- as nossas células corporais provêm de um único zigoto.

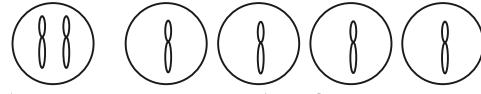
- 15.** (Faculdade Albert Einstein-SP) O gráfico abaixo refere-se ao processo de divisão celular que ocorre durante a espermatogênese humana:



Nesse processo de divisão ocorre

- duplicação dos cromossomos nos intervalos I e II e as fases que caracterizam esse processo ocorrem nos intervalos III, IV, V e VI.
- duplicação dos cromossomos nos intervalos II e III e as fases que caracterizam esse processo ocorrem nos intervalos IV, V e VI.
- separação de cromátides irmãs, levando à formação de células com 23 cromossomos simples ao final do intervalo IV e maturação dos espermatozoides nos intervalos V e VI.
- separação de cromossomos homólogos no intervalo IV e separação de cromátides irmãs no intervalo VI.

- 16.** (Fuvest-SP) Considere os eventos abaixo, que podem ocorrer na mitose ou na meiose:
- Emparelhamento dos cromossomos homólogos duplicados.
 - Alinhamento dos cromossomos no plano equatorial da célula.
 - Permutação de segmentos entre cromossomos homólogos.
 - Divisão dos centrômeros resultando na separação das cromátides irmãs.
- No processo de multiplicação celular para reparação de tecidos, os eventos relacionados à distribuição equitativa do material genético entre as células resultantes estão indicados em
- a) I e III, apenas.
 b) II e IV, apenas.
 c) II e III, apenas.
 d) I e IV, apenas.
 e) I, II, III e IV.
- b)

- 17.** (Fuvest-SP) A figura abaixo representa uma célula diploide e as células resultantes de sua divisão.
- Banco de imagens/
Arquivo da editora
- 
- célula diploide células-filhas

- Nesse processo,
- a) houve um único período de síntese de DNA, seguido de uma única divisão celular.
 b) houve um único período de síntese de DNA, seguido de duas divisões celulares.
 c) houve dois períodos de síntese de DNA, seguidos de duas divisões celulares.
 d) não pode ter ocorrido permutação cromossômica.
 e) a quantidade de DNA das células-filhas permaneceu igual à da célula-mãe.

Trabalho em equipe

1. Forme um grupo e escolham um dos tipos de câncer relacionados abaixo para pesquisar (em livros, CD-ROMs, na internet, etc.) as causas (fatores de risco), as medidas preventivas e o tratamento. Entrevistem um médico especialista e tentem agendar com ele uma palestra sobre o assunto. Se possível, convidem a comunidade escolar para participar da plateia. Informem-se também se nas proximidades da escola ou da casa de vocês existe alguma universidade, centro médico ou instituição que faça pesquisas ou desenvolva atividades para educar a população sobre a prevenção do câncer. Verifiquem a possibilidade de agendar uma visita ao local.
- câncer de pele
 - câncer de pulmão
 - câncer de útero
 - câncer de mama
 - câncer de intestino
 - câncer de próstata
2. É preciso muito cuidado com notícias sobre supostas curas do câncer e de outras doenças graves, como a Aids. Nas revistas científicas, um pesquisador só pode publicar resultados que passaram por testes rigorosos, mas nos

meios de comunicação não especializados nem sempre há essa exigência.

Pesquisem na internet, em revistas e jornais matérias recentes sobre a suposta cura de doenças como o câncer. Avaliem a notícia, levantem dúvidas e compartilhem com a comunidade escolar suas conclusões sobre a reportagem. Não se esqueçam de apresentar a notícia original. Procurem responder às seguintes questões:

- a) Em qual veículo de comunicação a notícia foi publicada? Em sites de jornais e revistas ou em blogues e páginas informais da internet?
 b) A matéria apresenta depoimentos de especialistas na área? Destaquem os principais pontos desses depoimentos.
 c) O que está escrito na manchete corresponde ao conteúdo da matéria, ou há um exagero na chamada?
 d) Qual é a doença para a qual a matéria descreve cura ou tratamento?
 e) A matéria especifica alguma previsão de quando a cura ou tratamento estarão disponíveis ao público?

Sugestões de aprofundamento

Para acessar:

- **Instituto Oncoguia:** <www.oncoguia.org.br/direitos-dos-pacientes>
- **Uma célula, um ser vivo:** <www.ib.usp.br/md>
- **Museu Invivo, Fundação Oswaldo Cruz – a célula:** <www.invivo.fiocruz.br/celula>

- **Projeto Célula Interativa 3D:** <<http://3d.cl3ver.com/l1VrPc>>
Acesso em: 17 mar. 2016.

Para assistir:

- **Colegas.** Marcelo Galvão. Brasil, 2012. 99 minutos. Comédia que aborda coisas simples da vida através do olhar de três jovens com síndrome de Down apaixonados por cinema.

Reprodução, desenvolvimento e tecidos

Por meio da reprodução, um organismo produz descendentes e passa para eles os seus genes. Nesta Unidade, vamos conhecer os dois tipos básicos de reprodução – sexuada e assexuada. Vamos estudar também o desenvolvimento embrionário e os principais tipos de tecidos que formam nosso corpo. Neste volume, a reprodução na espécie humana e nossos tecidos ocuparão lugar de destaque.

KidStock/Getty Images



Embora a reprodução tenha papel biológico fundamental também na espécie humana, é importante lembrar de que a reprodução e as relações sexuais estão muito influenciadas por nossa cultura.

A reprodução é fundamental para todos os seres vivos, assim como para a espécie humana. Se, em algum momento da evolução humana, tivéssemos perdido a capacidade de nos reproduzir, nossa espécie já estaria extinta. Nos seres humanos, as relações sexuais e a reprodução envolvem também emoções, sentimentos e comportamentos que são influenciados pela cultura. Cada pessoa tem sua personalidade, sua maneira de pensar e de agir, seus valores éticos e espirituais, seus projetos de vida. As diferenças entre as pessoas devem ser respeitadas sempre.



- ◆ Todos os seres vivos se reproduzem da mesma maneira?
- ◆ Que diferenças existem entre o sistema genital masculino e o feminino na espécie humana?
- ◆ Quais são os principais métodos anticoncepcionais?
- ◆ Como podemos reduzir os riscos de contrair doenças sexualmente transmissíveis?

1 Reprodução assexuada

Na reprodução assexuada há a participação de apenas um indivíduo, e os descendentes são geneticamente iguais, formando-se por divisões celulares, como a mitose, que mantém o número de cromossomos da célula-mãe.

A reprodução assexuada origina seres geneticamente idênticos entre si. Nos organismos unicelulares, essa reprodução costuma ocorrer por **divisão binária**, também chamada **bipartição** ou **cissiparidade** (do latim *scissus* = dividido; *pari* = par; *dade* = qualidade de). Veja a [figura 12.1](#).

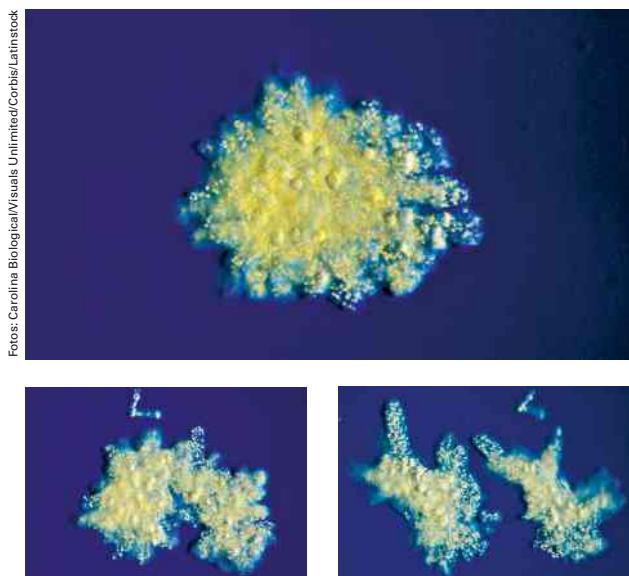


Figura 12.1 Reprodução de uma ameba, organismo unicelular (microscópio óptico; cerca de 0,7 mm).

Na **laceração**, também chamada **fragmentação** ou **fissão**, o corpo do animal parte-se em dois ou mais pedaços e cada pedaço regenera por mitoses a parte perdida, originando dois ou mais indivíduos. Esse fenômeno ocorre em grupos de animais mais simples, como poríferos, cnidários, vermes e equinodermos. A planária, por exemplo, pertence ao grupo dos platelmintos – vermes de corpo achatado. Esse animal “estica” seu corpo e o parte em dois pedaços. Cada um deles origina um indivíduo inteiro ([figura 12.2](#)), o que é possível graças ao grande poder de regeneração desse animal.

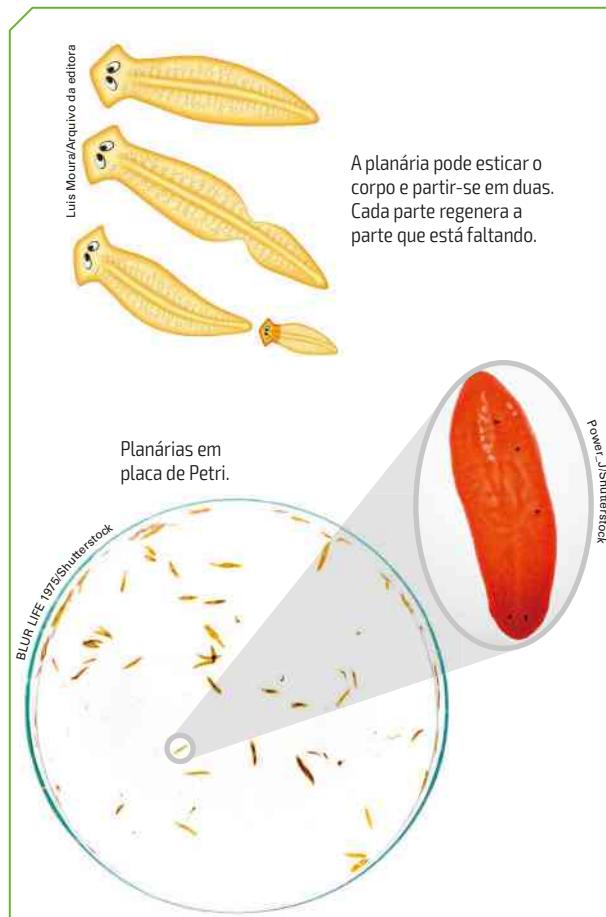


Figura 12.2 Na ilustração, representação de reprodução assexuada e capacidade de regeneração das planárias (cores fantasia). Na foto, planária (microscópio óptico; cerca de 15 mm de comprimento).

No **brotamento** ou **gemiparidade** (do latim *gemma* = broto; *parere* = parir; *dade* = qualidade de) ocorre um processo inverso ao da laceração. Primeiro, há um crescimento por sucessivas mitoses; depois, ocorre o corte. Observe a seguir na [figura 12.3](#) o caso da hidra (animal aquático do grupo dos cnidários, do qual fazem parte também os corais, as anêmonas e as águas-vivas). Em uma parte do corpo cresce um **broto**, que corresponde a um esboço de filhote. Em seguida, esse broto se desprende e continua a crescer isoladamente do indivíduo original. Algumas vezes o broto não se desliga e, com o aparecimento de novos brotamentos, o conjunto pode formar uma colônia, como os corais ou as colônias de esponjas.

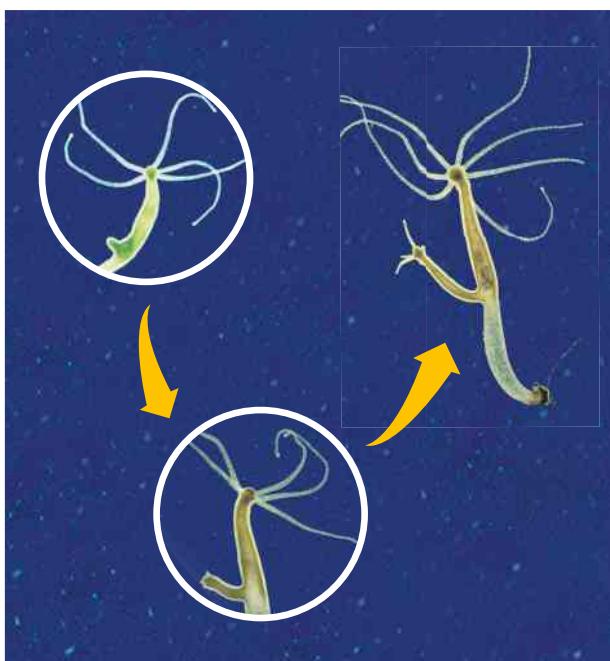


Figura 12.3 Brotamento em uma hidra (*Hydra oligactis*), um invertebrado aquático (cerca de 1 mm de comprimento). As hidras são do grupo dos cnidários, animais muito simples de aspecto gelatinoso.

Nas plantas, encontramos reprodução tanto sexuada como assexuada. Esta última ocorre, por exemplo, quando caules ou folhas originam novas plantas completas. Isso acontece de forma natural em caules subterrâneos e rasteiros. A reprodução das plantas será estudada com mais detalhes no Volume 2 desta coleção.

2 Reprodução sexuada

A reprodução sexuada está presente na maioria das espécies pluricelulares. Mesmo entre aquelas que se reproduzem de forma assexuada, quase todas apresentam, periodicamente, reprodução sexuada.

De modo geral, pode-se dizer que a reprodução sexuada se caracteriza pela formação de gametas (**gametogênese**) e pela **fecundação** ou **fertilização** (união dos gametas). Nesse tipo de reprodução, há alternância entre meiose, que origina células haploides (com metade dos cromossomos das outras células), e fecundação, que restaura o número diploide de cromossomos (**figura 12.4**).

A reprodução sexuada envolve geralmente dois indivíduos, que contribuem, cada um, com um gameta, a não ser quando se trata de indivíduos hermafroditas (assunto que será explorado adiante). A união dos gametas produz uma célula-ovo ou zi-

goto diploide, que, por mitoses, forma um novo indivíduo. Na maioria das espécies, os organismos masculinos produzem **espermatozoides**, gametas pequenos e móveis, e os femininos, **óvulos** (ovócitos II na espécie humana e em outros mamíferos), gametas maiores e imóveis (reveja a **figura 12.4**).

A gametogênese ocorre nas **glândulas sexuais** ou **gônadas** (do grego *gónos* = geração, semente). Os espermatozoides são produzidos por espermatogênese nos **testículos** (do latim *testis* = testemunha); os óvulos (na espécie humana, ovócitos) são produzidos por ovulogênese (ou ovogênese), nos **ovários**.

A espermatogênese e a ovulogênese são semelhantes e podem ser divididas, basicamente, em três fases: **multiplicação** (também chamada **fase germinativa**), **crescimento** e **maturação**. Na espermatogênese ocorre ainda a fase de **especialização** ou **espermogênese**.

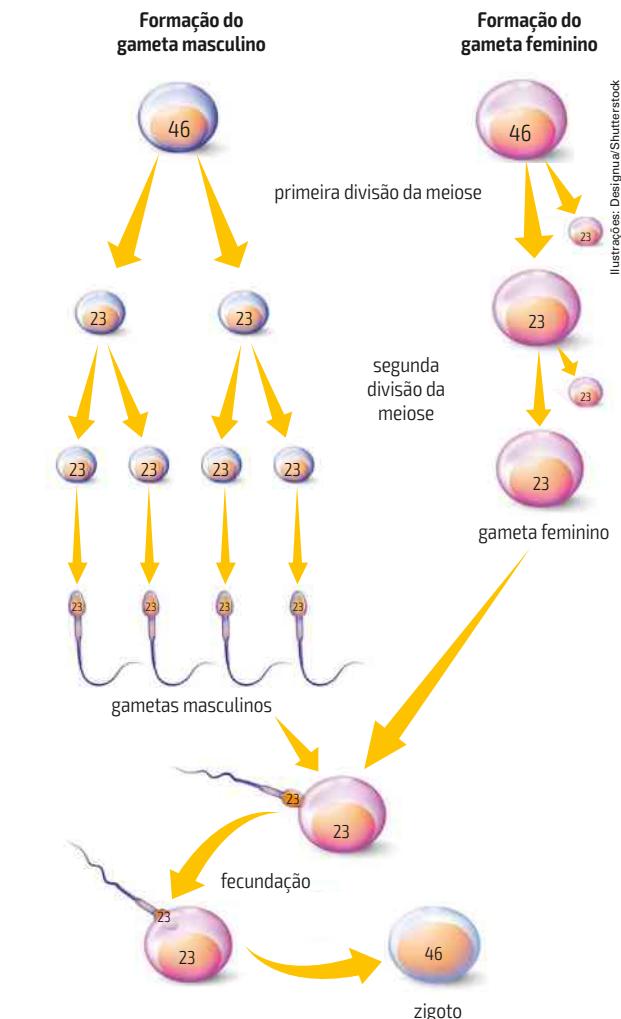


Figura 12.4 Esquema simplificado da formação dos gametas por meiose e da fertilização desses gametas que ocorre na reprodução sexuada (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



Vantagem da variabilidade genética

A reprodução sexuada envolve maior gasto de tempo e de energia: o indivíduo tem de produzir gametas, encontrar parceiros e copular, além do desenvolvimento do novo indivíduo, que também inclui grande gasto de energia (**figura 12.5**).

shikhei901/Getty Images



Figura 12.5 Nos sapos, por exemplo, a reprodução sexuada depende da capacidade de o macho e a fêmea se encontrarem. São produzidos milhares de ovos e a maioria deles não chegará à idade adulta. Além disso, a fecundação depende da água para acontecer. O tamanho dos sapos varia muito de acordo com a espécie. Na foto, a fêmea (que está embaixo) tem cerca de 20 cm de comprimento.

A reprodução assexuada, por outro lado, pode produzir grande quantidade de indivíduos em curto intervalo de tempo, geralmente com menos gasto de energia.

Por que, então, a reprodução sexuada teria aparecido na natureza e se tornado tão presente em um enorme número de espécies de seres vivos?

Para explicar esse acontecimento, é preciso refletir sobre as possíveis vantagens da reprodução sexuada sobre a reprodução assexuada. E a principal delas é a variabilidade genética dos novos indivíduos.

Enquanto pela reprodução assexuada são produzidos indivíduos geneticamente iguais (exceto quando ocorrem mutações), pela sexuada originam-se filhos com variedade genética muito grande. Isso porque os gametas são geneticamente distintos e podem associar-se de várias maneiras por meio da fecundação.

Ao longo dos anos várias hipóteses foram propostas para explicar por que a maior variabilidade genética gerada pela reprodução sexuada é vantajosa.

Uma das hipóteses é a de que a reprodução sexuada constitui uma proteção contra doenças

causadas por parasitas, por exemplo. Alguns indivíduos poderiam apresentar combinações genéticas que os tornariam mais resistentes aos parasitas que atacavam seus pais. Esses indivíduos teriam novas proteínas na membrana das células nas quais as proteínas dos parasitas não se encaixariam. Sem esse encaixe, um vírus, por exemplo, não poderia entrar na célula. Em outras palavras, as proteínas dos parasitas funcionariam como "chaves" que não poderiam mais abrir as novas "fechaduras" do organismo. Assim, ao mesmo tempo em que novos vírus surgem por evolução, novas "fechaduras" seriam sempre produzidas pelos hospedeiros. As espécies com reprodução assexuada estariam mais suscetíveis a parasitas.

A desvantagem da reprodução assexuada no combate a doenças fica evidente, por exemplo, nas monoculturas agrícolas. Nessas plantações há pouca variabilidade genética, o que as torna vulneráveis a pragas.

No início da década de 1990, na Bahia, uma praga que ficou conhecida como vassoura-de-bruxa (**figura 12.6**) destruiu plantações inteiras de cacau, o fruto do qual se faz o chocolate.

Essa vulnerabilidade exigiu, além de outras medidas, um uso cada vez mais intenso de agrotóxicos. Nocivos para as pragas, esses produtos também agredem o ambiente. Portanto, é preciso cuidado: o excesso desses compostos pode causar doenças em vários organismos, além de sérios desequilíbrios ambientais.



Figura 12.6 Causada pelo fungo *Moniliophthora perniciosa*, a vassoura-de-bruxa continua sendo um sério problema para agricultores e pesquisadores. Uma das formas de controle é enxertar mudas de plantas resistentes à praga em plantas sensíveis à doença.

Eduardo Martins/Ag. A Tarde/Futura Press

Espermatogênese

Nos seres humanos, a fase de multiplicação (**figura 12.7**) começa no testículo do embrião. Nessa etapa, células embrionárias, chamadas **células germinativas primordiais**, multiplicam-se e originam **espermato- gônias**. A partir da puberdade, as espermato- gônias dividem-se por mitose, aumentando de número em um processo que continua por toda a vida, garantindo grande quantidade de futuros gametas.

Algumas espermato- gônias continuam se multiplicando; outras entram na fase de crescimento e se tornam **espermato- citos primários** (de **primeira ordem** ou **espermato- cito I**). Estes sofrem a primeira divisão da meiose e originam duas células haploides, os **espermato- citos secundários** (de **segunda ordem** ou **espermato- cito II**), que sofrem a segunda divisão da meiose, formando quatro células haploides: as **espermátides**. As duas divisões compõem a fase de maturação.



Representação artística de espermatozoides.

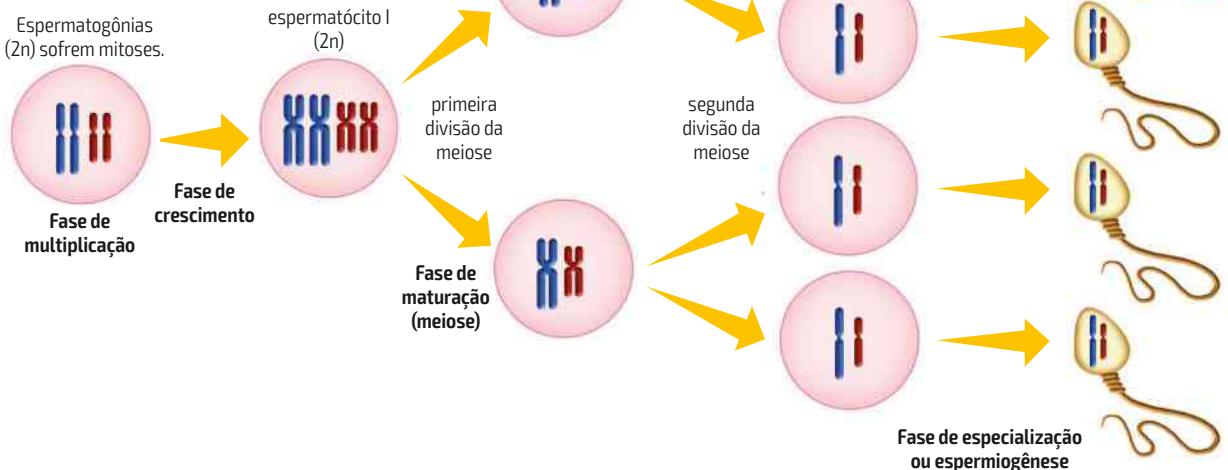


Figura 12.7 Na ilustração, esquema simplificado da espermatogênese de um animal-modelo com quatro cromossomos nas células do corpo. A primeira divisão da meiose reduz o número de cromossomos à metade. Na segunda divisão, os cromossomos duplos voltam a ser simples. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.) Na foto (no alto, à direita), pode ser vista a cabeça, a peça intermediária e parte da cauda de um espermatozoide humano (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 12 mil vezes; imagem colorizada por computador.)

As espermátides não se dividem mais e começam a se transformar em espermatozoides: é a fase de especialização (**figura 12.7**). Nesse processo, elas perdem grande parte do citoplasma, e, a partir do centríolo, desenvolve-se uma **cauda**, ou **flagelo**. Essas transformações produzem células móveis, capazes de se deslocar em direção ao óvulo (ovócito II, na maioria dos mamíferos) com velocidade média, na espécie humana, de 1 mm/min a 4 mm/min. As mitocôndrias agrupam-se no início da cauda (na **peça intermediária** ou **colo**) e fornecem energia para o movimento da célula. Na extremidade da **cabeça**, há o **acrossoma**, vesícula originada do complexo golgiense com enzimas que facilitam a penetração do espermatozoide no óvulo (ou no ovócito).



Ilustrações: Luis Moura/Arquivo da editora

Ovulogênese

Na fase embrionária, as células germinativas primordiais multiplicam-se e originam **ovogônias**, situadas no interior dos ovários (figura 12.8). Parte dessas ovogônias cresce e se torna o **ovócito primário (de primeira ordem ou ovócito I)**, que armazena em seu citoplasma alimento que nutre o embrião no início de seu desenvolvimento. Esse alimento é chamado **vitelo** e sua quantidade varia. Na maioria dos mamíferos é pequena ou, no caso da espécie humana, praticamente ausente. Na gema do ovo de galinha, é tão grande que torna a célula visível a olho nu.

Quando as meninas nascem, há ovócitos I paralisados na prófase da primeira divisão da meiose. Na puberdade, uma vez por mês (a cada ciclo menstrual, como veremos adiante), um ovócito (em geral) completa a primeira divisão da meiose, originando duas células haploides: o **ovócito secundário (de segunda ordem ou ovócito II)** e o **primeiro glóbulo polar (corpúsculo polar ou polócito I)**. Reveja a figura 12.8. Nessa divisão, diferentemente do que ocorre na espermatozogênese, o emparelhamento dos cromossomos não se dá no equador da célula, mas em algum ponto de sua periferia. Por causa dessa arrumação,

especial, aquelas duas células apresentam tamanhos diferentes. Apesar de também possuir metade dos cromossomos do ovócito I, o primeiro glóbulo polar é constituído por uma quantidade muito reduzida de citoplasma e degenera (figura 12.8).

Na maioria dos mamíferos, a célula lançada pelo ovário na tuba uterina não é o óvulo, mas o ovócito II estacionado na metáfase II (metáfase da segunda divisão da meiose). A segunda divisão só se completa se o espermatozoide penetrar no ovócito II. Se isso ocorrer, o ovócito II completa a segunda divisão da meiose e origina um óvulo (ou **ovó tide**) e um **segundo glóbulo polar (ou polócito II)**, que também degenera.

Essas modificações da meiose na ovulogênese permitem que o citoplasma (ou vitelo), reservado às etapas iniciais da formação do embrião, em vez de ser dividido entre quatro células-filhas, fique todo concentrado em uma única (o óvulo). Assim, pela formação de glóbulos polares, o ovócito livra-se de metade de seus cromossomos (reduz sua carga cromossomial) sem comprometer o alimento reservado ao embrião.

Ilustrações: Luis Moura/Arquivo da editora

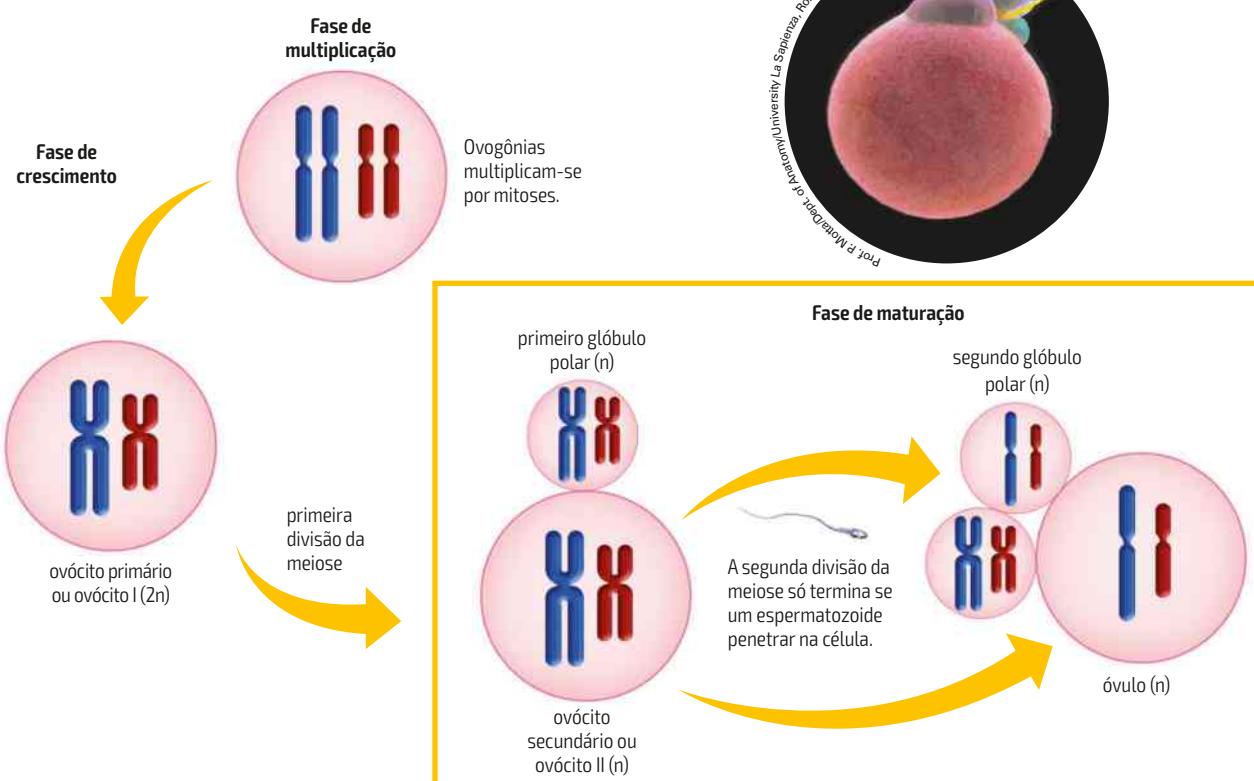


Figura 12.8 Na ilustração, esquema simplificado da ovulogênese de um animal-modelo com quatro cromossomos nas células do corpo: do ovócito primário forma-se apenas um óvulo (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, o espermatozoide (amarelo) penetrou no ovócito II (rosa), que se dividiu e originou um segundo glóbulo polar, que se dividiu também (os glóbulos aparecem nas cores roxo e azul) (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 1500 vezes; imagem colorizada por computador).

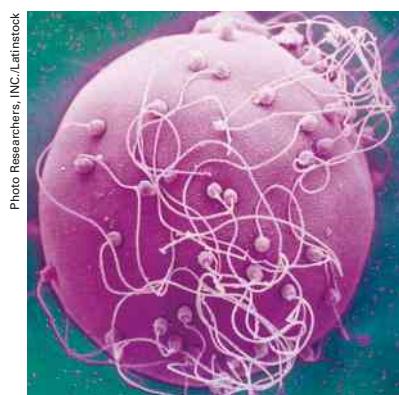
Fecundação

Fecundação é a penetração do espermatozoide no óvulo (ovócito II) e a união dos núcleos dos dois gametas, com a consequente formação do zigoto. Em algumas espécies, o contato é precedido pela atração dos espermatozoides por substâncias químicas produzidas pelo óvulo (ou pelo ovócito II) ou por células que o envolvem (no caso da espécie humana).

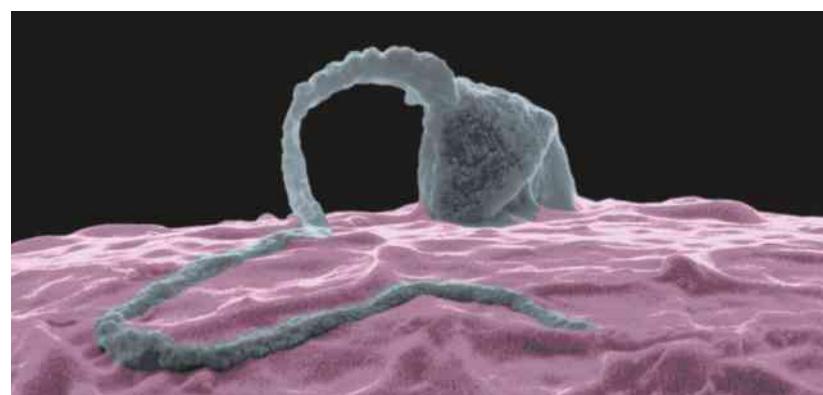
O espermatozoide penetra apenas em óvulos (ovócitos II) das fêmeas de sua espécie, por causa da presença de proteínas nas membranas dos gametas

que se encaixam umas nas outras e garantem a adesão entre eles.

O espermatozoide atravessa inicialmente as células que se desprenderam do ovário com o ovócito, a **coroa radiada**, e uma camada de glicoproteínas, a **zona pelúcida** (figura 12.9). Essa passagem é facilitada por enzimas liberadas pelo acrosoma do espermatozoide. Ao entrar em contato com a membrana plasmática, há um processo de ativação do ovócito, fazendo-o terminar a meiose e formando-se uma membrana que, em geral, impede a entrada de outros espermatozoides (polispermidia).



Espermatozoides ao redor de ovócito II humano (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 480 vezes; imagem colorizada por computador).



Detalhe de um espermatozoide penetrando no ovócito II (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 5 700 vezes; imagem colorizada por computador).

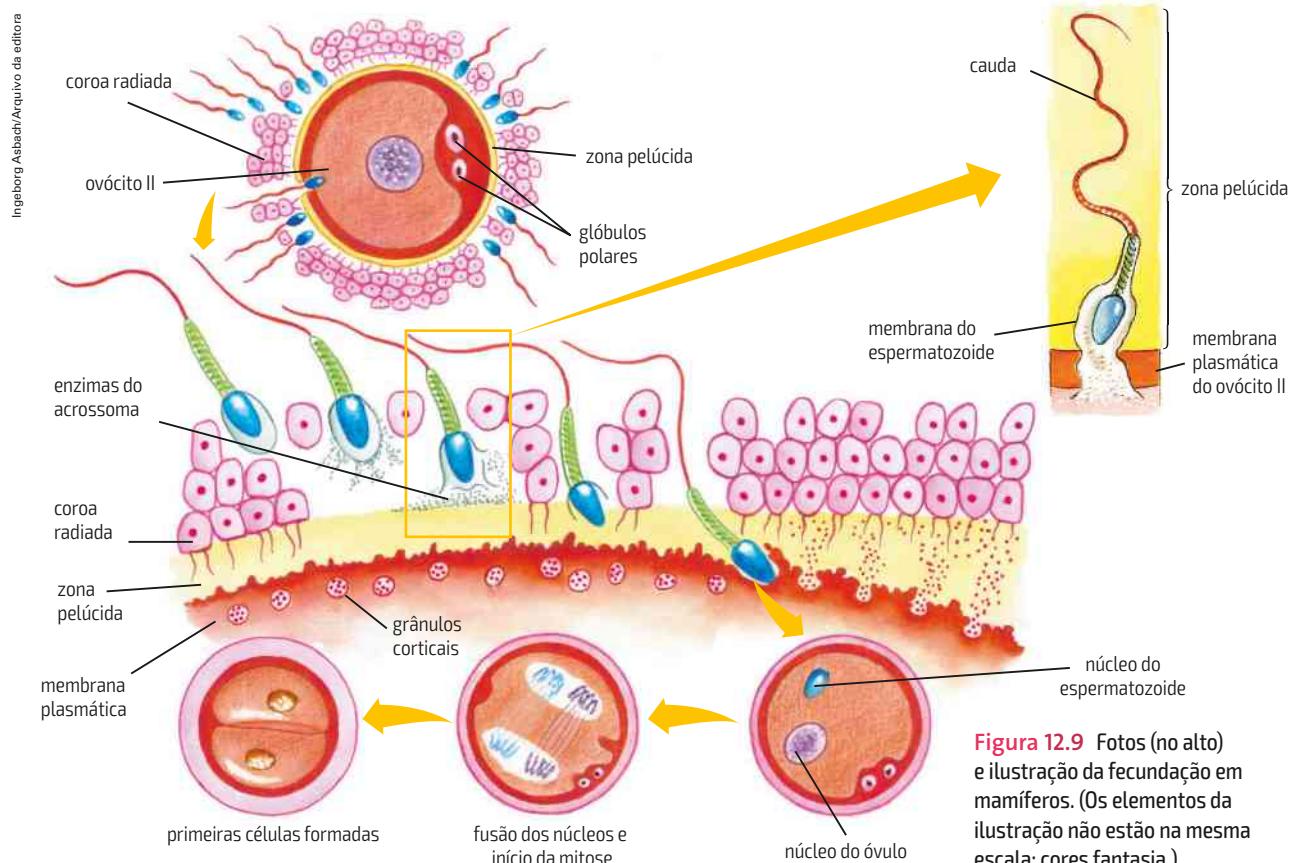


Figura 12.9 Fotos (no alto) e ilustração da fecundação em mamíferos. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Em alguns animais, pode entrar mais de um espermatozoide, mas apenas um sobrevive e une seu núcleo ao núcleo do óvulo – processo conhecido como **cariogamia** (do grego *karyon* = núcleo; *gamo* = casamento) ou **anfimixia** (do grego *amphi* = duplo; *mixis* = mistura). Após a cariogamia, forma-se o zigoto, que inicia a mitose.

O óvulo (ovócito II) contribui com o núcleo e o citoplasma (e suas organelas) para o desenvolvimento da célula-ovo; o espermatozoide contribui com o núcleo e os centriolos (a cauda e as mitocôndrias do colo não penetram no óvulo – ovócito II –, quando penetram, são destruídas).

Fecundação externa e interna

Na fecundação externa, frequente em invertebrados aquáticos, peixes e anfíbios, o macho e a fêmea lançam seus gametas na água (**figura 12.10**); portanto, o encontro dos gametas masculinos e femininos ocorre fora do corpo. A quantidade de gametas produzidos é significativa, compensando a grande perda: a fêmea do peixe-dourado, por exemplo, produz cerca de 2 milhões de óvulos durante a época de reprodução; no entanto, calcula-se que menos de dez filhotes consigam chegar à fase adulta.

Fred Bavendam/Minden Pictures/Latinstock



Figura 12.10 Colônia de coral (*Acropora* sp.) liberando gametas na água. As colônias desse gênero podem atingir vários metros de extensão e são formadas por diversos indivíduos com cerca de 2 mm cada um.

A fecundação interna, em que os espermatozoides são lançados no sistema genital feminino, constitui importante adaptação à vida terrestre, pois impede a desidratação dos gametas e permite economia no número de óvulos produzidos (**figura 12.11**). É a forma dominante de fecundação nos animais terrestres (répteis, aves, mamíferos e diversos invertebrados, como os insetos e as aranhas) e em alguns animais aquáticos, como o polvo, a lula e alguns peixes.

Fábio Colombini/Acervo do fotógrafo



Figura 12.11 Nos animais terrestres, a fecundação interna protege os gametas contra a desidratação. Na foto, acasalamento de besouros (cerca de 15 mm de comprimento).

Determinação do sexo

Conforme vimos no capítulo anterior, na maioria das espécies, incluindo a humana, existe um par de cromossomos responsável pela diferença entre os dois sexos: os **cromossomos sexuais** ou **heterocromossomos** (do grego *hétero* = diferente). Em geral, nas fêmeas eles são idênticos; nos machos, um dos cromossomos é idêntico ao das fêmeas, e o outro é diferente (**figura 12.12**).

SPL/Latinstock

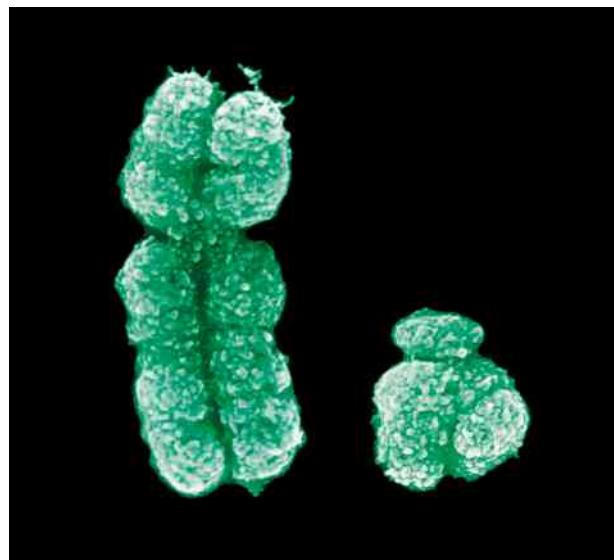


Figura 12.12 Cromossomos sexuais da espécie humana (heterocromossomos). O cromossomo X (à esquerda) tem cerca de 7 µm de comprimento (microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada por computador).

Na espécie humana, se o cromossomo Y está presente, a gônada primitiva do embrião se transforma em testículo; na ausência desse cromossomo, a gônada forma um ovário. Definido o tipo de gônada, ela produz hormônios que estimulam o desenvolvimento do sistema genital e as características sexuais secundárias, que aparecem na puberdade. No entanto, como veremos no Volume 3 desta coleção, para que um embrião do sexo masculino se desenvolva, é necessária a presença de um gene específico no cromossomo Y, o que pode não ocorrer. Além disso, os receptores para os hormônios sexuais, por alguma alteração genética, podem estar ausentes nas células dos tecidos-alvo.

Em alguns insetos, como o gafanhoto, a fêmea possui dois cromossomos sexuais (XX) e o macho, apenas um (XO; o O indica a falta do cromossomo sexual). Nas aves em geral, nas mariposas, nas borboletas e em alguns peixes, a fêmea possui cromossomos diferentes (ZW), e o macho possui dois cromossomos do mesmo tipo (ZZ) (figura 12.13). As letras Z e W são usadas apenas para diferenciar esse sistema do sistema XY de determinação do sexo.

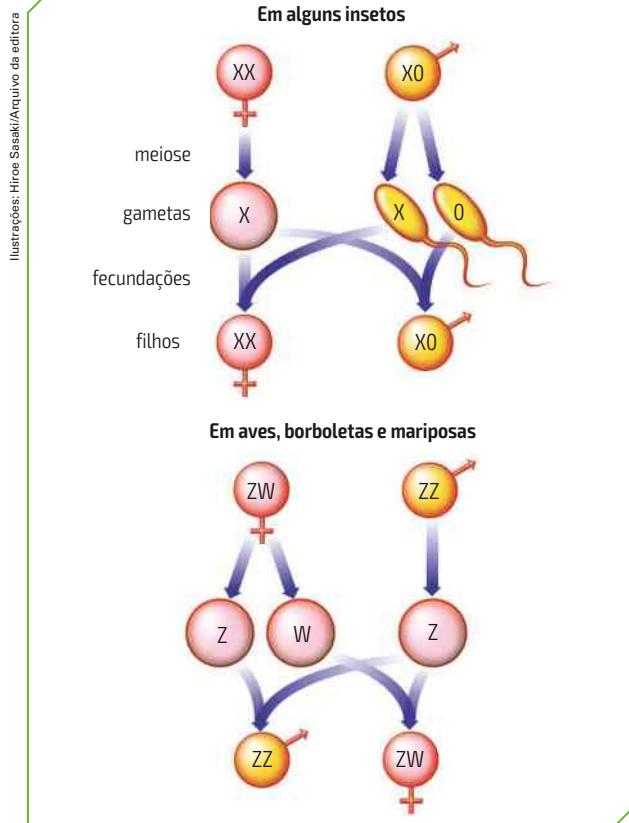


Figura 12.13 Esquema demonstrando determinação do sexo nos sistemas XX/XO e ZW/ZZ (as células não estão na mesma escala; dimensões microscópicas; cores fantasia).

Hermafroditismo

Em várias espécies de invertebrados, um mesmo indivíduo produz tanto espermatozoides como óvulos: é o **hermafroditismo** (palavra que se origina do nome dos deuses gregos Hermes e Afrodite). Em princípio, o ser hermafrodita pode fecundar a si próprio (**autofecundação**), mas isso só é verificado em alguns parasitas, como a solitária, e em organismos sedentários que vivem isolados. Na maioria das vezes, os hermafroditas realizam fecundação cruzada: um dos indivíduos funciona como macho e o outro, como fêmea. Em alguns casos (por exemplo, nas minhocas), ocorre **fecundação recíproca**, também chamada **fecundação cruzada mútua**, na qual os dois funcionam, ao mesmo tempo, como macho e fêmea, dando e recebendo espermatozoides.

Se a autofecundação é uma vantagem para alguns animais incapazes de se locomover ou que vivem isolados, a fecundação recíproca ocorre quando o encontro de dois animais pode ser raro ou difícil, por causa, por exemplo, da pouca mobilidade dos indivíduos (caso das minhocas e dos caracóis) ou da pequena densidade populacional. Nesses casos, se cada indivíduo for hermafrodita, todos os encontros poderão resultar em cópula (figura 12.14), o que não aconteceria se os dois fossem do mesmo sexo.

Existem mecanismos que dificultam a autofecundação, como o amadurecimento das gônadas do mesmo indivíduo em épocas diferentes. Esses mecanismos evitam a redução da variedade genética (na autofecundação, os filhos recebem genes de apenas um indivíduo).



Figura 12.14 Reprodução de minhocas. Os indivíduos são hermafroditas e trocam gametas. Assim, ambos são fecundados. Existem várias espécies de minhocas e o tamanho delas pode variar, chegando a 20 centímetros de comprimento.

Conjugação

Além da reprodução assexuada, alguns organismos unicelulares podem trocar material genético entre si. As bactérias, por exemplo, podem transferir para outras bactérias parte de seu material genético (contido em moléculas de DNA chamadas **plasmídios**) por meio de pontes de citoplasma (**figura 12.15**). Surgem, assim, novas variedades de bactérias. Essa forma mais simples de reprodução é chamada **conjugação** e ocorre também em alguns protozoários, como o paramécio, que se unem e trocam material genético contido em pequenos núcleos, os micronúcleos. Estes sofrem meiose e são transferidos de um protozoário para o outro.

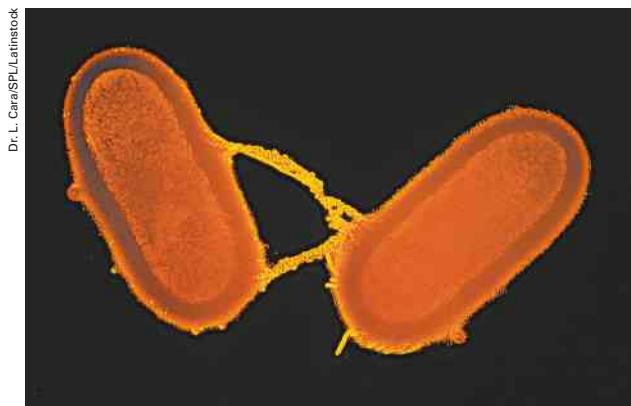


Figura 12.15 Bactérias em conjugação (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 5 mil vezes; imagem colorizada por computador).

Partenogênese

Apesar de ser considerada uma forma de reprodução assexuada, a **partenogênese** (do grego *parthenos* = virgem; *genesis* = origem) apresenta características diferentes da reprodução assexuada típica, pois há um sistema reprodutor que produz gametas femininos. Os óvulos desenvolvem-se sem a participação de espermatozoides, não havendo, portanto, mistura de genes de dois gametas diferentes. Não é um fenômeno raro e, em alguns insetos, vermes e crustáceos, é um processo comum de reprodução. Um dos exemplos mais estudados é a partenogênese das abelhas. Nesses insetos, todos os machos da colmeia (zangões) surgem por partenogênese e as fêmeas (operárias e rainhas), por fecundação.

Durante o voo nupcial, a rainha recebe os espermatozoides dos zangões e os armazena em uma bolsa, a **espermateca** (do grego *sperma* = semente;

theke = compartimento). Se a comunicação entre a espermateca e o oviduto (canal que se comunica com o ovário) estiver aberta quando os óvulos estiverem passando, os espermatozoides saem e ocorre a fecundação: o ovo resultante origina uma larva feminina. Caso esta seja alimentada durante todo o seu desenvolvimento com geleia real (secreção produzida pelas operárias), forma-se uma rainha; se receber mel comum e pólen, nasce uma operária. Com o oviduto fechado, os óvulos não são fecundados e desenvolvem-se por partenogênese, originando machos, os zangões.

3 Reprodução humana

Em razão do desenvolvimento cultural na espécie humana, a reprodução e o sexo vão muito além da cópula e da união dos gametas masculino e feminino.

A reprodução, geração de um novo indivíduo, consiste no encontro dos gametas. Ela pode ocorrer de maneira artificial, por meio de técnicas como a inseminação artificial e a fertilização *in vitro*. Para que ela possa ocorrer de forma natural, é necessário acontecer a relação sexual entre dois indivíduos, um do sexo feminino e um do sexo masculino.

O ato sexual, no entanto, não envolve necessariamente a reprodução. Isso se explica pelo fato de o sexo abranger também relações diferentes daquela que envolve uma mulher e um homem. Existem relações sexuais entre pessoas do mesmo sexo, chamadas **relações homossexuais**; e existem relações entre pessoas de sexos diferentes que utilizam algum método para evitar a reprodução, os **métodos contraceptivos**.

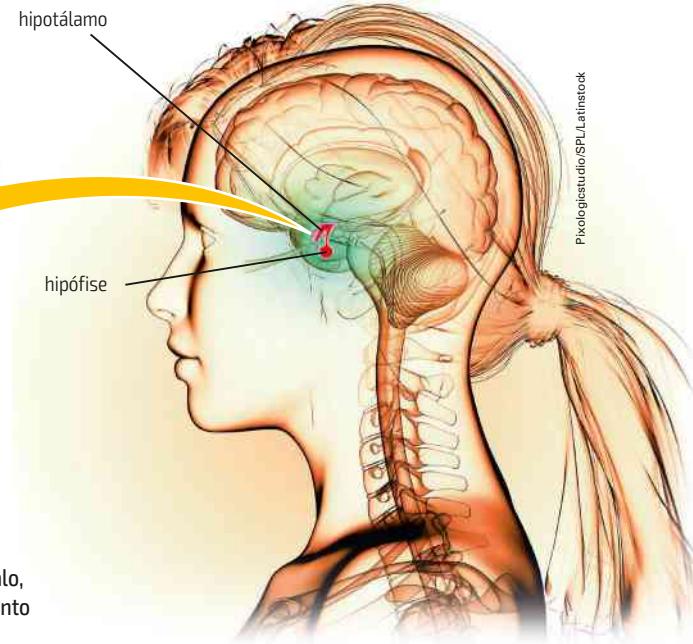
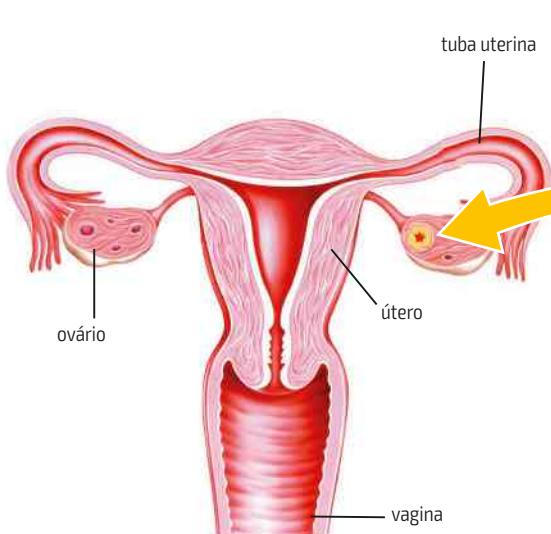
Na puberdade, o corpo sofre grandes transformações. Nos meninos, ela começa, em geral, entre 9 e 14 anos, mas essa idade pode variar. Entre outras transformações, os órgãos genitais crescem, a musculatura se desenvolve, aparecem a barba e os pelos nas axilas e no pélvis (pelos púbicos), o crescimento se acelera e começa a produção de espermatozoides.

Nas meninas, a puberdade começa, geralmente, entre 8 e 13 anos, podendo variar de uma menina para outra. Os seios aumentam, aparecem pelos nas axilas e no pélvis, o ritmo do crescimento se acelera e ocorre a primeira ovulação (lançamento de um ovócito secundário na tuba uterina) e a menstruação.

Essas mudanças são controladas por hormônios, substâncias químicas lançadas no sangue por certas glândulas do corpo, chamadas **glândulas endócrinas**. Você vai saber mais a respeito delas no Volume 2 desta coleção. Mas, para com-

preender como funciona o sistema genital, é importante você já saber que essas transformações são controladas pela glândula hipófise e pelos hormônios produzidos nos testículos e nos ovários (**figura 12.16**).

John Bavosi/SPL/Latinstock



Pixologicstudio/SPL/Latinstock

Figura 12.16 Estimulada pelo hipotálamo, uma região do encéfalo, a hipófise produz hormônios que estimulam a ovulação (lançamento de um ovócito secundário na tuba uterina) e a produção de hormônios sexuais pelos ovários e testículos (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Biologia e sociedade



Homossexualidade

Em nossa sociedade, como em muitas outras, existem indivíduos homossexuais, isto é, que se relacionam sexualmente com pessoas do mesmo sexo.

Na adolescência, os sentimentos podem estar confusos, e a admiração que se tem por amigos do mesmo sexo – ou amigas, no caso das garotas – pode muitas vezes se confundir com atração física.

O desenvolvimento de atração física pelo mesmo sexo ou pelo sexo oposto nunca deve ser motivo de discriminação.

Pessoas apresentam características diversas e isso é importante para a sociedade. Todos devem ser respeitados, independentemente de diferenças de gênero, idade, etnia, classe social ou crença religiosa. Combater a violência e a intolerância é um dever de todos nós.

Garotas com ciúme umas das outras ou garotos com uma turma de amigos do mesmo sexo são exemplos de comportamentos típicos da adolescência e não caracterizam necessariamente a homossexualidade. No entanto, se alguém estiver desconfortável por causa de desejos sexuais, pode ser interessante conversar com um psicólogo.

Um último lembrete: caráter, talento e capacidade profissional não têm sexo nem são exclusivos de heterossexuais ou homossexuais. Não se deve avaliar uma pessoa por sua orientação sexual. Quem discrimina os outros não está ajudando em nada a vida em sociedade e acaba perdendo o direito de ser livre. Afinal, se alguém não respeita os outros, como espera ser respeitado?

Sistema genital masculino

No embrião humano, os testículos estão localizados no interior da cavidade abdominal, próximo aos rins. Antes do nascimento, eles saem dessa cavidade e alojam-se no **escroto** (do latim *scrotu* = bolsa) (figura 12.17). Isso favorece a espermogênese, que geralmente ocorre em temperaturas mais baixas que a do interior da cavidade abdominal. No escroto, a temperatura é 1 °C a 2 °C mais baixa que a temperatura corporal.

Nos testículos existem cerca de mil pequenos tubos enovelados, chamados **túbulos seminíferos** (do latim *semen* = semente; *ferre* = que transporta), nos quais, a partir da puberdade, são produzidos os espermatozoides. Entre esses tubos estão as **células intersticiais**, que produzem testosterona, hormônio responsável pelas características sexuais secundárias, como o aparecimento de pelos nas axilas e no púbis (pelos púbicos) e da barba.

Dos túbulos seminíferos os espermatozoides são transportados através dos **ductos eferentes** para outro tubo, o **epidídimo** (do grego *epi* = sobre; *didymos* = gêmeos, no caso, os dois testículos), no qual adquirem mobilidade (figura 12.17). De cada

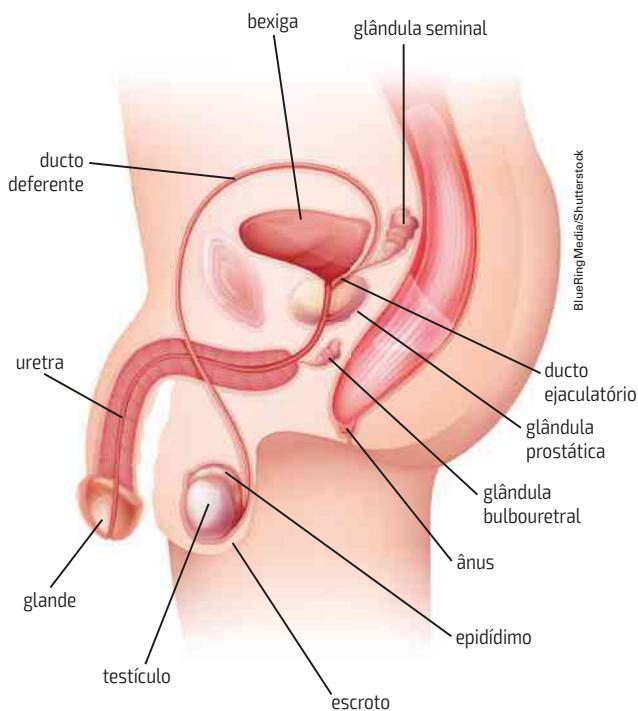


Figura 12.17 Esquema do sistema genital masculino (cores fantasia).

epidídimo sai um **ducto deferente**, que se une ao ducto da **glândula** (ou **vesícula**) **seminal**, formando o **ducto ejaculatório** e desembocando na uretra. Os espermatozoides ficam armazenados no epidídimo e nos ductos deferentes até serem ejaculados.

Além desse conjunto de tubos, o sistema genital masculino possui glândulas anexas: as **glândulas seminais**, a **glândula prostática** (ou próstata) e as **glândulas bulbouretrais** (figura 12.17). Com os espermatozoides, as secreções dessas glândulas formam o **sêmen** ou **esperma** (os espermatozoides formam uma parte pequena – menos de 10% – do volume total do esperma).

A secreção das vesículas seminais e da próstata contém substâncias nutritivas que facilitam a sobrevivência do espermatozoide durante sua viagem em direção ao ovócito II. Uma dessas substâncias é a frutose, que serve de fonte de energia para os movimentos da cauda. Essas glândulas produzem um líquido alcalino que neutraliza a acidez da uretra e das secreções vaginais. Embora ajude a destruir bactérias causadoras de doenças, essa acidez prejudica o movimento dos espermatozoides. As glândulas bulbouretrais produzem um líquido que também ajuda a neutralizar a acidez da uretra.

Pelo sêmen também são eliminados linfócitos (a presença dessas células com o vírus da Aids explica por que ele pode ser transmitido pelo sêmen).

A uretra passa por dentro do pênis, que possui tecidos esponjosos ricos em vasos sanguíneos, os **corpos cavernosos** e o **corpo esponjoso** (figura 12.18). Durante a excitação sexual, estímulos nervosos vindos do sistema nervoso parassimpático fazem com que as artérias do pênis se dilatem, acumulando sangue nesses tecidos e comprimindo as

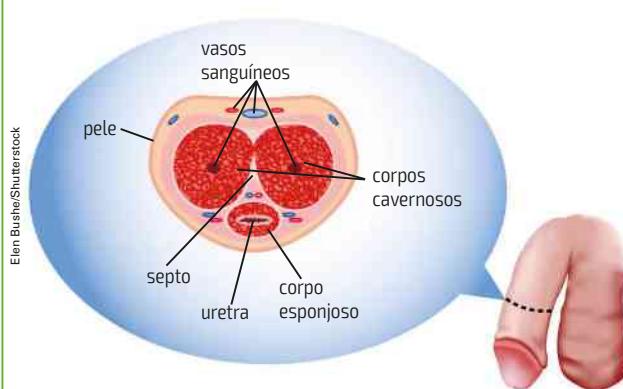


Figura 12.18 Anatomia interna do pênis (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

veias, o que obstrui o retorno do sangue. O resultado é a ereção: aumento do volume e enrijecimento do pênis.

Durante o ato sexual, quando os estímulos se tornam suficientemente intensos, ocorrem contrações dos músculos lisos do epidídimos, do canal deferente, da uretra e das glândulas anexas, e o sêmen é lançado para o exterior (ejaculação, acompanhada de sensações agradáveis, o orgasmo). Em cada ejaculação são expulsos, em média, de 2,5 mililitros a 5 mililitros de esperma, que contêm de 50 a 150 milhões de espermatozoides por mililitro.

Os espermatozoides se deslocam da vagina até as tubas uterinas, nas quais se dará o encontro com o ovócito II. Apenas cerca de cem espermatozoides chegam próximos ao ovócito, e apenas um o fecundará e unirá seu núcleo ao dele, formando a célula-ovo ou zigoto.

Os hormônios e o sistema genital masculino

Durante a puberdade, os testículos são estimulados pelos hormônios **foliculestimulante (FSH)** e **luteinizante (LH)**, produzidos pela hipófise. O FSH estimula a espermatogênese. O LH (também chamado no homem **hormônio estimulador das células intersticiais, ICSH**) estimula essas células a secretar testosterona, que reforça a ação do FSH na espermatogênese e determina o desenvolvimento dos órgãos genitais (caracteres sexuais primários), a descida dos testículos para o escroto e as características sexuais secundárias, que diferenciam os homens das mulheres, como a distribuição dos pelos (maior quantidade na face e no peito, por exemplo), o tom da voz e o desenvolvimento muscular e ósseo.

Biologia e saúde



Problemas no sistema genital masculino

Muitos distúrbios podem afetar a saúde do sistema genital masculino. Em algumas crianças, um ou os dois testículos podem não descer para o escroto, caracterizando a criptorquidíia (do grego *cripto* = escondido; *orchis* = testículo). Como há risco de esterilidade, é necessária uma avaliação médica.

A incapacidade de ter (ou manter) uma ereção por tempo suficiente para o ato sexual é chamada impotência. Pode ser causada por fatores psicológicos (estresse, ansiedade, frustrações, problemas conjugais) ou por problemas fisiológicos (doenças vasculares, uso de certos medicamentos, lesões nervosas, etc.). É necessário, portanto, um diagnóstico médico que indique o tratamento adequado. Vários medicamentos contra a impotência aumentam o efeito do óxido nítrico, gás que funciona como mensageiro químico em várias partes do corpo. Durante a estimulação sexual, ele provoca o relaxamento do músculo liso, o que aumenta o fluxo de sangue para o pênis e facilita a ereção.

Alguns homens podem apresentar problema de fertilidade. Aqueles que produzem menos de

20 milhões de espermatozoides por mililitro de sêmen são provavelmente inférteis, mas esse problema pode, em geral, ser resolvido com técnicas de reprodução assistida.

O câncer mais frequente em homens com mais de 50 anos é o de próstata. O diagnóstico precoce aumenta muito as chances de cura. Por isso, homens com mais de 40 anos devem ir ao urologista anualmente. E devem procurar também o médico se sentirem dor ou ardência ao urinar, se aparecerem caroços, bolhas ou verrugas em torno dos órgãos genitais, se saírem secreções ou sangue pela uretra ou se o parceiro estiver com alguma infecção que possa ser transmitida por contato sexual.



ATENÇÃO

As informações sobre questões de saúde deste capítulo não substituem a orientação médica nem podem ser usadas para diagnóstico, tratamento ou prevenção de doenças.

Sistema genital feminino

O sistema genital feminino (**figura 12.19**) é formado por um par de ovários, que produzem hormônios sexuais femininos e ovócitos, e um par de **tubas uterinas** (anteriormente chamadas trompas de Falópio). Essas tubas desembocam no útero, órgão muscular e oco. É no útero que a mulher grávida aloja o embrião.

O **útero** tem o formato de uma pera invertida, com 7,5 centímetros de comprimento e 5 centímetros de largura. Durante a gravidez, o útero aumenta muito de tamanho, chegando a ter 35 centímetros de comprimento. Dele sai a **vagina**, que se abre nos órgãos genitais externos. A vagina recebe o pênis durante o ato sexual e é através dela que o bebê sai no momento do parto.

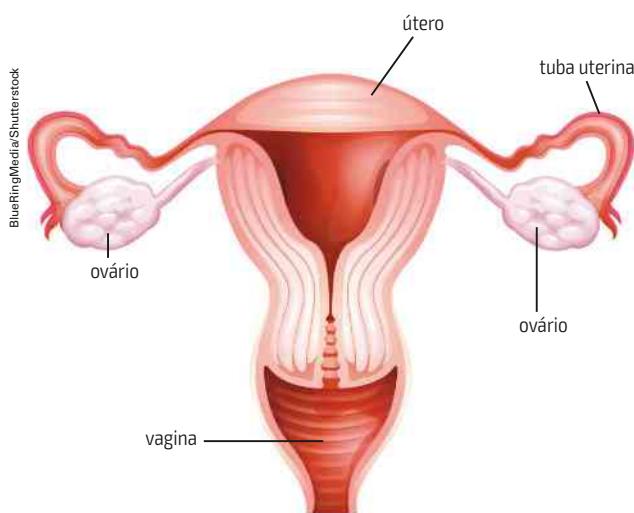


Figura 12.19 Representação esquemática do sistema genital feminino (cores fantasia).

A abertura da vagina e da uretra é protegida por dobras de pele e pelos lábios maiores e menores (dobras de pele e mucosa). Um pouco acima do orifício da uretra está o clítoris, pequeno órgão formado pela união da parte de cima dos pequenos lábios (**figura 12.20**). Por possuir muitas terminações nervosas, o clítoris é extremamente sensível a estímulos, podendo propiciar grande excitação sexual. De forma semelhante ao que acontece no pênis, o clítoris apresenta tecidos que se enchem de sangue durante a excitação.

Em mulheres virgens, fechando parcialmente a abertura da vagina, há uma membrana perfurada (hímen), que, em geral, se rompe no primeiro ato sexual. Algumas mulheres têm hímen complacente,

que possui uma abertura grande e pode não se romper com a penetração do pênis. Na parede vaginal, abrem-se os ductos das glândulas vestibulares maiores. Sob a ação de estímulos sexuais, essas glândulas produzem um líquido que lubrifica a vagina.

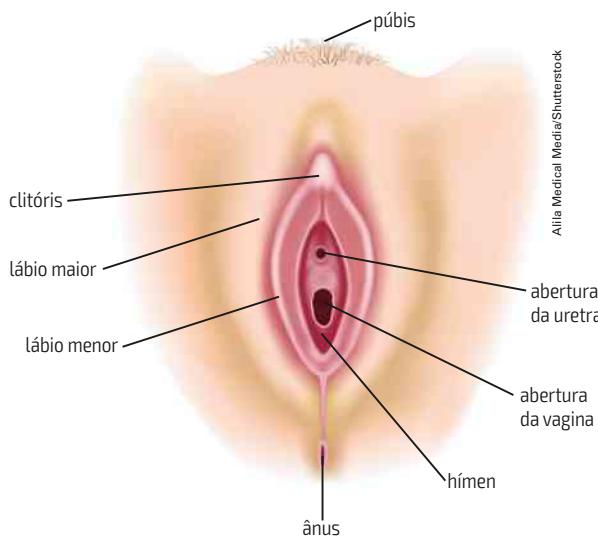


Figura 12.20 Representação esquemática da abertura da vagina (cores fantasia).

O ciclo menstrual

Os ovários de um bebê menina começam a funcionar já na fase embrionária, estimulados pelo hormônio **gonadotrofina** (do grego *gónos* = semente; *trophein* = nutrição) **coriônica humana** (hCG), produzido pela placenta e similar ao LH. Por ocasião do nascimento, há, em cada ovário, cerca de 1 milhão de “cachos” de células, os **folículos ovarianos**. A maior parte deles, porém, degenera e, na época da puberdade, há apenas cerca de 300 mil deles. Em cada folículo, há um ovócito primário paralisado no início da primeira divisão da meiose. Na puberdade, a meiose continua e, em cada ciclo menstrual, a primeira divisão da meiose se completa e um ovócito secundário é lançado na tuba uterina. O processo continua até a **menopausa**, que é a interrupção da ovulação e da menstruação, quando todos os folículos degeneraram.

De forma resumida, podemos dizer que, uma vez por mês, em média, o ovário lança um ovócito II na tuba uterina (ovulação) e o útero prepara-se para receber um embrião. Se houver fecundação, o embrião se implantará e crescerá no útero. Caso não haja, o ovócito II degenera, e a parte interna do útero desmancha-se e é eliminada pela vagina (**menstruação**). Essa série de

acontecimentos no ovário e no útero é controlada pelos hormônios FSH e LH e constitui o **ciclo menstrual** (figura 12.21), que se divide em três fases:

- **Fase proliferativa ou folicular.** Nessa etapa, o folículo ovariano cresce e se prepara para a ovulação. Ao longo desse processo de crescimento, provocado pelo FSH, o folículo produz **estrogênios** (ou **estrógenos**, grupo de hormônios sexuais femininos, dos quais o mais importante é o **estradiol**). Por isso, essa fase é também chamada **estrogênica**. Esses hormônios provocam o crescimento do **endométrio**,

membrana que forra o útero e na qual o embrião se fixará e crescerá. O útero é formado por uma camada de tecido epitelial, com glândulas produtoras de muco. Esse tecido fica apoiado em tecido conjuntivo.

Em geral, apenas um folículo ovariano termina seu crescimento (apesar de diversos serem estimulados) e acumula um líquido em seu interior. O ovócito primário termina a primeira divisão da meiose ao mesmo tempo que o folículo crescido se rompe, lançando o ovócito secundário na tuba uterina. Com isso, termina a primeira fase do ciclo menstrual.

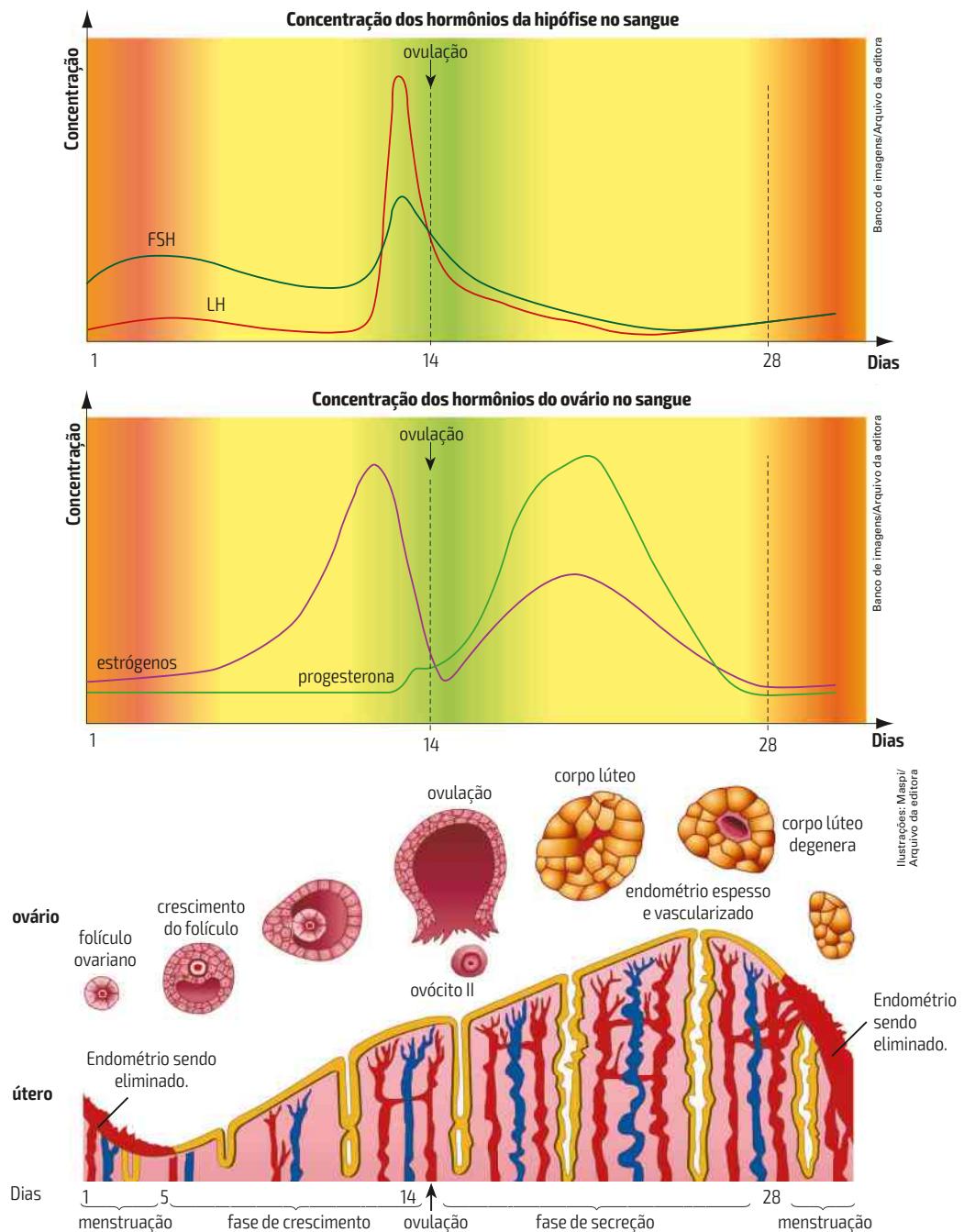


Figura 12.21 Esquema simplificado do ciclo menstrual (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia) e, na parte superior da figura, gráficos da concentração no sangue dos hormônios da hipófise e do ovário ao longo do ciclo.

● **Fase secretória, de secreção, lútea ou luteínica.**

Sob ação do LH, o folículo rompido transforma-se em uma glândula, o **corpo lúteo** (do latim *luteu* = amarelo; anteriormente também chamado **corpo amarelo**), que secreta estrogênios e **progesterona**, o principal hormônio do grupo das **progestinas** (do grego *pro* = anterior; *gestatione* = gestação). A progesterona estimula o desenvolvimento dos vasos sanguíneos e das glândulas do endométrio, que se torna espesso, vascularizado e cheio de secreções nutritivas.

● **Fase menstrual.** Se não ocorrer fecundação até cerca de 14 dias depois da ovulação e, portanto, não chegar nenhum embrião ao útero até esse dia, o corpo lúteo degenera ao longo da segunda fase do ciclo e transforma-se em uma “cicatriz” (**corpo albiciente** ou **albicans**; do latim *albus* = branco), deixando de produzir progesterona e es-

trogênios. A queda daquele hormônio provoca a degeneração e a eliminação parcial do endométrio (menstruação, que dura de três a sete dias).

Por convenção, considera-se o primeiro dia de menstruação o início do ciclo menstrual. Na primeira metade do ciclo, um novo folículo é estimulado pelo FSH e começa a crescer, produzindo estrogênios, cuja concentração aumenta gradativamente e inibe a produção de FSH e LH: é o chamado controle por *feedback* negativo. No entanto, no meio do ciclo, a alta taxa de estrogênios passa a ter efeito contrário, estimulando a produção de LH e, em menor grau, de FSH, por meio de um *feedback* positivo. Observe na **figura 12.21** que, logo após o pico de estrogênios, há um pico de LH e de FSH. Com o LH alto (perto do 14º dia), ocorre a ovulação.

Assim, é o LH que provoca a ovulação e a formação do corpo lúteo.

Biologia e saúde



Mulher: cuidados com o corpo

Uma vez por ano, toda mulher e toda garota que já tenha menstruado devem ir ao ginecologista para fazer o exame Papanicolau, que serve para verificar a existência de câncer no útero, acusar infecções e determinar o nível de hormônios relacionados ao ciclo menstrual.

O médico também poderá pedir uma mamografia, exame de raios X especial capaz de detectar tumores muito pequenos. Esse exame deve ser feito por todas as mulheres a partir dos 50 anos de idade – ou antes, de acordo com orientação médica. Para as mulheres que já tiveram casos de câncer de mama na família, por exemplo, o médico pode indicar um exame anual a partir dos 35 anos ou até antes.

Também se deve consultar o médico se houver ardência ou dor ao urinar, dores abdominais, se aparecerem caroços, bolhas ou verrugas na região genital, se passar a urinar com muita frequência, se a secreção vaginal, normalmente incolor e sem cheiro, estiver amarelada, rosada, parecida com “água de carne” ou tiver mau cheiro (pode ser que haja uma infecção ou outro problema), ou se o parceiro

estiver com alguma infecção que possa ser transmitida por contato sexual.

Embora seja comum dizer que uma mulher entrou na menopausa, esse termo é aplicado de forma mais precisa para se referir à última menstruação da mulher, que ocorre por volta dos 50 anos. Essa última menstruação marca também o momento em que ela para de ovular. Já o termo climatério refere-se ao período que antecede a menopausa e que pode começar por volta dos 40 anos, quando há diminuição da atividade hormonal e dos ovários. Nesse período podem ser necessários tratamentos para evitar, por exemplo, a osteoporose (enfraquecimento dos ossos). Qualquer tratamento sempre deve ser orientado pelo médico – o que vale também para tratamentos com produtos naturais.



ATENÇÃO

As informações sobre questões de saúde deste capítulo não substituem a orientação médica nem podem ser usadas para diagnóstico, tratamento ou prevenção de doenças.

Após o pico de LH e da ovulação, a taxa de estrogênio cai. O corpo lúteo começa a secretar progesterona, e a taxa desse hormônio aumenta. A concentração elevada de progesterona, associada a um pouco de estrogênio, inibe a produção de FSH e LH. Com a queda da concentração de LH, o corpo lúteo tende a regredir, e as concentrações de estrogênio e progesterona diminuem, provocando a menstruação e o desbloqueio da hipófise, iniciando-se um novo ciclo.

Período fértil e gravidez

Depois que o pênis ejacula, os espermatozoides depositados na vagina nadam pelo útero até a parte superior das tubas, onde ocorre a fecundação. A tuba é revestida por células com cílios, cujos movimentos, juntamente com contrações musculares, levam o zigoto em direção ao útero.

Durante essa viagem, que dura cerca de três dias, o zigoto sofre mitoses, de modo que, ao chegar ao útero, já se encontra na forma de uma pequena esfera com 12 a 16 células. Cerca de uma semana após a fecundação, formado por cerca de 70 a 100 células, começa o processo de implantação no útero (**nidação**) e inicia-se a gravidez (figura 12.22).

O ovócito II pode ser fecundado em um período de 24 a 36 horas após ter sido eliminado do ovário. Alguns espermatozoides podem permanecer vivos no sistema genital feminino por 72 horas

(ou mais). Assim, uma mulher pode engravidar se tiver uma relação 72 horas antes da ovulação e até 36 horas depois.

Como a ovulação ocorre de 13 a 15 dias antes da menstruação seguinte, o período fértil está, portanto, perto do meio do ciclo. O período estéril está próximo ao início e ao fim do ciclo. É preciso lembrar, no entanto, que a duração do ciclo é variável, podendo oscilar entre 21 e 35 dias, o que torna difícil prever o período fértil.

Em caso de gravidez, a placenta produz o hormônio hCG, que mantém o corpo lúteo ativo e impede que haja menstruação e ovulação. A detecção desse hormônio na urina ou no sangue serve de método para identificar a gravidez. Os testes de gravidez comprados em farmácias detectam o hCG na urina, em geral, 14 dias depois da concepção, mas não são infalíveis. Por isso, qualquer que seja o resultado, deve-se procurar um médico, que indicará um teste mais preciso.

A partir do terceiro mês, com a produção de progesterona e estrógenos pela placenta, o corpo lúteo degenera, e o processo torna-se independente do ovário.

O fato de a menstruação não ocorrer no fim do ciclo pode indicar gravidez, mas também pode ser apenas um atraso causado por algum problema. Por isso, é preciso que o médico realize exames de sangue para verificar se a mulher está de fato grávida.

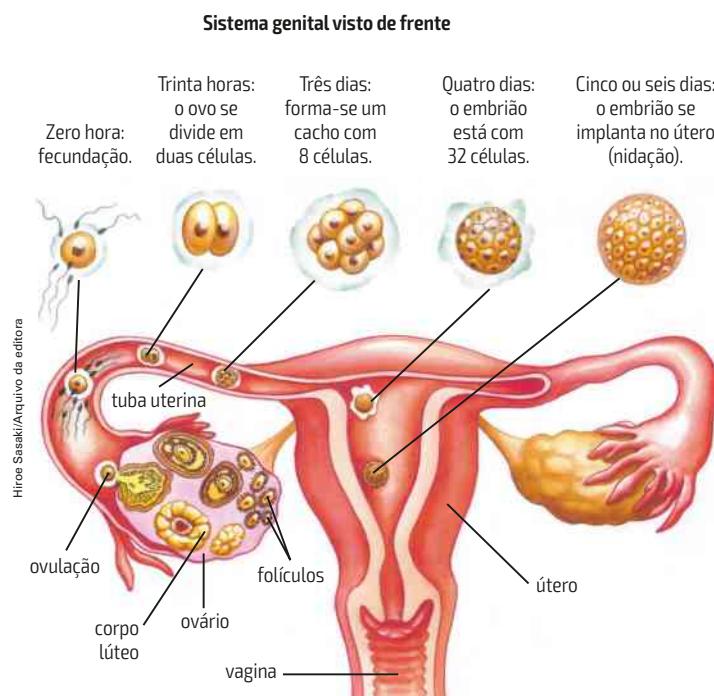


Figura 12.22 Representação das fases iniciais do desenvolvimento embrionário no sistema genital feminino (os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia). Na foto, embrião humano com 16 células (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 1500 vezes; imagem colorizada por computador).

4

Métodos anticoncepcionais

O nascimento de um filho é um momento muito especial que traz consigo uma série de responsabilidades para as quais o casal nem sempre está preparado. Essa falta de pregar é comum principalmente entre os adolescentes, que devem se lembrar de que a gravidez e os cuidados com o bebê vão ocupar parte do tempo que eles poderiam dedicar aos estudos ou ao início da carreira profissional.

Há vários métodos anticoncepcionais, ou contraceptivos. Esses métodos possibilitam o sexo diminuindo o risco de gravidez. Mas antes o casal deve consultar um médico, pois alguns contraceptivos podem trazer riscos à saúde.



ATENÇÃO

As informações a seguir têm o objetivo de ajudar as pessoas a entender melhor os diversos métodos contraceptivos. A escolha de um método para evitar a gravidez deve ser feita com auxílio médico: só ele pode indicar a melhor opção para cada caso.

Ilustrações: Mauro Nakata/
Arquivo da editora



A camisinha vêm enrolada em uma embalagem individual.



Na hora de colocar a camisinha, deve-se apertar a ponta para expulsar o ar e deixar um pequeno espaço para o esperma. Ela deve ser desenrolada sobre o pênis ereto, com cuidado para não rasgá-la ou furá-la a com a unha ou anéis. O pênis deve ser retirado da vagina logo após a ejaculação, ainda ereto. Ao retirar o pênis, deve-se segurar a camisinha pela borda, para evitar vazamentos.

Camisinha

O preservativo masculino (camisinha masculina) é uma membrana, geralmente de borracha fina, que deve ser colocada no pênis ereto antes da penetração (**figura 12.23**). O preservativo feminino é um tubo de poliuretano (plástico macio e flexível) que se encaixa na vagina (**figura 12.23**). Para colocá-la corretamente, é preciso ler as instruções na embalagem. Também pode ser conveniente procurar a orientação do médico em caso de dúvidas.

As camisinhas retêm o esperma ejaculado durante a relação sexual, impedindo a fecundação. Além disso, protegem contra muitas doenças sexualmente transmissíveis, como a Aids. A proteção, no entanto, não é completa: o uso inadequado pode rasgar a camisinha ou fazer o esperma vazar. O vazamento ocorre, por exemplo, se o pênis for retirado da vagina depois que estiver flácido ou se for retirado sem cuidados. Se isso acontecer, o fato deve ser comunicado ao médico o mais rápido possível.



camisinha feminina



Deve-se usar a camisinha uma só vez e jogá-la no lixo, dando um nó perto da abertura.

Figura 12.23 O uso da camisinha masculina. Não se deve aplicar vaselina nem produtos à base de óleo na camisinha porque podem enfraquecer o preservativo e fazer com que ele se rompa. Existem lubrificantes próprios para o uso com a camisinha que são feitos à base de água. É preciso também verificar o prazo de validade indicado na embalagem (os elementos das ilustrações não estão na mesma escala; cores fantasia). No alto, à direita, foto de camisinha feminina.

Existem à venda muitos produtos que são usados com a camisinha, como o creme ou o gel lubrificante, que facilitam a penetração do pênis, e os espermicidas, que destroem os espermatozoides e aumentam a eficiência da camisinha. Há também camisinhas que já vêm lubrificadas. No entanto, os espermicidas têm eficácia muito baixa quando usados isoladamente. Por isso, devem ser usados sempre com a camisinha (ou com o diafragma, outro método contraceptivo). Não se deve usar o preservativo feminino e o masculino ao mesmo tempo, pois eles podem grudar um no outro e sair do lugar.

A maior vantagem da camisinha sobre os demais métodos anticoncepcionais é que ela protege também contra doenças sexualmente transmissíveis.

Método de abstinência periódica

Consiste em evitar relações sexuais durante o período fértil. Para isso, a mulher precisa descobrir quando ele ocorre (em geral 14 dias antes da menstruação). Como o ciclo pode variar, é necessário determinar o dia da ovulação pelo acompanhamento diário da temperatura corporal ao acordar e do aspecto da secreção vaginal. Na época da ovulação, a temperatura aumenta cerca de 0,5 °C, e a secreção vaginal fica pegajosa, parecida com clara de ovo. Para não engravidar, a mulher deve ter relação sexual no mínimo 48 horas depois do dia da ovulação.

Apesar de não ter efeitos colaterais para a saúde da mulher, em geral esse método apresenta baixa eficácia e é necessária uma orientação detalhada do médico e muito treinamento, disciplina e motivação por parte do casal.

Métodos hormonais

O principal método hormonal é a **pílula anticoncepcional**, geralmente com uma mistura de derivados sintéticos de estrogênios e progesterona que inibem o aumento de LH (responsável pela ovulação). É um método muito eficiente; se for usado corretamente, o índice de falha é muito baixo. Mas a pílula deve ser sempre indicada por um médico, pois pode haver efeitos colaterais e nem todas as mulheres podem tomá-la.

Os hormônios de efeito prolongado baseiam-se no mesmo princípio da pílula. São aplicadas **injeções** desses hormônios mensalmente, ou a cada dois ou três meses; podem também ser implantados sob a pele do braço pequenos tubos de plástico que liberam hormônios no sangue durante cerca de três anos (**figura 12.24**). Há ainda o **adesivo transdérmico**, que libera hormônios na pele e deve ser trocado semanalmente. O índice de falhas desses métodos também é muito baixo. Da mesma forma, é necessário acompanhamento médico.

A **minipílula** contém apenas um hormônio, semelhante à progesterona. É menos eficiente que a pílula combinada, sendo indicada especialmente para mulheres que apresentam problemas com a pílula comum ou que estão amamentando. Mas é necessário tomar os mesmos cuidados.

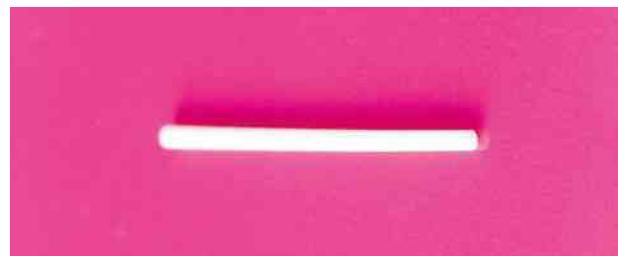


Image Point Fr/Shutterstock



Hiroe Sasaki/Arquivo da editora

Figura 12.24 Foto de implante hormonal (4 centímetros de comprimento e 2 milímetros de diâmetro). Ele é colocado sob a pele, no lado interno do braço, como representado na ilustração (os elementos não estão na mesma escala; cores fantasia).

Dispositivo intrauterino (DIU)

Trata-se de uma pequena peça de plástico recoberto de cobre, colocada no útero pelo médico. Este deve ser consultado periodicamente para verificar se o dispositivo está bem adaptado (**figura 12.25**). Sua remoção também deve ser feita pelo médico. O cobre destrói parte dos espermatozoides e impede que outros cheguem ao ovócito e o fecundem. Caso haja fecundação, o DIU impedirá que o embrião se fixe no útero. É um método eficaz, mas podem ocorrer cólicas, dores e sangramentos. Às vezes, o organismo expulsa o DIU. Existe também maior risco de infecções que, se não forem logo tratadas, podem provocar esterilidade.

O DIU não pode ser usado diante de suspeita de gravidez ou de gravidez confirmada, na presença de tumores no útero ou se houver sangramentos vaginais de causa desconhecida. Por isso, é necessário consultar o médico periodicamente para verificar se não há problemas. Há ainda um DIU que libera um hormônio sintético, semelhante à progestерона (**figura 12.25**).

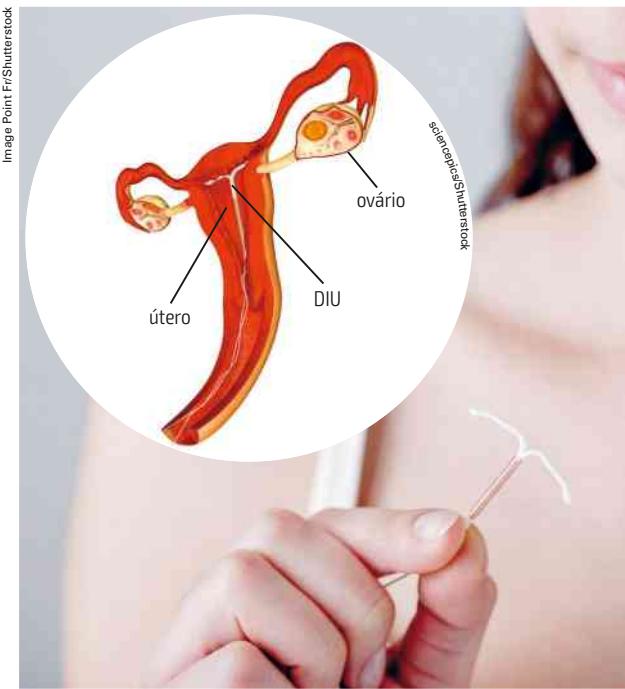


Figura 12.25 Na ilustração, posição do DIU no útero (cores fantasia). Na foto, DIU hormonal, que libera um hormônio sintético semelhante à progestérone.

Diafragma

Trata-se de um capuz de borracha flexível que deve ser colocado na entrada do útero antes da relação sexual, bloqueando a passagem dos espermatozoides (**figura 12.26**). O tamanho correto do diafragma é determinado pelo médico. Para aumentar sua eficiência, deve-se lubrificar as bordas com gel espermicida e só retirá-lo no mínimo seis horas depois do ato sexual, mas não mais de um dia, pois há risco de infecções. Se a mulher tiver outra relação duas horas depois, deve aplicar um pouco mais de espermicida na vagina, sem tirar o diafragma, pois o produto perde a eficiência com o tempo. Depois de usado, deve ser lavado com água e sabão neutro, secado e guardado no estojo para ser reutilizado em outra ocasião. Sempre se deve verificar se ele não está com furos: basta olhá-lo contra a luz ou enché-lo de água.

O diafragma não costuma causar problemas no organismo, mas pode aumentar um pouco a chance de infecção urinária. No entanto, é menos eficiente que a pílula e o DIU. Primeiro, porque pode ser colocado em posição incorreta. Segundo, porque pode sair da posição correta durante o ato sexual.



Figura 12.26 Foto de diafragma.

Técnicas de esterilização

Na esterilização feminina (**ligação** ou **laqueadura tubária**), a tuba uterina é cortada e seus cotos, amarrados (**figura 12.27**). Com isso, embora continue a ser produzido, o ovócito não é fecundado, uma vez que se interrompeu a ligação entre o ovário e o útero.

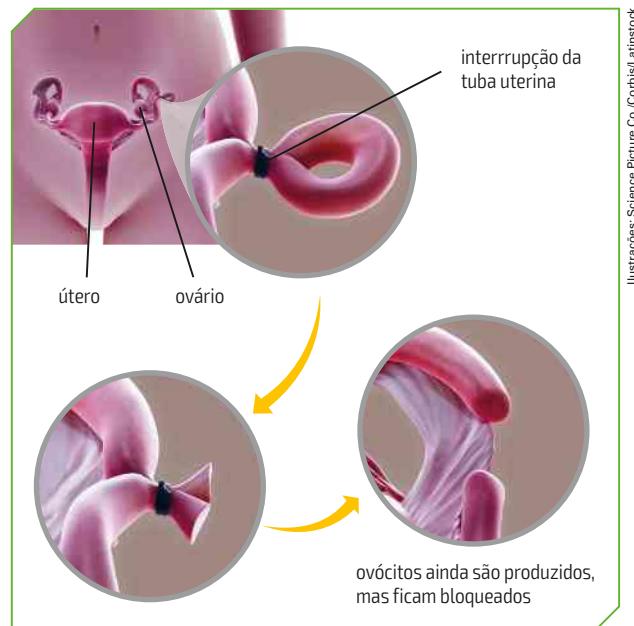


Figura 12.27 Ilustração de ligação tubária (cores fantasia).

A esterilização masculina (**vasectomia** ou **defe-rectomia**) é relativamente simples e consiste na seção dos ductos deferentes por meio de pequeno corte na pele da bolsa escrotal (figura 12.28). Essa operação não modifica o comportamento sexual (a testosterona continua a ser lançada no sangue), e o sêmen continua a ser produzido, embora não conteña espermatozoides (estes constituem apenas 10% do volume do sêmen).

Há pequeno risco de falha em ambas as cirurgias. O problema, porém, é que nem sempre é possível reverter a esterilização por meio de nova cirurgia. Por isso, para fins práticos, a esterilização deve ser considerada definitiva.

Biologia e sociedade



Aborto

Algumas doenças infecciosas, como a sífilis, e problemas no feto ou no organismo da gestante podem provocar aborto espontâneo. Mas há também o aborto provocado ou induzido, quando, por algum motivo, deseja-se interromper a gravidez. As leis que regulamentam o aborto variam de país para país. No Brasil, o aborto induzido é considerado crime. É permitido apenas quando não houver outro meio de salvar a vida da gestante, quando a gravidez é resultado de estupro (crime que consiste em forçar alguém a ter relação sexual mediante violência ou grave ameaça) ou no caso de fetos anencéfalos (com má-formação do cérebro e do córtex), o que leva o bebê à morte logo após o parto. Apesar disso, o aborto é praticado clandestinamente no Brasil. Quando é feito sob condições de higiene precárias, torna-se muito perigoso e pode provocar infecções, esterilidade e, em casos extremos, até a morte da gestante.

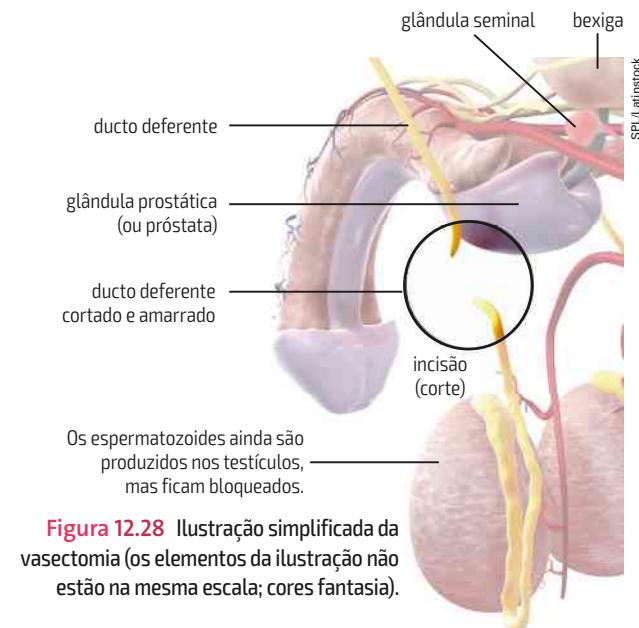


Figura 12.28 Ilustração simplificada da vasectomia (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Geralmente, o aborto apresenta riscos e pode causar muita angústia e outros sentimentos negativos. Por isso, o melhor é se prevenir, escolhendo com o médico e com o parceiro um método anticoncepcional adequado.

O aborto envolve questões éticas e sociais. Algumas pessoas são contra o aborto porque consideram que ele destrói uma vida humana. Essa é a posição de várias religiões. Outras pessoas acham que a mulher deve ter o direito de decidir sobre o seu corpo e de interromper uma gravidez não planejada. Esse grupo defende a legalização do aborto em nosso país (figura 12.29).

Além dessa discussão, é importante lutar pelo direito a uma vida decente e digna, que garanta segurança econômica para criar os filhos. Se a população tivesse mais acesso a informações sobre métodos anticoncepcionais, educação, creches, hospitais, entre outros benefícios, as pessoas poderiam planejar melhor a vida: ter ou não filhos, quando e por quê.



Figura 12.29 A legalização do aborto é algo que vem sendo discutido há muito tempo. Apesar de existirem posições favoráveis e contrárias, para construir argumentos sólidos é necessário conhecer o aspecto biológico do assunto.

5 Doenças sexualmente transmissíveis

Algumas infecções passam de uma pessoa para outra, principalmente pela relação sexual: são as **doenças sexualmente transmissíveis (DSTs)** ou **infecções sexualmente transmissíveis**. Ainda que um casal seja cauteloso com relação aos métodos contraceptivos para evitar uma gravidez indesejada, é muito importante também que se protejam contra as DSTs. O uso do preservativo masculino ou feminino em todas as relações é a forma mais segura de proteção contra DSTs.

Apenas o médico pode fazer o diagnóstico correto e indicar o tratamento. Alguns sinais servem de alerta para procurá-lo: coceira, dor, caroços, feridas, manchas avermelhadas ou escuras (elas podem aparecer também na palma da mão ou na planta do pé), bolhas, verrugas ou inflamação nos órgãos genitais ou em torno deles, na região anal ou na boca; língua na virilha (nódulos linfáticos inchados); dor, ardência ou incômodo no ato sexual ou ao urinar; vontade frequente de urinar. Nos homens, podem sair também secreções ou sangue pelo pênis. Na mulher, pode haver mudança na cor ou no cheiro da secreção vaginal ou dor no abdome.

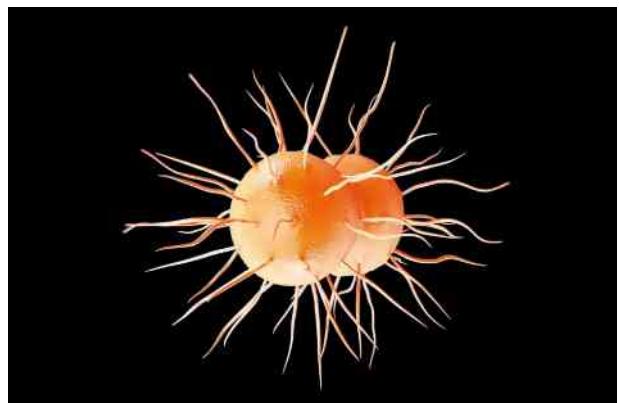
Às vezes, não há sintomas. Além disso, até que os sintomas da doença apareçam, podem se passar dias ou semanas: é o chamado período de incubação. Por isso, se um parceiro estiver com infecção ou mesmo suspeita, o outro deverá procurar um médico, mesmo que não tenha sintomas. Não se pode esquecer de avisar o parceiro sobre a doença para que ele procure um médico e possa ser tratado também. Às vezes, os sintomas da doença desaparecem espontaneamente e a pessoa pode pensar que está curada. Mas, sem o tratamento médico, a doença pode voltar mais forte e provocar consequências sérias. Por isso, quanto mais cedo a doença for diagnosticada e tratada, mais fácil e rápida será a cura.

Nunca tome remédios nem faça tratamentos por conta própria.

Veja a seguir informações sobre algumas DSTs, lembrando sempre que essas informações não substituem a consulta ao médico nem podem ser usadas para diagnóstico, tratamento ou prevenção de doenças.

Gonorreia ou blenorragia

É causada pela bactéria *Neisseria gonorrhoeae* (figura 12.30), que pode provocar inflamação da uretra, da próstata e do útero. Pode haver dor, ardência e uma secreção branca ou amarelada ao urinar. A secreção vaginal pode ficar amarelada. Em alguns casos, principalmente na mulher, não há sintomas, mas o médico pode diagnosticar a doença por meio de exames. Mesmo não apresentando sintomas, uma pessoa pode transmitir a doença. Se uma mulher grávida tiver a doença, os olhos do recém-nascido podem ser infectados durante o parto. O tratamento é feito com antibióticos, e, em geral, a cura é rápida.



royaltystockphoto.com/Shutterstock

Figura 12.30 Modelo feito em computador da bactéria *Neisseria gonorrhoeae*, causadora da gonorreia. Essa bactéria tem entre 0,6 e 1,0 µm de diâmetro (cores fantasia).

Infecções por clamídia

A bactéria *Chlamydia trachomatis* pode causar infecções na uretra (uretrite), nos olhos (tracoma) e nos linfonodos da região genital (linfogranuloma venéreo). Na mulher, pode atingir também o útero e as tubas uterinas. Quando ataca a uretra, provoca dor e ardência ao urinar. Quando ataca os linfonodos, provocainchões (“ínguas”) na virilha. Na mulher, pode causar sangramento no período entre as menstruações, dor durante o ato sexual e outros sintomas. Se não for tratada adequadamente, com antibióticos tomados de acordo com prescrição médica, há risco de esterilidade.

Candidíase ou monilíase

É provocada pelo fungo *Candida albicans* (monília), o mesmo que causa o “sapinho” na boca. Na mulher, aparece uma secreção esbranquiçada, acompanhada de coceira, nos órgãos genitais. No homem, pode provocar vermelhidão e coceira na área genital. O tratamento é feito com cremes ou outros medicamentos contra o fungo.

Sífilis

Causada pela bactéria *Treponema pallidum* (figura 12.31), essa doença pode ser fatal se não for tratada corretamente e pode passar por relação sexual, por transfusão de sangue ou da mãe para o feto, provocando problemas físicos e mentais na criança. O primeiro sinal é uma ferida sem dor, dura, com bordas elevadas e avermelhadas na área genital ou, às vezes, no ânus, na boca ou em outras regiões que entraram em contato com a bactéria. A ferida some em duas a seis semanas, mesmo sem tratamento, mas a bactéria continua presente no organismo. Se a pessoa não se tratar, cerca de dois a seis meses depois aparecem feridas na pele, febre baixa, dor de garganta e outros sintomas. Esses sinais também desaparecem de duas a seis semanas depois. Se a pessoa continuar sem receber tratamento, a doença poderá atacar, até anos depois, o coração, as artérias e o sistema nervoso, podendo causar cegueira, paralisia, loucura e morte. O diagnóstico é feito por meio de exame de sangue, e o tratamento é à base de antibióticos.

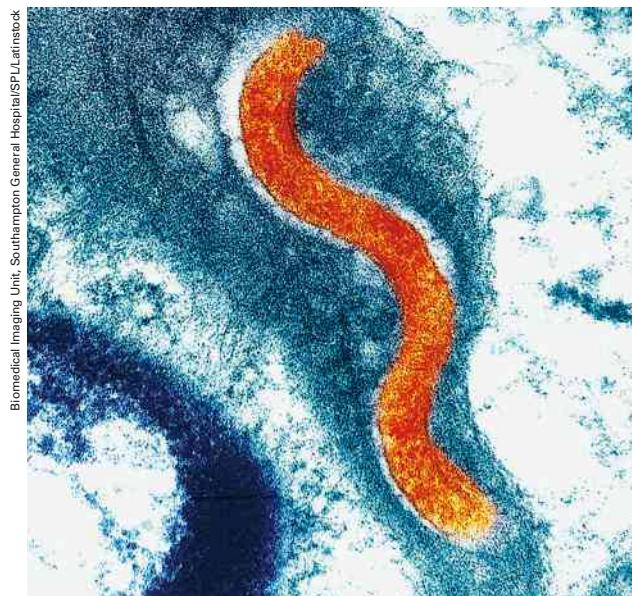


Figura 12.31 *Treponema pallidum*, bactéria causadora da sífilis (microscópio eletrônico; imagem colorizada por computador). Essa bactéria mede 0,09 µm a 0,5 µm de diâmetro por 5 µm a 20 µm de comprimento.

Herpes genital

É causado por um vírus. O local fica inicialmente vermelho e com coceira, surgindo depois pequenas bolhas, que arrebentam e formam feridas. Os sintomas desaparecem, em geral, em até quatro semanas, mas o vírus continua presente no

organismo e, em algumas pessoas, provoca recaídas. Uma pessoa com herpes deve evitar tocar a área contaminada; se o fizer, deve lavar as mãos para evitar contaminar outras pessoas. Não deve ter relações sexuais durante as recaídas (as fases mais contagiosas) da doença. Como o vírus pode passar para a criança durante o parto, a mulher com herpes deve informar o fato ao médico. Ele poderá optar por realizar uma cesariana para evitar que a criança entre em contato com as lesões do herpes. Há medicamentos que diminuem muito os sintomas da doença. (Há também o herpes causado por outro tipo de vírus, que ataca a face e os lábios.)

Condiloma acuminado

É causado pelo papilomavírus humano (figura 12.32), conhecido como HPV (do inglês *Human Papilloma Virus*), que forma verrugas nos órgãos genitais, no colo do útero e ao redor do ânus (popularmente conhecidas como “crista de galinho”). O tratamento consiste em eliminar as verrugas com congelamento, bisturi elétrico, laser, cirurgia ou produtos químicos. As mulheres que tiveram ou têm o vírus devem fazer exames periódicos para a prevenção do câncer de útero, pois algumas variedades desse vírus aumentam a chance do aparecimento desse tipo de câncer. A mulher que teve condiloma e ficou grávida deve avisar ao médico, uma vez que, no momento do parto, o vírus pode passar para a criança e provocar problemas respiratórios. O médico pode indicar também a vacina que protege contra alguns tipos de HPV.

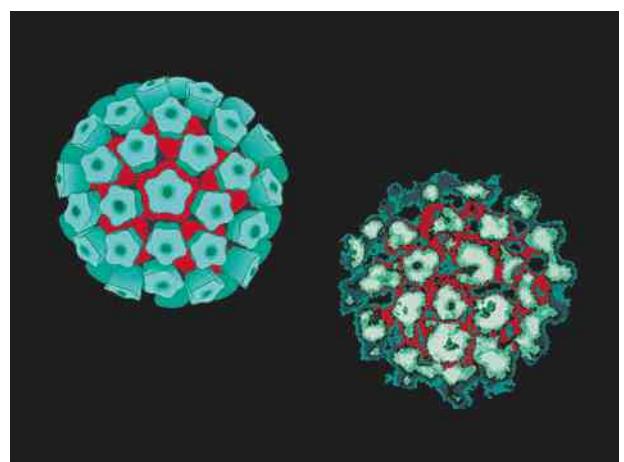


Figura 12.32 À esquerda, ilustração de HPV gerada por computador (cores fantasia) e, à direita, imagem do vírus (microscópio eletrônico; cerca de 55 nm de diâmetro; imagem colorizada por computador).

Hepatite B

A hepatite pode ser provocada por vários tipos de vírus diferentes (figura 12.33). Todos provocam inflamação do fígado.



Figura 12.33 Modelo do vírus da hepatite B (o vírus tem cerca de 0,07 µm de diâmetro; imagem colorizada por computador).

Os principais sintomas da hepatite B são: febre, dor de cabeça, cansaço e, geralmente, icterícia: a pele e a esclera (o branco dos olhos) ficam amarelados devido ao acúmulo de pigmentos da bile.

A hepatite B pode ser transmitida por transfusão de sangue, contato sexual ou entre tecidos que foram a boca e outras cavidades (mucosas) que tenham secreções, como a saliva e as lágrimas. Pode passar também da mãe para o filho no momento do parto. Há risco de o vírus provocar, em alguns casos, cirrose (destruição do fígado) ou câncer de fígado.

Por isso, logo ao nascer, a criança deve tomar a primeira dose da vacina, que será repetida um mês depois e, novamente, seis meses depois da primeira dose. Adultos também podem tomar a vacina.

Tricomoníase

É causada pelo protozoário *Trichomonas vaginalis* (figura 12.34), que provoca nas mulheres inflamação na vagina, com secreção branca ou amarela e com mau cheiro. No homem pode provocar ardência ao urinar.



Figura 12.34 Protozoário *Trichomonas vaginalis* (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 3 500 vezes; imagem colorizada por computador).

Pediculose pubiana

É causada pelo piolho público (*Phthirus pubis*), conhecido popularmente como “chato” (figura 12.35). Em geral, fica aderido aos pelos pubianos. O tratamento é local e é necessário ferver as roupas infestadas (o piolho também pode ser transmitido pelo contato com roupas, toalhas e lençóis).



Figura 12.35 *Phthirus pubis*, piolho causador da pediculose pubiana (microscópio eletrônico de varredura; aumento de cerca de 30 vezes; imagem colorizada por computador).

Aids

A Aids (sigla de *acquired immunodeficiency syndrome*, ou Sida, síndrome da imunodeficiência adquirida) é causada pelo **vírus da imunodeficiência humana** (HIV, do inglês *human immunodeficiency virus*). Medindo apenas 0,1 µm, ele é formado por uma cápsula esférica de glicoproteínas mergulhadas em uma dupla camada de gordura, com RNA (figura 12.36).

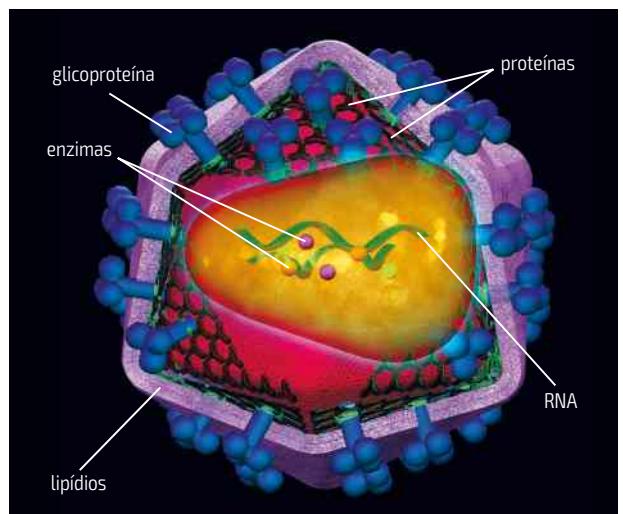


Figura 12.36 Ilustração do HIV (cerca de 0,1 µm de diâmetro; cores fantasia).

A proteína mais externa do HIV, chamada de gp120, é capaz de se encaixar na proteína CD4, presente na membrana do principal glóbulo branco atacado pelo vírus, o linfócito T4, também denominado CD4+ ou auxiliar. Após o encaixe, a cápsula do vírus se funde à membrana da célula, e o material genético viral penetra no citoplasma. Com o auxílio da enzima **transcriptase reversa**, o RNA sintetiza uma molécula de DNA, que lhe é complementar (figura 12.37), e é destruído. Essa molécula de DNA produz outra de DNA, complementar, e as duas se unem, formando uma dupla cadeia, que migra para o núcleo e se incorpora ao patrimônio genético da célula (figura 12.37).

Como é o RNA que sintetiza uma molécula de DNA, ao contrário do que acontece no processo de transcrição dos seres vivos em geral, o HIV é classificado no grupo dos **retrovírus** (do latim *retro* = para trás), o que justifica também o nome da enzima que permite esse processo, isto é, a transcriptase reversa.

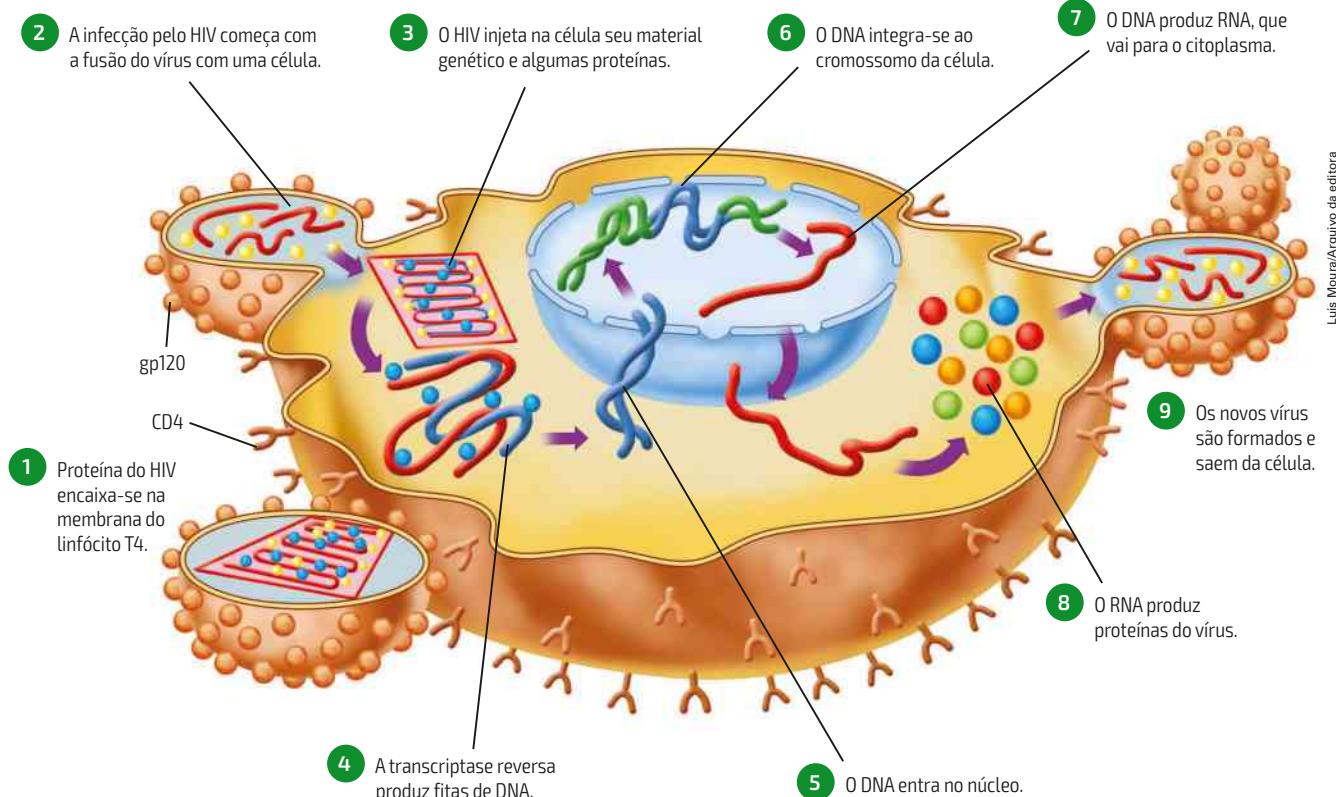
O DNA do vírus desencadeia a síntese de novas moléculas de RNA, que orientam também a síntese de proteínas da cápsula e das enzimas virais. Assim, formam-se novos vírus, que migram para a periferia da célula. Eles são envolvidos pela membrana e compõem brotos que se soltam da célula.

O resultado desse processo de destruição é a progressiva diminuição de linfócitos T4, o que, com o tempo, compromete todo o sistema imunitário. Dessa forma, o organismo fica sem defesa contra diversos germes e o doente pode morrer vítima de uma série de infecções.

O HIV pode ser transmitido por meio de vários fluidos corporais contaminados – sangue, sêmen, secreção vaginal, leite materno, líquido cefalorraquidiano, líquido amniótico –, quando eles entram em contato com mucosas, como a da boca, a do ânus e a da vagina, ou com a pele (se esta apresentar cortes ou perfurações; a pele intacta é uma barreira eficiente contra a infecção de qualquer vírus).

No caso do sangue, o HIV também pode ser transmitido por transfusão (embora a fiscalização dos bancos de sangue pelo governo tenha diminuído muito essa forma de transmissão; é importante ressaltar que o risco existe apenas para quem recebe a transfusão).

O vírus pode ser transmitido da mãe para o filho durante a gestação, o parto ou o aleitamento. Por isso mulheres grávidas devem fazer o teste de Aids. Sendo portadoras do vírus, o uso de medicamentos adequados diminui muito a chance de transmissão para o filho.



Luis Moura/Arquivo da editora

O transplante de órgãos e a inseminação artificial também podem ser uma forma de transmissão.

Objetos que possam entrar em contato com sangue, como lâmina de barbear, tesoura, alicate de unha, instrumentos usados por médicos e dentistas (bisturis, pinças, alicates, seringas, etc.) ou em tatuagens e acupuntura, podem transmitir o vírus se tiverem sido utilizados em pessoas infectadas.

Para evitar a Aids é preciso usar camisinha em todas as relações sexuais (ou ter relações sexuais apenas com um parceiro não infectado e fiel), exigir a esterilização de objetos que possam entrar em contato com sangue (como lâmina de barbear, tesoura, alicate de unha) e também de instrumentos usados por médicos e dentistas (bisturis, pinças, alicates, seringas, etc.). Em relação a seringas e agulhas, deve-se usar sempre as descartáveis.

Por meio de certos exames, o paciente pode saber se é portador do HIV, ou seja, se é HIV-positivo (também chamado de soropositivo). É necessário fazer mais de um exame para confirmar o resultado, que pode ser **falso negativo**, isto é, dar um resultado negativo para uma pessoa já contaminada pelo HIV, ou **falso positivo**, isto é, dar um resultado positivo para alguém que não está contaminado pelo HIV.

O falso negativo pode acontecer, por exemplo, se o teste for feito durante o período denominado **janela imunitária**, que corresponde ao período em que o HIV ou os anticorpos produzidos pelo organismo contra o vírus ainda não são detectados pelos testes, e varia com o tipo de teste utilizado. No período de janela imunitária, embora os exames deem negativo, a pessoa infectada pelo HIV pode transmiti-lo a outras pessoas.

O resultado falso positivo em geral ocorre por erro do próprio teste. Por isso, apenas um resultado

positivo não é suficiente para diagnosticar a infecção. É necessário repetir o exame pelo menos duas vezes e confirmá-lo por um teste de outro tipo, como o Western-Blot, que é mais preciso. Assim, quem quer saber se tem ou não o vírus HIV deve procurar uma clínica especializada, que lhe dê toda a assistência e informação. E, em caso de confirmação de resultado positivo, consultar um médico para saber, com segurança, como se tratar.

O resultado positivo indica apenas que a pessoa é portadora do HIV. Muitos portadores do vírus, porém, não apresentam nenhum sintoma da Aids após a contaminação e podem ficar assim por longo tempo. Ainda assim, podem transmitir o vírus a outras pessoas, inclusive para o filho, no caso de uma mulher soropositiva que engravidar.

Com a contínua multiplicação do vírus, pode chegar um momento, que pode demorar muitos anos, em que o número de linfócitos diminui muito e começam a aparecer infecções por germes oportunistas: tuberculose, pneumonia, diarreias crônicas provocadas por amebas, giardia e outros germes, meningites, herpes cutâneo, candidíase oral (sapinho).

Embora não destruam completamente os vírus, os medicamentos atuais podem retardar a evolução da doença e combater as infecções oportunistas. Além de medicamentos que atacam as infecções oportunistas, existem os chamados antirretrovirais, que inibem a reprodução do HIV no sangue.

Um dos maiores problemas para o desenvolvimento de uma vacina é a capacidade do vírus sofrer mutações muito rapidamente. Como a vacina tem de ser específica, ela poderia não atuar sobre todas as variedades.

No Volume 2 desta coleção, no capítulo sobre vírus, você vai saber mais sobre a Aids.

Biologia e saúde



É preciso ser responsável

Mesmo assintomático, um adulto soropositivo deve ser sexualmente responsável, uma vez que pode transmitir o vírus. Ele deve usar sempre camisinha ou pedir ao parceiro que use, além de avisar as pessoas que possam ter sido infectadas como resultado de relações性uais ou do

uso comum de agulhas e seringas. Da mesma forma, deve informar o seu médico e o seu dentista para garantir o melhor tratamento possível a si próprio e permitir que sejam tomadas precauções que protejam as outras pessoas. Também não pode doar sangue, esperma ou órgãos.

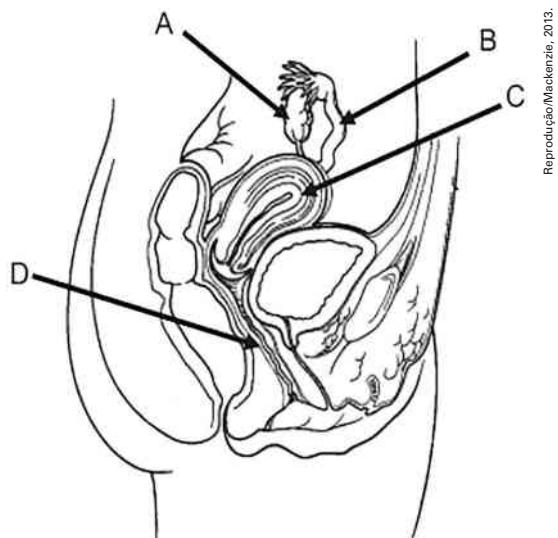
Atividades



ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

1. Imagine duas espécies semelhantes de plantas. Uma delas se reproduz apenas assexuadamente, mas a outra, além da reprodução assexuada, se reproduz sexuadamente. Em qual delas podemos esperar encontrar maior variedade genética? Por quê?
2. Na história da vida na Terra, na passagem do ambiente aquático para o ambiente terrestre foram selecionadas algumas adaptações, por exemplo, a fecundação interna. Que vantagem adaptativa esse tipo de fecundação confere aos organismos terrestres?
3. Há vários mecanismos que impedem a penetração de mais de um espermatozoide no óvulo ou a união de dois ou mais núcleos com o núcleo do óvulo. Existe alguma vantagem adaptativa nesses mecanismos? Explique.

4. (Mack-SP)



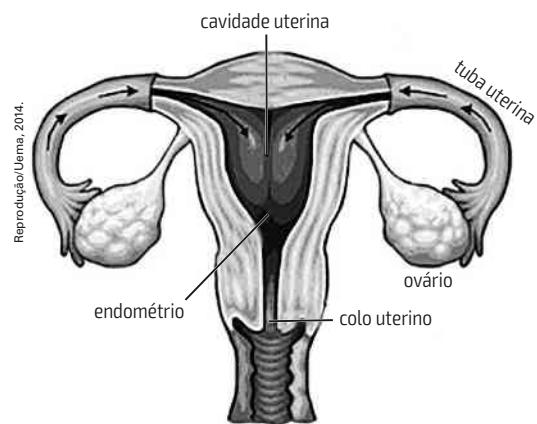
A respeito do esquema acima, assinale a alternativa correta.

- a) A parede interna do órgão **B** é descamada durante o período de ovulação.
- b) Estrógeno e progesterona são hormônios produzidos em **A** e agem em **C**.
- c) Se em uma cirurgia o órgão **B** for removido, a mulher não menstruará mais.
- d) A laqueadura é uma cirurgia em que é feita a remoção do canal indicado em **D**.
- e) A produção de gametas e a fecundação são eventos que ocorrem em **A**.

5. (Uema)

Em cerca de 80% dos casos, a gravidez múltipla é provocada pela liberação de dois óvulos no mesmo ciclo, por sua vez fecundados por dois espermatozoides provenientes da mesma ejaculação ou de duas ejaculações diferentes durante o período fértil. Assim, formam-se dois zigotos que se transformam em embriões e que seguem o percurso apontado pelas setas na figura em destaque. Esta situação proporciona uma gravidez biovascular, originando o desenvolvimento de gêmeos dizigóticos ou bivitelinos, igualmente denominados gêmeos fraternos. Cada um deles possui uma constituição genética diferente, o que faz com que tanto possam ter o mesmo sexo ou diferente, enquanto o seu aspecto físico será semelhante ao de dois irmãos nascidos em gestações diferentes.

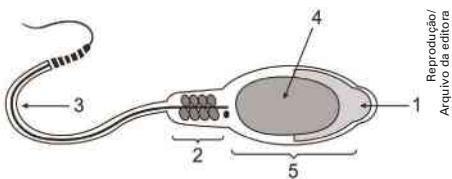
Disponível em: <www.medipedia.pt/home>. Acesso em: 12 jun. 2013. (Adaptado.)



- a) Qual o órgão onde ocorre a formação dos óvulos?
- b) Onde são implantados os embriões?

6. (UEPA) A caxumba é uma doença viral que acomete as glândulas salivares parótidas, mas, em alguns homens, a infecção alcança os **testículos** e **epidídimo**, promovendo distúrbios na função destas estruturas, podendo resultar na esterilidade. Os elementos em destaque no enunciado são responsáveis, respectivamente, pelas seguintes funções:
- a) produção de hormônio folículo estimulante e ereção peniana.
 - b) produção de espermatozoides e armazenamento dos espermatozoides.
 - c) produção de hormônio luteinizante e produção do líquido seminal.
 - d) espermiogênese e produção do líquido prostático.
 - e) ejaculação e produção do hormônio luteinizante.

- 7.** (UEPB) Observe o desenho abaixo, que representa um espermatozoide humano. Em seguida, analise as proposições e coloque V para as verdadeiras e F para as falsas.



- (VV) A estrutura **1** é o acrosomo, estrutura formada pela fusão de vesículas do complexo golgiense e que contém enzimas que irão digerir os envoltórios do ovócito na fecundação.
 - (VV) A estrutura **2** é a peça intermediária e apresenta muitas mitocôndrias, responsáveis pela liberação da energia necessária à movimentação do espermatozoide.
 - (VV) A estrutura **3** é a cauda, originada a partir do centríolo.
 - (VV) A estrutura **4** é o núcleo, que traz em seu interior os cromossomos pareados.
 - (VV) **5** representa a cabeça do espermatozoide, onde encontramos o acrosomo e o núcleo.
- A alternativa que apresenta a sequência correta é:
- a) V – F – F – F – V
 - b) F – V – V – V – V
 - c) F – F – V – V – V
 - d) V – V – V – F – V**
 - e) V – V – V – F – F

- 8.** (Unifesp) Um homem dosou a concentração de testosterona em seu sangue e descobriu que esse hormônio encontrava-se num nível muito abaixo do normal esperado. Imediatamente buscou ajuda médica, pedindo a reversão da vasectomia a que se submetera havia dois anos. A vasectomia consiste no seccionamento dos ductos deferentes presentes nos testículos. Diante disso, o pedido do homem:
- a) Não tem fundamento, pois a testosterona é produzida por glândulas situadas acima dos ductos, próximo à próstata.
 - b) Não tem fundamento, pois o seccionamento impede unicamente o transporte dos espermatozoides dos testículos para o pênis.**
 - c) Tem fundamento, pois a secção dos ductos deferentes impede o transporte da testosterona dos testículos para o restante do corpo.
 - d) Tem fundamento, pois a produção da testosterona ocorre nos ductos deferentes e, com seu seccionamento, essa produção cessa.
 - e) Tem fundamento, pois a testosterona é produzida no epidídimo e dali é transportada pelos ductos deferentes para o restante do corpo.

- 9.** (IFBA) Um estudo realizado com 90 jovens atendidas pelo Programa Saúde da Família de Ribeirão Preto (SP) revelou que o grupo tem pouco conhecimento sobre doenças sexualmente transmissíveis (DSTs), formas de contágio, uso do preservativo e cuidados com a saúde. Os resultados revelaram também que as jovens tinham percepção equivocada sobre o risco pessoal de adquirir essas doenças.

Disponível em: <<http://portal.fiocruz.br/pt-br/node/2051>>. Acesso em: 10 set. de 2013.

Sobre DSTs, analise as afirmativas.

- I. O aumento da ocorrência de DSTs resulta exclusivamente de práticas sexuais cada vez mais precoces.
 - II. Além do HPV e do HIV, a bactéria *Neisseria gonorrhoeae* pode ser transmitida por meio de relações sexuais.
 - III. A sífilis, uma DST, pode ser transmitida através de uma transfusão de sangue.
- A alternativa que indica a(s) afirmativa(s) verdadeira(s) é
- I.
 - II.
 - I e II.
 - d) II e III.**
 - I, II e III.

- 10.** (PUC-SP) O trecho abaixo foi extraído do artigo “Desencontros性uais”, de Drauzio Varella, publicado na *Folha de S.Paulo*, em 25 de agosto de 2005.

Nas mulheres, em obediência a uma ordem que parte de uma área cerebral chamada hipotálamo, a hipófise libera o hormônio FSH (hormônio foliculestimulante), que agirá sobre os folículos ovarianos, estimulando-os a produzir estrogênios, encarregados de amadurecer o óvulo a cada mês. FSH e estrogênios dominam os primeiros 15 dias do ciclo menstrual com a finalidade de tornar a mulher fértil, isto é, de preparar para a fecundação umas das 350 mil células germinativas com as quais nasceu.

O trecho faz referência a um grupo de células que a mulher apresenta ao nascer. Essas células são:

- a) Ovogônias em início de meiose, presentes no interior de folículos ovarianos e apresentam 23 cromossomos.
- b) Ovócitos em início de meiose, presentes no interior de folículos ovarianos e apresentam 46 cromossomos.**
- c) Ovócitos em fase final de meiose, presentes no interior de folículos ovarianos e apresentam 23 cromossomos.
- d) Óvulos originados por meiose, presentes na tuba uterina e apresentam 23 cromossomos.
- e) Ovogônias em início de meiose, presentes na tuba uterina e apresentam 46 cromossomos.

- 11.** (UEL-PR) *Adquira o óvulo em um país, faça a fertilização em outro e contrate a mãe de aluguel num terceiro. Está pronto o seu filho com muita economia.*

COSTA, C. Bebê globalizado. Supernovas. Superinteressante. São Paulo: Editora Abril, 296. ed., out. 2011, p. 28.

As transformações sociais possibilitam novas formas de constituição familiar. O desenvolvimento científico e tecnológico consegue ajudar casais a terem filhos, recorrendo à reprodução assistida. Nesse contexto e supondo que um casal constituído por duas mulheres deseje ter um bebê, considere as afirmativas a seguir.

- I. A célula-ovo será resultante de um óvulo retirado de uma das mães que foi fecundado por um espermatozoide e implantado no útero de uma mulher ou no de uma das mães.
- II. A fusão dos núcleos dos óvulos das mães dará origem a um embrião do sexo feminino, o qual apresenta genes de ambas as genitoras, portanto com características haploides de cada uma delas.
- III. O embrião formado, gerado *in vitro*, foi implantado no útero de uma “mãe de barriga de aluguel” para que o bebê tivesse características dela.
- IV. O bebê será do sexo feminino, porque o núcleo diploide que lhe deu origem é resultante da fertilização do óvulo de uma das mães com o espermatozoide haploide com cromossomo X de um homem.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

- 12.** (UEG-GO) A reprodução, processo necessário a todos os seres vivos por levar à preservação da espécie, acontece desde a forma mais simples até a mais complexa. Quanto a esse processo, marque a alternativa **incorrecta**.

- a) A reprodução assexuada aumenta a variabilidade genética numa população de determinada espécie, porque os descendentes assim originados diferem geneticamente de seus pais.
- b) Nos organismos sexuados ocorrem dois tipos de divisão celular: mitose e meiose.
- c) A mitose é o mecanismo mais comum de reprodução dos organismos unicelulares eucariontes.
- d) Uma vantagem evolutiva da reprodução sexuada está no fato de ela poder conferir proteção contra parasitas; alguns descendentes, por exemplo, podem apresentar combinações genéticas que os tornam mais adaptados aos parasitas do que seus pais.
- e) Durante a meiose e a fecundação podem ocorrer eventos que criam variabilidade genética nos seres que se reproduzem sexuadamente.

- 13.** (Vunesp-SP) Paula não toma qualquer contraceptivo e tem um ciclo menstrual regular de 28 dias exatos. Sua última menstruação foi no dia 23 de junho. No dia 6 de julho, Paula manteve uma relação sexual sem o uso de preservativos. No dia 24 de julho, Paula realizou um exame de urina para verificar se havia engravidado.

Em função do ocorrido, pode-se dizer que, no dia 6 de julho, Paula

- a) talvez ainda não tivesse ovulado, mas o faria um ou dois dias depois. Considerando que o espermatozoide pode permanecer viável no organismo feminino por cerca de dois dias, há a possibilidade de Paula ter engravidado. O exame de urina poderia confirmar essa hipótese, indicando altos níveis de gonadotrofina coriônica.
- b) já teria ovulado, o que teria ocorrido cerca de dois dias antes. Contudo, considerando que depois da ovulação o óvulo permanece viável no organismo feminino por cerca de uma semana, há a possibilidade de Paula ter engravidado. O exame de urina poderia confirmar essa hipótese, indicando redução no nível de estrógenos.
- c) já teria ovulado, o que teria ocorrido há cerca de uma semana. Portanto, não estaria grávida, o que poderia ser confirmado pelo exame de urina, que indicaria altos níveis de estrógenos e LH.
- d) estaria ovulando e, portanto, é quase certo que estaria grávida. Com a implantação do embrião no endométrio, ocorre um aumento na secreção de LH e diminuição nos níveis de gonadotrofina coriônica, o que poderia ser detectado pelo exame de urina já na semana seguinte à nidificação.
- e) ainda não teria ovulado, o que só iria ocorrer dias depois. Portanto, não estaria grávida, o que poderia ser confirmado pelo exame de urina, que indicaria altos níveis de gonadotrofina coriônica.

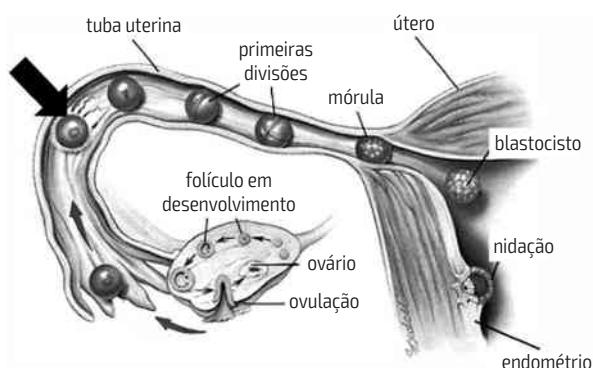
- 14.** (UFU-MG) Baseado no processo da ovogênese humana, assinale a alternativa **incorrecta**.

- a) A redução do número de cromossomos da espécie, à metade, ocorre devido à separação das cromátides-irmãs dos cromossomos.
- b) A divisão II da meiose termina se ocorrer o processo de fecundação.
- c) O ovócito II tem a mesma quantidade de cromossomos que o óvulo.
- d) O processo de multiplicação das ovogônias ocorre por mitose, mantendo o número de cromossomos da espécie.
- e) A fase da meiose chamada anáfase I é responsável pela redução do número de cromossomos da espécie à metade.

- 15.** (Cefet-MG) Analise a representação da sequência de eventos que ocorrem no aparelho reprodutor feminino humano.

Caso não ocorra o fenômeno indicado pela seta, o destino do ovócito II é ser

- a) degenerado na tuba uterina.
- b) eliminado juntamente com a menstruação.
- c) mantido na tuba, aguardando outra ejaculação.
- d) retornado ao ovário para ser eliminado na outra ovulação.
- e) aderido ao endométrio para ser posteriormente fecundado.



Reprodução/Cefet MG, 2015.

Disponível em: <<https://online.science.psu.edu>>. Acesso em: 30 set. de 2014. (Adaptado.)

Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas a seguir para pesquisar (em livros, na internet, em entrevistas com médicos e outros profissionais da área de saúde e sexualidade). Depois, exponham as conclusões da pesquisa para a comunidade escolar. Por ser um tema fundamental de saúde pública, recomenda-se que as apresentações sejam feitas, sempre que possível, também fora da escola.

Vocês também podem tentar entrevistar pesquisadores (de universidades ou de centros de pesquisa) da área de saúde e sexualidade e convidar esses profissionais para ministrar palestras para a comunidade escolar sobre um dos temas especificados.

Finalmente, verifiquem se na região em que vocês moram existe alguma universidade, centro médico ou instituição que desenvolva atividades para educar a população sobre contracepção e planejamento familiar e vejam se é possível agendar uma visita ao local.

- Custos envolvidos no uso de cada tipo de anticoncepcional. Além do preço do produto, levem em consideração a frequência com que ele deve ser usado e as consultas médicas necessárias para o uso correto. Descubram o que é planejamento familiar e que países o adotaram ou adotam. Analisem as

medidas tomadas e o resultado alcançado. Descubram também qual é a posição do governo brasileiro a respeito do assunto.

- Quais são as principais formas de transmissão da Aids no Brasil? Como a doença está evoluindo em nosso país? E no mundo? Em que grupos de pessoas ela está aumentando mais rapidamente? Que medidas estão sendo tomadas para diminuir a velocidade de propagação da Aids em nosso país?
- Quais são as principais doenças sexualmente transmissíveis em nosso país (não levem em consideração a Aids, que foi objeto de pesquisa no item anterior). Quais são os fatores que provocam um aumento na ocorrência dessas doenças? O que deve ser feito para combater esse problema? Quais são os exames e cuidados recomendados para os jovens se prevenir contra as doenças sexualmente transmissíveis?

Fique de olho!

Uma forma de apresentar os resultados da pesquisa é criar blogs, vídeos ou páginas em redes sociais na internet. Assim, é possível trocar ideias com pessoas dentro e fora da escola. Mas nunca se esqueçam de citar a fonte das informações expostas.

Atividade prática

Ao longo do estudo das doenças sexualmente transmissíveis, você conheceu algumas bactérias e alguns vírus transmissores de doenças. Com base nas imagens fornecidas pelo livro e pesquisadas em outros livros e na internet, monte modelos tridimensionais de pelo menos um vírus e de uma bactéria causadores de DSTs.

Os modelos podem ser feitos em computador, ou com o uso de massa de modelar ou argila. Para explicar cada modelo, será necessário compor legendas que identifiquem o organismo que está sendo representado e as principais estruturas que ele apresenta. Descreva também a doença causada pelo agente, explicando sintomas e tratamentos.



Filhote de crocodilo saindo do ovo. O tamanho varia conforme a espécie. O crocodilo-do-nilo, por exemplo, chega a cerca de 6 m de comprimento.

Muitos outros animais nascem de forma semelhante à dos crocodilos, ou seja, a partir de ovos. Todas as espécies de aves, por exemplo, nascem a partir de ovos; por outro lado, nos mamíferos isso é uma característica extremamente rara. Como veremos a seguir, os diversos grupos de animais apresentam formas diferentes de gerar seus descendentes.



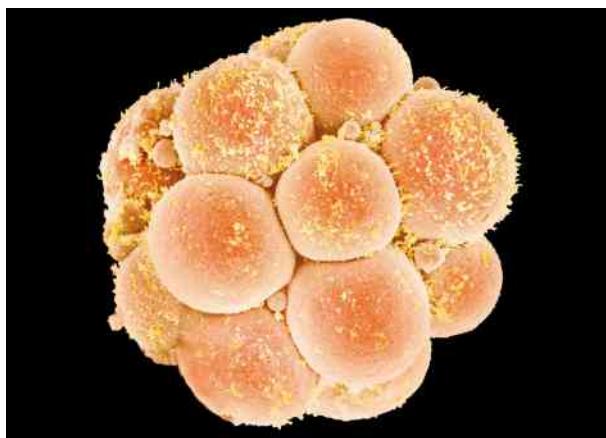
- ◆ Você sabe por que é comum dizer que "a bolsa estourou" quando uma mulher está prestes a dar à luz?
- ◆ Que estruturas auxiliam o desenvolvimento dos animais antes de seu nascimento?
- ◆ O que são células-tronco e qual é sua importância?

1 Tipos de ovos e de segmentação

O desenvolvimento embrionário (**embriogênese**) corresponde aos processos de multiplicação, crescimento e diferenciação celular que levam à formação dos tecidos e dos órgãos de um embrião. O desenvolvimento do indivíduo desde a formação do zigoto até a maturidade sexual é conhecido como **ontogênese** ou **desenvolvimento ontogenético**.

As divisões iniciais da célula-ovo constituem o processo chamado **segmentação** ou **clivagem** e originam células chamadas **blastômeros** (do grego *blastós* = germe; *meros* = parte). Uma esfera maciça de blastômeros é chamada **mórula** (do latim *morula* = diminutivo de amora; **figura 13.1**).

SPL/Lainstock



Fábio Colomini/Arquivo do fotógrafo

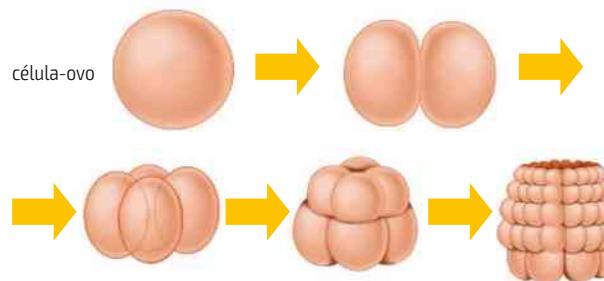


Figura 13.1 Embrião humano (mórula) com 16 células (em microscópio eletrônico; aumento de 600 vezes; imagem colorizada por computador). Observe que a mórula tem o formato que lembra o das amoras, como na segunda foto.

A segmentação pode ser mais rápida ou mais lenta conforme a quantidade de vitelo. Isso ocorre porque, como o vitelo é um material metabolicamente inerte, ele dificulta a segmentação. Assim, o tipo de segmentação depende, entre outros fatores, da quantidade de vitelo acumulado no óvulo.

Em relação à quantidade e à distribuição do vitelo, existem quatro tipos de ovos, que correspondem a quatro tipos de segmentação:

- **oligolécito** (do grego *oligos* = pouco; *lekythos* = vitelo), também chamado **homolécito** ou **isolécito** (*homios* ou *isos* = igual) – possui pouco vitelo distribuído de forma uniforme no citoplasma e sua segmentação é **total** ou **holoblástica** (do grego *holos* = todo; *blastós* = germe) e **igual**, pois origina uma mórula com blastômeros de tamanhos semelhantes; é o ovo de muitos invertebrados marinhos, como esponjas, corais e estrelas-do-mar (**figura 13.2**). É também o ovo de quase todos os mamíferos, mas, neste caso, o vitelo está praticamente ausente e, por isso, o ovo dos mamíferos é chamado **alécito** (do grego *a* = sem);



Ilustrações: Luis Moura/Arquivo da editora

Figura 13.2 Ilustração da segmentação de um ovo oligolécito (cores fantasia).

- **heterolécito** (do grego *hétero* = diferente) – apresenta quantidade de vitelo intermediária entre a dos ovos oligolécitos e telolécitos (daí seus outros nomes: **mesolécito** ou **mediolécito**), concentrada mais em um dos polos (**polo vegetal** ou **vegetativo**) que no outro (**polo animal**, onde está o núcleo); a segmentação é **total** e **desigual**, pois a região superior (polo animal), por ter menos vitelo, divide-se mais rapidamente e produz células menores, chamadas **micrômeros** (do grego *mikros* = pequeno; *meros* = parte), e mais numerosas que as produzidas

no polo vegetativo, chamadas **macrômeros** (do grego *makrós* = grande); é o ovo de anfíbios, de alguns peixes e de alguns invertebrados (maioria dos moluscos, poliquetas e platelmintos; **figura 13.3**);

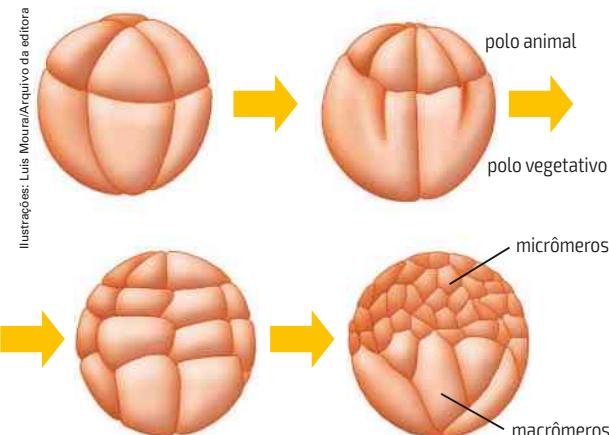


Figura 13.3 Ilustração da segmentação de um ovo heterolécito de sapo (cores fantasia).

- **telolécito** (do grego *telein* = completo), também chamado **megalécito** (do grego *méga* = grande) – o núcleo e o citoplasma formam um pequeno disco sobre uma quantidade enorme de vitelo (neste caso, também chamado **gema**), que ocupa quase todo o volume da célula e está completamente separado do citoplasma; a segmentação é **meroblastica** (do grego *meros* = parte) ou **parcial e discoidal**, pois ocorre apenas no polo animal e forma um pequeno disco de células (cicatrícula), encravado na gema; é o ovo de répteis, aves, moluscos cefalópodes (polvo, lula), mamíferos ovíparos (ornitorrinco e equidna) e da maioria dos peixes (**figura 13.4**);

- **centrolécito** – o vitelo ocupa a região central da célula e não se divide; o núcleo divide-se várias vezes no interior do vitelo e migra, depois, para a periferia, seguindo-se a divisão do citoplasma; a segmentação é **meroblastica** e **superficial**; é o ovo da maioria dos artrópodes (insetos e outros; **figura 13.5**).

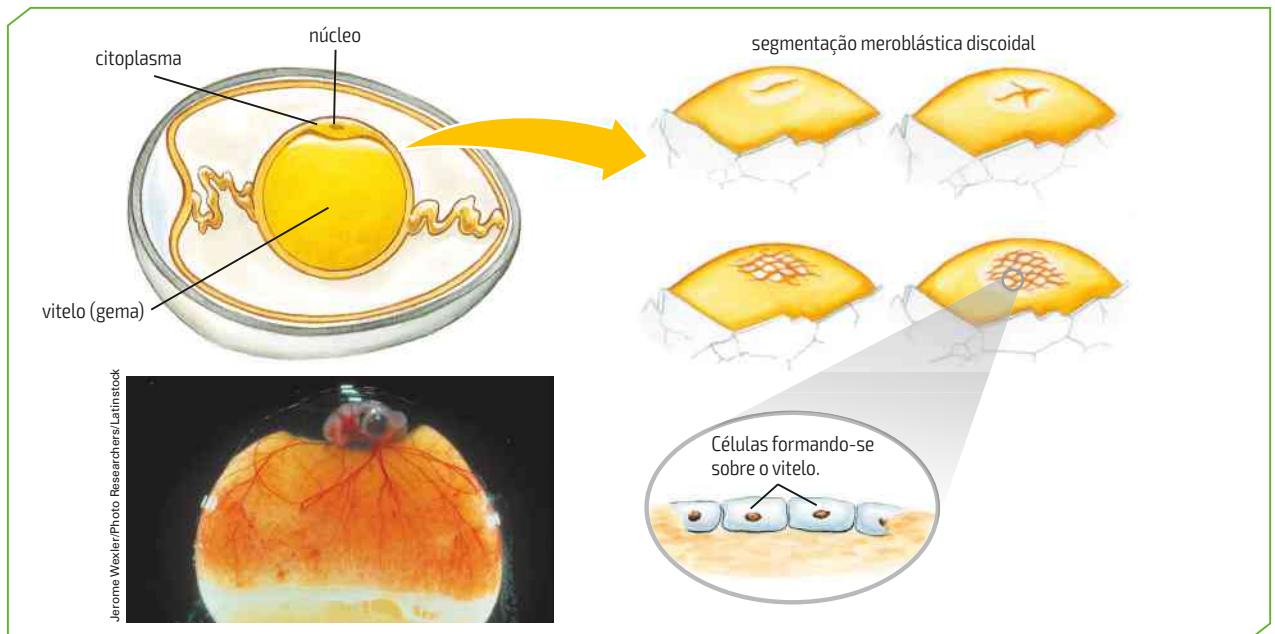


Figura 13.4 Ilustração da segmentação parcial e discoidal de um ovo megalécito de ave (galinha). (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.) Na foto, embrião de galinha com 5 dias. O ovo de galinha tem até 6 cm de diâmetro.

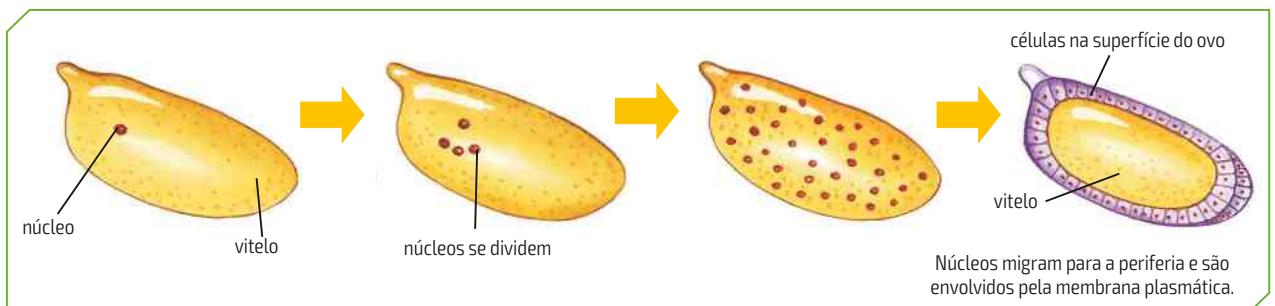


Figura 13.5 Ilustração (cores fantasia; células microscópicas) da segmentação parcial e superficial de um ovo centrolécito (ovo de inseto; entre 0,02 mm e 16 mm de comprimento, conforme a espécie).

2 Tipos de desenvolvimento

Do ovo dos répteis e das aves forma-se um pequeno animal semelhante ao adulto. Para sua formação, portanto, é necessária uma quantidade muito grande de vitelo, como vemos na gema dos ovos de galinha que comemos. A célula-ovo da maioria dos mamíferos possui pouco vitelo, pois o embrião começa desde cedo a receber alimento diretamente da mãe. Dizemos que nos répteis, nas aves e nos mamíferos (figura 13.6) ocorre um **desenvolvimento direto** porque não há fase larval. O desenvolvimento direto ocorre também na maioria dos peixes.

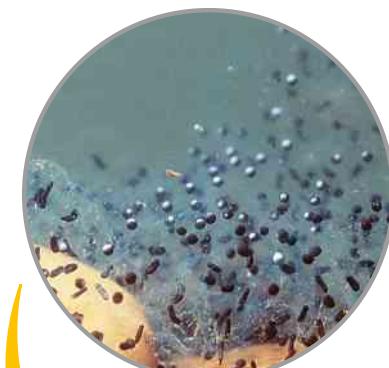
Ruben Gebie/Shutterstock/Glow Images



Figura 13.6 Vaca, animal que apresenta desenvolvimento direto (cerca de 1,5 m de altura até o tronco), que acaba de dar à luz a um bezerro.

Outros animais geram filhotes que ainda não são semelhantes aos adultos. Eles apresentam uma estrutura mais simples que depois vai se transformar no adulto. Essa fase inicial é conhecida como **larva**. As larvas são capazes de se locomover, capturar e armazenar quantidade suficiente de alimento e então se transformar em um animal adulto.

Essa transformação é chamada **metamorfose** (do grego *meta* = além de; *morphe* = forma) e ocorre com muitos invertebrados e com os anfíbios (sapos, rãs, salamandras, etc.). No caso dos anfíbios, a larva é conhecida como **girino**, que nada com auxílio da cauda e respira por meio de brânquias (figura 13.7). Esse tipo de desenvolvimento, que forma larvas, é chamado **desenvolvimento indireto**.

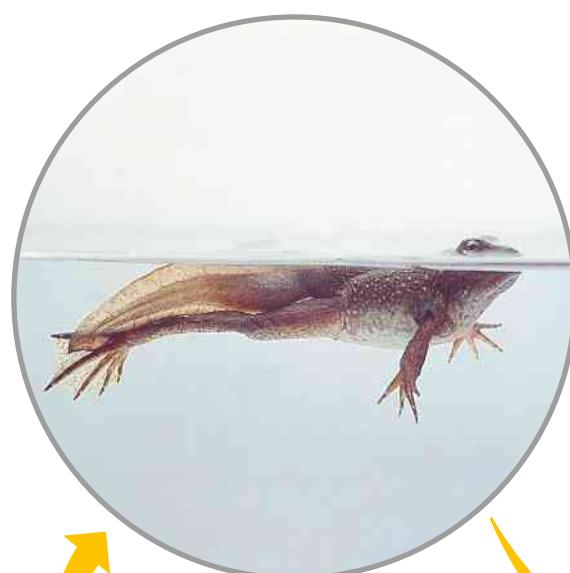


Girinos (cerca de 5 mm de comprimento).

Foto: Fabio Colombo/Agência do Fotógrafo



Girino sem membros (cerca de 2,5 cm de comprimento).



Aparecem os membros anteriores (cerca de 9 cm de comprimento).



Aparecem os membros posteriores (cerca de 3,5 cm de comprimento).

Figura 13.7 Desenvolvimento de um anfíbio, a rã-touro (*Lithobates catesbeianus*).

Na maioria dos insetos, ocorre uma metamorfose bem característica. Nas borboletas, por exemplo, o ovo produz uma **lagarta** (fase larval), que se alimenta de folhas. Após algumas semanas, ela tece um casulo e permanece imóvel dentro dele: essa é a fase de **pupa** (do latim *pupa* = menina, boneca). Veja a [figura 13.8](#). A pupa da borboleta é chamada crisálida (do grego *crysallíss* = dourado). Na fase de pupa, o inseto utiliza o alimento obtido na fase larval para se transformar em **imago** (animal adulto, que se alimenta do néctar das flores; [figura 13.8](#)).

O que teria levado o desenvolvimento indireto a ser tão comum em invertebrados? Uma das hipóteses é a de que em uma espécie que apresenta larvas

e adultos tão diferentes, as duas formas não competem por recursos e acabam igualmente favorecidas. Ou seja, como a larva se alimenta de maneira diferente do adulto e ocupa outro ambiente, ela não é atrapalhada por adultos da mesma espécie. Assim, um maior número de indivíduos consegue atingir a maturidade. De forma semelhante, os adultos não são prejudicados pelas larvas e mais deles conseguem se reproduzir.

[Figura 13.8](#) A borboleta apresenta metamorfose.



Fotos: Fábio Colombini/Acervo do fotógrafo

3 Local de desenvolvimento

Em alguns animais, como na maioria dos peixes e dos anfíbios, as fêmeas lançam óvulos na água e eles são fecundados no ambiente pelos gametas masculinos (fecundação externa). Nesse caso, em geral são produzidos muitos óvulos, mas poucos embriões sobrevivem e completam o desenvolvimento, uma vez que ficam expostos aos perigos do ambiente sem terem, geralmente, a proteção dos pais.

Nos animais que têm fecundação interna, caso de alguns peixes, das aves, dos répteis e dos mamíferos, a produção de óvulos (ovócito II, na maioria dos mamíferos) pode ser menor, porque a proteção aos embriões é maior, aumentando a probabilidade de sobrevivência.

De acordo com o local de desenvolvimento dos embriões, os animais com fecundação interna podem ser classificados em:

- **ovíparos** (do latim *ovi* = ovo; *parere* = dar à luz) – a fêmea elimina o ovo, que se desenvolve no meio externo à custa de suas reservas nutritivas; caso dos répteis em geral, das aves e de vários invertebrados; a fecundação interna, assim como ovos com casca e anexos embrionários, é uma adaptação à vida terrestre;
- **ovovivíparos** – o ovo com casca é retido dentro da fêmea até que o desenvolvimento se complete (sem nutrientes adicionais do organismo materno) e o filhote saia formado; é o caso de alguns invertebrados, peixes e répteis;
- **vivíparos** (do latim *viviparu* = o que nasce já formado) – o embrião absorve diretamente do sangue materno o alimento e o oxigênio necessários e elimina suas excretas através da placenta, que se forma no útero da mãe; são representados tipicamente (mas não exclusivamente) pelos mamíferos.

4 Folhetos embrionários

O processo embrionário varia de acordo com o tipo de ovo e com o grupo do animal. Usaremos como exemplo o anfioxo, cujo estudo dá ideia da formação das principais estruturas embrionárias dos vertebrados em geral.

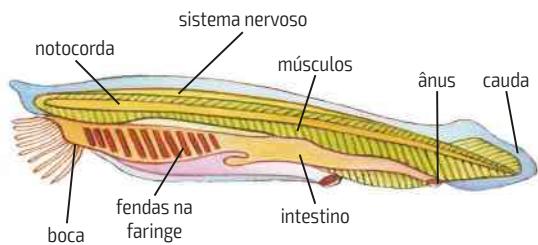
O anfioxo

Os vertebrados (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos) pertencem ao filo dos cordados, animais que na fase embrionária apresentam um bastão dorsal de sustentação, chamado **notocorda** ou **corda dorsal** (do grego *notos* = dorso; *chorda* = cordão). Nos vertebrados, a corda dorsal é total ou parcialmente substituída pela coluna vertebral.

Além dos vertebrados, encontramos no filo dos cordados o anfioxo (do grego *amphi* = dos dois lados; *oxus* = ponta, indicando que as extremidades são afiladas), um animal pequeno que vive no mar, quase sempre enterrado na areia (figura 13.9).



Dr. John D. Cunningham/
Visuals Unlimited/Corbis/
LatinStock



Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

Figura 13.9 Foto e esquema de anfioxo, gênero *Branchiostoma*. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

No anfioxo a notocorda persiste por toda a vida e funciona como um esqueleto flexível, que serve de ponto de apoio aos músculos.

As fendas na faringe (outra característica dos cordados) filtram o alimento que entra com a água e realizam a respiração. Há um cordão nervoso dorsal e oco com uma dilatação anterior.

Formação dos folhetos embrionários

A segmentação do anfioxo é holoblástica e aproximadamente igual. A mórula transforma-se em um embrião oco, a **blástula** (do grego *blastós* = broto; *ula* = sufixo diminutivo), com uma cavidade, a **blastocèle** (do grego *koilos* = cavidade), que sofre uma invaginação e origina a **gástrula** (do grego *gaster* = estômago). Esse processo é chamado **gastrulação**. A gástrula é formada por duas

camadas de células, os **folhetos embrionários** ou **germinativos**: a **ectoderme** (do grego *ektos* = de fora; *derma* = pele) e a **endoderme** (do grego *endon* = interno).

Esse embrião possui uma cavidade, o **arquêntero** (do grego *arkhe* = primitivo; *entheron* = intestino), que originará o tubo digestório e que se comunica com o exterior por um orifício, o **blastóporo** (do grego *blastós* = broto; *poro* = abertura). Nos **protostômios** (do grego *protos* = primeiro; *stoma* = boca), como na maioria dos invertebrados, o blastóporo origina a boca (ou tanto a boca quanto o ânus) do futuro animal. Nos equinodermos (estrela-do-mar, ouriço-do-mar, etc.) e nos cordados, que são animais **deuterostômios** (do grego *déuteron* = secundário), a boca forma-se mais tarde em outra região, e o ânus forma-se do blastóporo ou em uma região próxima a ele.

Em seguida, surge um terceiro folheto, a **mesoderme** (do grego *mesos* = meio, intermediário), proveniente de uma região do folheto interno. Ao mesmo tempo, formam-se o **celoma** (cavidade geral, onde se localizam os órgãos; do grego *kelos* = cavidade do corpo), a **notocorda** ou **corda dorsal** e o **intestino primitivo**. Essas modificações do folheto interno são acompanhadas pela formação do **tubo neural** a partir da ectoderme. O embrião passa a ser chamado **nêurula**, começando então a fase de **organogênese**, isto é, o início da formação dos órgãos (figura 13.10).

A notocorda e o tubo neural formam-se apenas nos cordados. A notocorda é um eixo de sustentação do embrião, que permanece na fase adulta do anfioxo, mas nos vertebrados é gradativamente substituída pela coluna vertebral. O tubo neural origina o sistema nervoso.

Ilustrações: Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

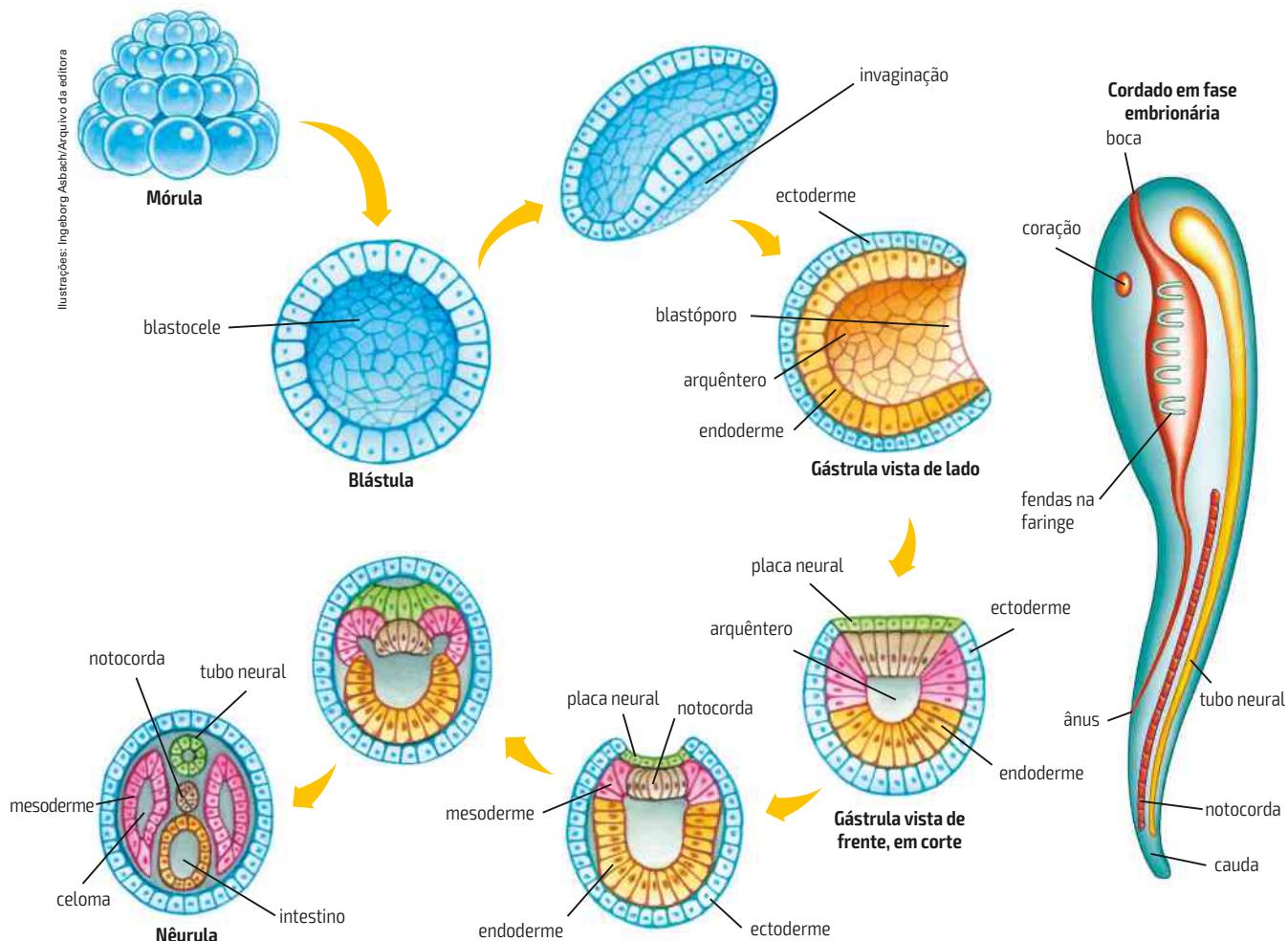


Figura 13.10 Desenvolvimento do anfioxo (a mórula tem cerca de 140 µm de diâmetro). As fendas na faringe (fendas faríngeas) desempenham função respiratória em alguns cordados, como os peixes. Em outros, a função respiratória é exercida pelos pulmões. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Malformações do tubo neural

Falhas no fechamento do tubo neural podem provocar malformações que afetam o sistema nervoso e partes adjacentes, como a coluna vertebral. É o caso das anomalias conhecidas como espinha bífida, que podem ser leves, como quando ocorre falha de soldadura nas vértebras sem afetar a medula espinhal; ou mais graves, quando parte da medula se projeta para fora das vértebras. As formas mais graves de espinha bífida exigem tratamento cirúrgico.

Uma forma ainda mais grave é a anencefalia, em que a parte céfala do tubo não se fecha e o cérebro está ausente. Nesse caso, o bebê morre, em geral, pouco depois do parto.

Essas malformações podem ser diagnosticadas durante a gravidez por exames como a ultrassonografia. Para diminuir o risco dessas malformações, o médico pode indicar a ingestão de uma vitamina, o ácido fólico, durante a gravidez.

Destino dos folhetos embrionários

Os cnidários (água-viva, coral, anêmona) permanecem com dois folhetos (ectoderme e endoderme) e são chamados **diblásticos** (do grego *di* = dois). Os outros animais desenvolvem a mesoderme e denominam-se **triblásticos** (do grego *tri* = três). Nem todos apresentam celoma, ou seja, uma cavidade formada no interior da mesoderme (**figura 13.11**). Os platelmintos (planária, tênia) são

acelomados (do grego *a* = sem); os nematódeos (lombriga) são **pseudocelomados** (possuem um falso celoma, entre a mesoderme e a endoderme; do grego *pseudo* = falso); os demais trilásticos (anelídeos, artrópodes, moluscos, equinodermos e cordados) são **celomados**.

O celoma dos deuterostômios forma-se a partir de dobras do intestino primitivo do embrião, sendo, por isso, chamado **enteroceloma** (do grego *éteron* = intestino). Nos protostômios, o celoma surge de fendas que se formam na mesoderme, sendo, por isso, chamado **esquizoceloma** (do grego *schizo* = fender, separar; **figura 13.12**).

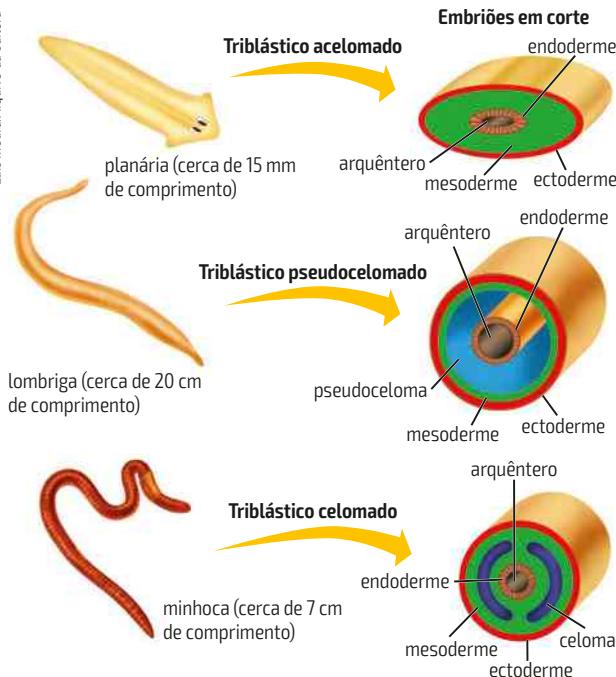


Figura 13.11 Estrutura do corpo dos embriões de um platelminto (vermes com o corpo achatado dorsoventralmente, como a planária e a tênia ou solitária), de um nematódeo (vermes com o corpo em forma de fio, como a lombriga) e de um anelídeo (vermes com o corpo segmentado, como a minhoca). (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

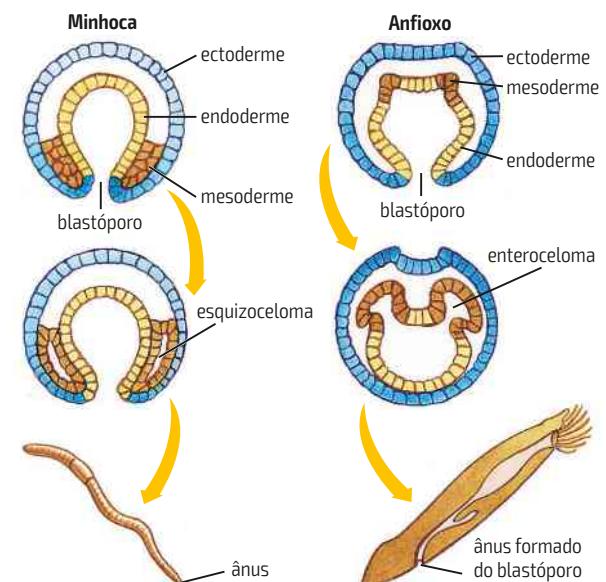


Figura 13.12 Diferenças na gastrula (as células são microscópicas) entre o embrião de protostômios esquizocelomados e o de deuterostômios enterocelomados. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Veja na **figura 13.13** os principais tecidos e órgãos originados de cada folheto embrionário no ser humano. Os gametas se formam a partir de células germinativas, que se desenvolvem separadamente das células somáticas.

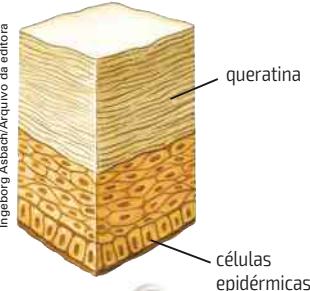
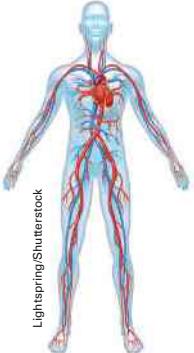
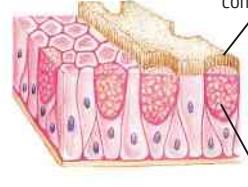
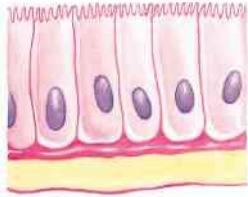
Ectoderme	Mesoderme	Endoderme
<ul style="list-style-type: none"> epiderme e anexos (pelos, unhas, chifres, penas, etc.) glândulas sudoríferas ou sudoríparas (<i>sudor</i> = suor; <i>ferre</i> = levar; <i>para</i> = produzir), sebáceas, mamárias, lacrimais, medula da adrenal e hipófise sistema nervoso (encéfalo, medula espinhal, gânglios e nervos) lente (cristalino), retina e córnea revestimento (tecido epitelial) da boca, do nariz e do ânus esmalte dos dentes   <p>ingeborg Astbach/Arquivo da editora</p> <p>queratina</p> <p>células epidérmicas</p> <p>S K Chevan/Shutterstock</p> <p>sistema nervoso</p>	<ul style="list-style-type: none"> músculos tecidos conjuntivos (cartilagens, ossos, derme, tecido hematopoético, sangue) sistemas cardiovascular e linfático sistemas urinário e genital pericárdio, pleura e peritônio (membranas que revestem o coração, os pulmões e os intestinos) côrnx da adrenal  <p>Lightspring/Shutterstock</p> <p>sistema cardiovascular</p>  <p>Digital Storm/Shutterstock</p> <p>esqueleto</p>  <p>Digital Storm/Shutterstock</p> <p>músculos</p>  <p>S K Chevan/Shutterstock</p> <p>sistema urinário</p>	<ul style="list-style-type: none"> revestimento epitelial do tubo digestório e do sistema respiratório fígado, pâncreas, glândula tireoide e glândulas paratireoides revestimento da bexiga urinária  <p>Cílios que “varrem” para fora o muco com impurezas.</p> <p>Célula caliciforme, que produz o muco.</p>  <p>Epitélio de transição da bexiga urinária; função: proteção</p>  <p>Epitélio prismático simples do intestino delgado</p>

Figura 13.13 Os principais tecidos (as células são microscópicas) e órgãos originados de cada folheto embrionário.
(Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

5 Anexos embrionários

Nos vertebrados aparecem estruturas, os **anexos embrionários**, que auxiliam o desenvolvimento do embrião. Nos répteis e nas aves há quatro anexos (**figura 13.14**):

● **âmnio** (do grego *âmnion* = água corrente) ou **bolsa de água** – contém um líquido que protege o embrião contra choques mecânicos e evita seu dessecamento ou sua desidratação (perda de água para o meio). O âmnio permite que o desenvolvimento embrio-

nário ocorra fora do ambiente aquático, sendo, por isso, um fator importante para a conquista do ambiente terrestre pelos répteis, pelas aves e pelos mamíferos (prevendo a dessecação);

- **vesícula vitelínica** ou **saco vitelínico** – contém alimento (vitelo) de reserva para o embrião (esta estrutura aparece também em alguns peixes);
- **alantoidé** (do grego *allantos* = salsicha; *eidos* = semelhante) – acumula as excretas do embrião, retira oxigênio do ar, elimina gás carbônico e retira cálcio da casca do ovo;

● **córion** (do grego *chorion* = pele) – anexo mais externo, com função de proteção; adere à casca do ovo e participa, com a alantoide, das trocas gasosas.

Além desses anexos, os ovos dos répteis e das aves possuem: casca, que fornece proteção mecânica e permite a passagem de oxigênio e gás carbônico por ela; albumina ou clara, com água e proteína, que serve de alimento para o embrião (**figura 13.14**).



Luiz Ibia/Arquivo da editora

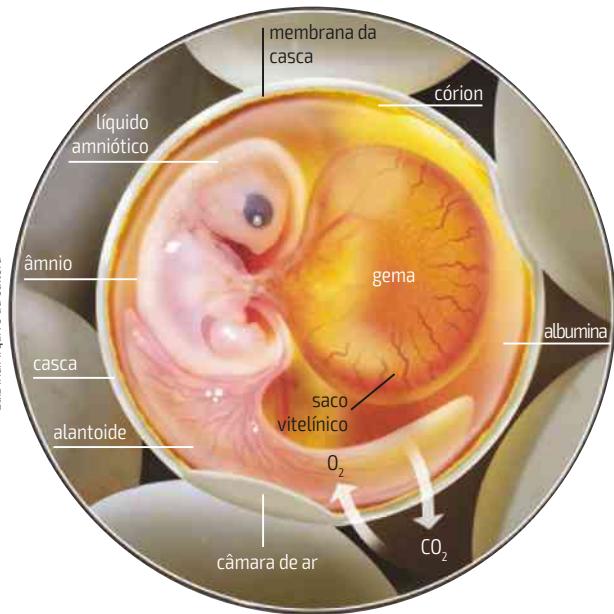
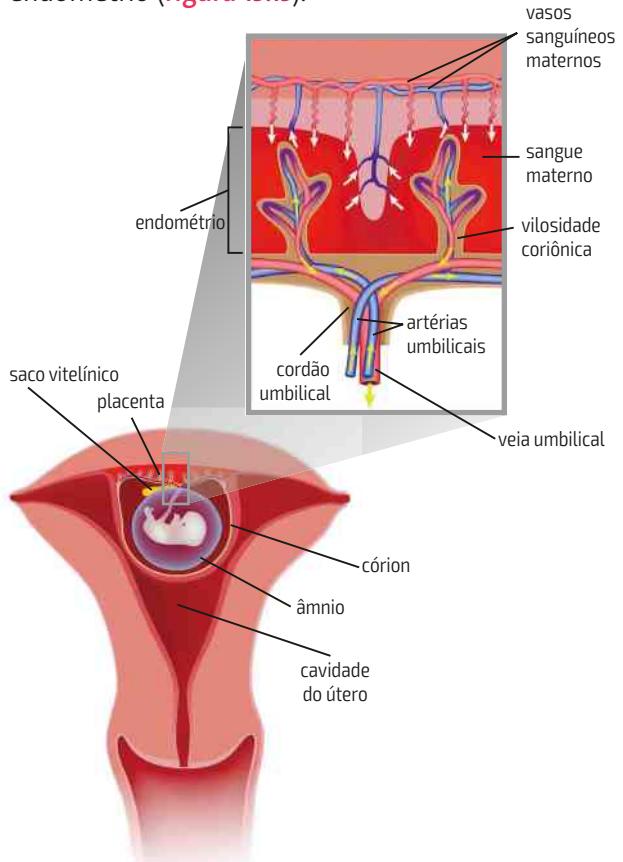


Figura 13.14 O embrião dos répteis e das aves está protegido por um ovo com casca. Em seu interior há reserva de alimento (clara e gema) e anexos embrionários. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.) Na foto, um embrião de galinha aos 21 dias, prestes a eclodir (ovo com até 6 cm de diâmetro).

O âmnio, a alantoide e o córion estão presentes apenas nos répteis, nas aves e nos mamíferos. Por isso, esses vertebrados, adaptados ao desenvolvimento fora da água, são chamados **amniotas**; peixes e anfíbios são **anamniotas** (do grego *an* = sem).

Na maioria dos mamíferos, além dos anexos, há a **placenta** (presente também em alguns peixes), formada pela união de vilosidades do córion com o endométrio (**figura 13.15**).



Allta Medical Media/Shutterstock

Figura 13.15 Ilustração dos anexos embrionários dos mamíferos (os elementos não estão na mesma escala; cores fantasia).

Através dela, os vasos sanguíneos da mãe e do embrião ficam próximos, o que possibilita as trocas de alimento (do sangue materno para o embrião), gases (oxigênio do sangue materno para o embrião e gás carbônico no sentido inverso) e excretas (ureia do embrião para o sangue materno). Ela tem, portanto, funções de nutrição, respiração e excreção. A placenta também produz hormônios (hCG, estrógenos e progesterona) e permite a passagem de alguns anticorpos maternos que conferem imunidade contra algumas doenças infecciosas, como sarampo e difteria, mas não contra doenças como coqueluche e catapora.

A alantoide e o saco vitelínico farão parte, por um tempo, do cordão umbilical, que possui vasos sanguíneos que levam os nutrientes da placenta para o embrião e as excretas do embrião para a mãe. Na membrana do saco vitelínico surgem as primeiras células do sangue, que depois serão produzidas no corpo do embrião.

Os mamíferos que possuem placenta são chamados **eutérios** (do grego *eu* = verdadeiro; *therion* = animal). Os que não possuem (o ornitorrinco e a equidna, ovíparos) são chamados **prototérios** (do grego *protos* = primeiro, primitivo). Os mamíferos do grupo dos marsupiais (canguru, gambá, catita)

possuem uma placenta rudimentar e são chamados **metatérios** (do grego *meta* = além de); o filhote nasce precocemente e migra para uma bolsa chamada **marsúpio** (do grego *marsypion* = bolsa), na qual ficam as glândulas mamárias e onde ele termina o desenvolvimento (figura 13.16).



Robin Smith/Getty Images

Ornitorrinco (*Ornithorhynchus anatinus*; entre 40 cm e 60 cm de comprimento, fora a cauda).



Fábio Colombarini/Acervo do fotógrafo

Gambá (*Didelphis marsupialis*; entre 45 cm e 50 cm de comprimento, fora a cauda).

Figura 13.16 Exemplos de prototérios (ornitorrinco) e marsupial (gambá).

História da ciência



Teorias científicas e o contexto histórico

Durante o século XIX, os cientistas participavam de uma revolução no campo do estudo da Biologia evolutiva. Nessa época, estava em ascensão a teoria evolucionista que mais tarde ficou conhecida como Darwinismo.

Também nesse século surge a lei biogenética fundamental ou teoria da recapitulação. Essa lei foi atribuída ao biólogo alemão Ernst Haeckel (1834-1919) e defendia que os estágios pelos quais um organismo passava durante o seu desenvolvimento repetiam a estrutura da fase adulta dos ancestrais da espécie (figura 13.17).

A generalização dessa lei sustentou por muitos anos que, por exemplo, o feto humano seria equivalente à fase adulta de um anfíbio, como o sapo. Posteriormente, foi demonstrada que essa lei não é verdadeira e que os desenhos de Haeckel não correspondiam ao que ocorria no desenvolvimento embrionário.

No final do século XIX, essa lei foi indevidamente utilizada em um contexto não científico para justificar discriminações sociais. Em um momento histórico escravagista e patriarcal, as premissas da teoria da recapitulação foram reinterpretadas com a intenção de fundamentar a inferioridade de alguns grupos de pessoas, como as mulheres e os negros em relação aos homens brancos.

Atualmente, tanto a "lei de Haeckel" como o uso indevido dela na tentativa de justificar preconceitos não são mais aceitos. Não há dúvidas de que um feto humano em nenhum momento foi um sapo; ou que características, como gênero e cor da pele, não fazem uma pessoa melhor ou pior do que a outra.

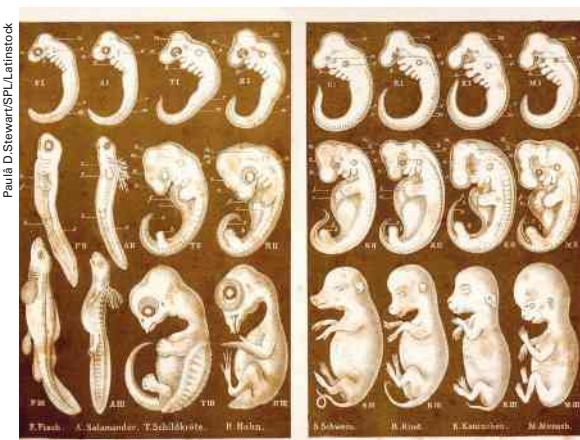


Figura 13.17 Desenho de Ernst Haeckel que compara o desenvolvimento embrionário de oito espécies animais (em colunas da esquerda para a direita: peixe, salamandra, tartaruga, galinha, porco, vaca, coelho e ser humano).

6 Desenvolvimento embrionário humano

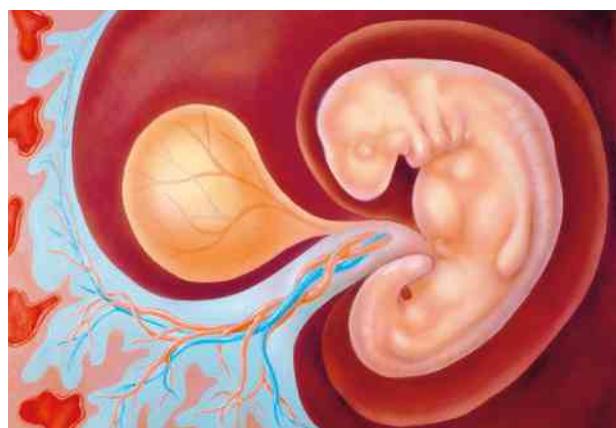
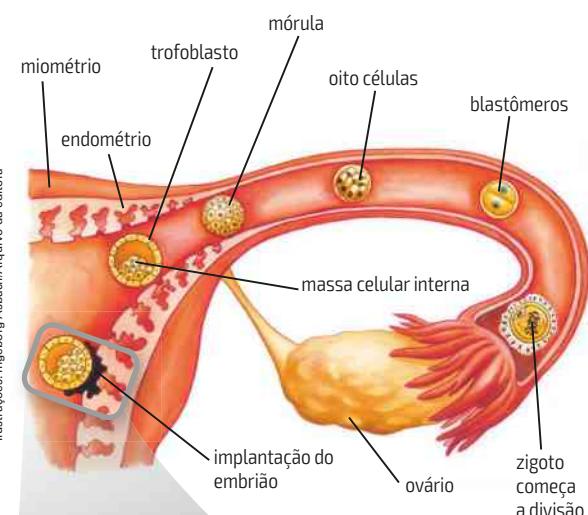
A fecundação na espécie humana ocorre na tuba uterina. À medida que desce por ela em direção ao útero (levado pelo batimento dos cílios e pelas contrações musculares da tuba), o embrião sofre segmentação. Três a quatro dias depois da fecundação, ele chega ao útero na fase de mórula, sendo formado por doze a dezesseis blastômeros. Passados mais três dias, já é uma blástula (também chamado **blastóbito** ou **blastocisto**), com cerca de 70 a 100 células, e começa o processo de implantação no útero, que termina, em geral, por volta do 12º dia no útero. Nessa fase, pode-se observar uma camada mais externa de células, chamada **trofoblasto** (do grego *trophé* = nutrição), que origina o córion, e a **massa celular interna**, também chamada **botão embrionário** ou **embrioblasto**, que formará o embrião e os anexos embrionários (figura 13.18).



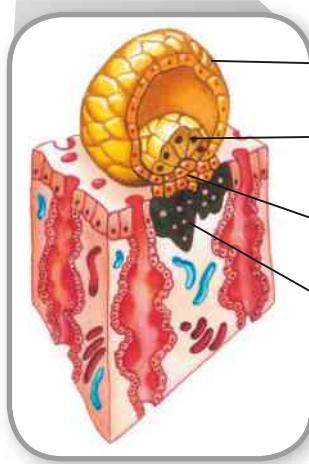
Dr. Yorgos Nikas/SPL/Latinstock

Mórula humana com dezesseis células (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 600 vezes; imagem colorizada por computador).

Ilustrações: Ingeborg Asbach/Arquivo da editora



Custom Medical Stock Photo/SPL/Latinstock



trofoblasto
Botão embrionário (origina o corpo do embrião).
O trofoblasto invade o endométrio.
Algumas células do trofoblasto unem-se e formam uma massa de citoplasma plurinucleada.



Alex Bartoli/SPL/Latinstock

Figura 13.18 Desenvolvimento inicial do embrião humano (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia).

Por volta do 14º dia, o endométrio já cresceu em torno do embrião, isolando-o da cavidade uterina. Depois, formam-se as vilosidades do córion, que ficarão mergulhadas no endométrio, em cavidades cheias de sangue, originando a placenta.

A gastrulação ocorre do 14º ao 19º dia, e formam-se os três folhetos embrionários (ectoderme, endoderme e mesoderme).

A maior parte dos principais órgãos do embrião forma-se da terceira à oitava semana do desenvolvimento (fase de organogênese). Essa formação está completa no início da nona semana, e o embrião passa a ser chamado **feto**: já tem aparência tipicamente humana, mede cerca de 2,5 cm de comprimento e tem peso próximo a 15 g. Ele continua a crescer e a se desenvolver. No final do terceiro mês, pesa cerca de 30 g, mede, aproximadamente, 8,5 cm de comprimento e começa a mover braços e pernas. No quinto mês (figura 13.19) os movimentos são mais fortes, e a mãe comece a percebê-los.

Após cerca de quarenta semanas (nove meses, 280 dias) depois do primeiro dia da última menstruação,

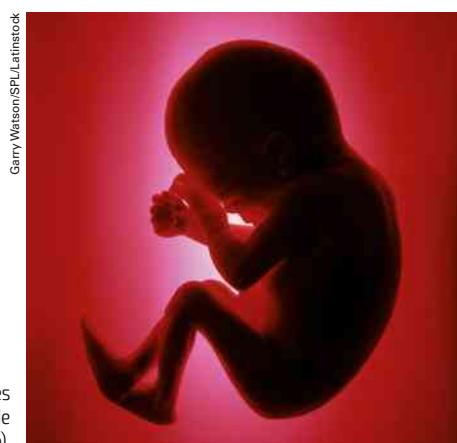


Figura 13.19 Desenvolvimento do embrião humano.

ocorre o parto (figura 13.20). As contrações da musculatura do útero indicam que o momento do parto se aproxima. A bolsa de água se rompe e a criança é empurrada para fora do corpo da mãe através da vagina. A placenta é eliminada e o cordão umbilical é cortado. O umbigo é a cicatriz que fica no lugar do cordão umbilical. A criança pesa entre 3 kg e 3,5 kg, mede entre 48 cm e 52 cm de comprimento, em média, e passa a respirar pelo seu sistema respiratório.



Figura 13.20 Etapas do nascimento de uma criança. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

A importância do leite materno

O leite materno é o melhor alimento para o bebê, sendo mais adequado do que as fórmulas comerciais preparadas a partir do leite de vaca. As vantagens são várias: é de digestão mais fácil; a probabilidade de causar reações alérgicas e prisão de ventre é menor; contém anticorpos que protegem a criança contra diversas doenças contagiosas. Além disso, em casa, no preparo do leite comercial, há mais riscos de contaminação por germes causadores de doenças, principalmente em locais sem água potável.

A amamentação também traz benefícios para a mãe. Além de aumentar o contato entre mãe e filho, o que é bom para ambos, diminui o risco de câncer de mama, acelera a volta do útero ao tamanho normal e evita hemorragias depois do parto.

Mas nem sempre é possível amamentar. Às vezes, por exemplo, a mãe precisa tomar certos medicamentos que podem passar para o leite e prejudicar a saúde da criança. As mães portadoras do vírus da Aids também devem evitar a amamentação, seguindo a orientação do médico para a escolha e o preparo do leite comercial.

A Organização Mundial da Saúde recomenda que se alimente a criança exclusivamente com leite materno até os 6 meses de idade. A partir daí, outros tipos de alimento podem ser oferecidos, diminuindo a frequência da amamentação.

Formação de gêmeos

Os gêmeos **monozigóticos** (do grego *monos* = um; *zygos* = par; juntos), também chamados **univitelinos** (do latim; *unus* = um; *vitellu* = gema do ovo) ou **idênticos**, formam-se de um único óvulo (ovócito II na espécie humana) fecundado por um único espermatozoide, mas, em vez de originar apenas um embrião, o zigoto origina dois ou mais. Isso porque as células formadas nas fases iniciais do desenvolvimento (até oito dias depois da fecundação) separam-se em dois ou mais grupos independentes, e cada grupo origina um embrião completo (figura 13.21). Esses gêmeos são geneticamente iguais entre si e, portanto, são sempre do mesmo sexo.

Se a separação ocorrer cedo (dois a três dias depois da fecundação), formam-se gêmeos com dois âmnios, dois córions e duas placentes (se a

implantação no útero for próxima, o córion e a placenta podem fundir-se; figura 13.21). Essa situação ocorre em cerca de um terço dos casos de formação de gêmeos. Em cerca de dois terços dos casos, a separação ocorre depois, formando-se duas massas celulares internas, que compartilham o mesmo trofoblasto. Nesse caso, ambos os gêmeos vão compartilhar o mesmo córion e a mesma placenta, mas cada um estará em uma cavidade amniótica (figura 13.21).

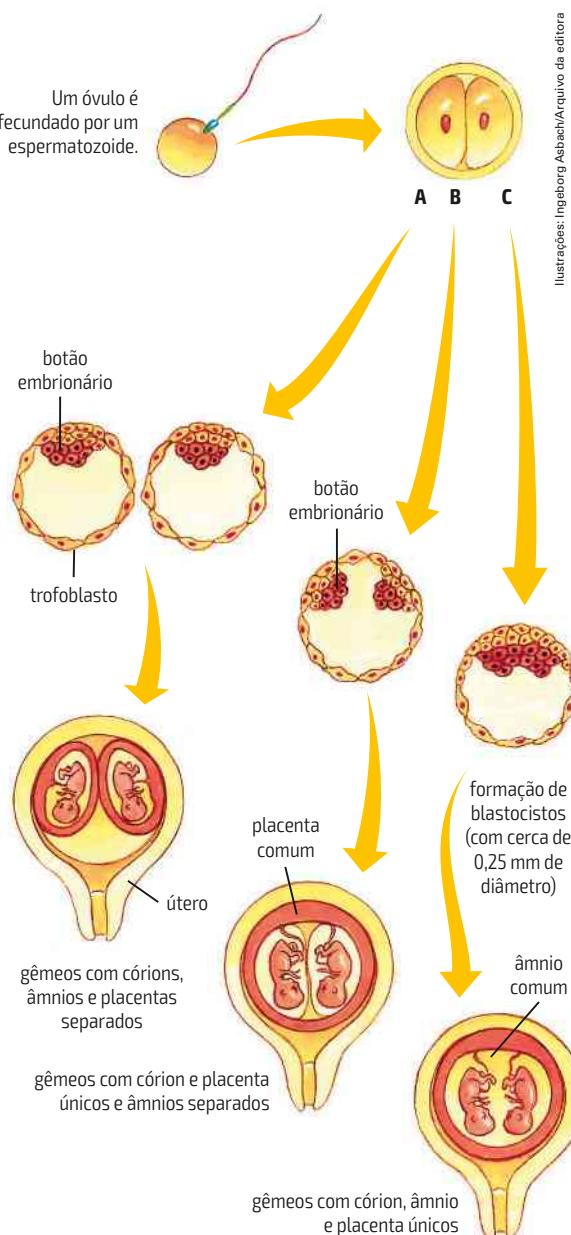


Figura 13.21 Formação de gêmeos verdadeiros: A, separação precoce dos blastômeros, antes da formação do trofoblasto (dois a três dias); B, separação da massa celular interna (primeira semana); C, separação tardia (nove a quinze dias). (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Raramente, em cerca de 1% dos casos, a separação ocorre tardiamente (entre nove e quinze dias), originando embriões que compartilham o mesmo córion, o mesmo âmnio e a mesma placenta. Nesse caso, os embriões dificilmente sobrevivem ou, se a separação não for completa, podem surgir gêmeos verdadeiros presos por uma parte comum do corpo e que compartilham órgãos: são os **gêmeos conjugados**, também chamados **irmãos siameses** ou **xifopagados** (a maioria desses gêmeos está unida na altura do apêndice xifoide, que fica no osso esterno). Em certos casos, dependendo dos órgãos que tenham em comum, é possível separá-los cirurgicamente.

Na população humana, ocorrem de três a quatro gêmeos univitelinos em cada mil nascimentos. A maioria dos casos de gêmeos (de sete a onze em cada mil nascimentos) ocorre de outra forma: a mulher lança

na tuba uterina dois ou mais ovócitos II no mesmo ciclo, e cada um é fecundado por um espermatozoide (**figura 13.22**). Como esses gêmeos se desenvolvem de células-ovo distintas, que vieram da união de gametas com genes diferentes (são geneticamente diferentes), eles não são tão parecidos quanto os idênticos. Podem ter ou não o mesmo sexo, por exemplo. De fato, podem ser tão diferentes quanto dois irmãos não gêmeos. Por isso, são chamados **gêmeos fraternos**, falsos ou, como vieram de zigotos diferentes, **dizigóticos** (ou **plurizigóticos**) ou **bivitelinos** (ou **plurivitelinos**). Há sempre dois âmnios e dois córions, com duas placenas (se eles se implantarem em regiões próximas, pode haver fusão dos córions e das placenas).

A identificação do tipo de gêmeo pode ser feita por meio de um exame de DNA: somente os gêmeos verdadeiros terão exatamente o mesmo material genético.



Figura 13.22 Formação de gêmeos fraternos, os óvulos têm cerca de 0,1 mm de diâmetro.
(Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Biologia e saúde



Infecções virais e microcefalia

A microcefalia é uma condição rara caracterizada pelo tamanho reduzido da cabeça do bebê decorrente de problemas no desenvolvimento do encéfalo. Os problemas causados por essa malformação podem variar, sendo mais ou menos severos, como convulsões, atraso no desenvolvimento e dificuldade de engolir. Mas algumas crianças podem desenvolver um grau de microcefalia pequeno, sem que haja qualquer comprometimento cerebral.

No ano de 2015, houve muitos casos de microcefalia, suspeitando-se de uma ligação entre esta e a infecção pelo vírus zika em mulheres grávidas – embora nem todos os bebês de mulheres infectadas sejam portadores de microcefalia. Esse vírus, reportado pela primeira vez no país em abril daquele ano, causa sintomas semelhantes aos da dengue e é transmitido pelo mesmo mosquito, o *Aedes aegypti*.

Sabe-se que infecções virais, como a rubéola, o herpes e a infecção por citomegalovírus, podem causar microcefalia quando acometem mulheres grávidas. Os vírus passam pela placenta e podem atingir o tecido cerebral do feto, desacelerando o

crescimento de suas células. Isso ocorre geralmente durante o primeiro trimestre da gestação.

O diagnóstico da microcefalia envolve, entre outros fatores, a avaliação do perímetro encefálico e a proporção da cabeça em relação ao corpo. Além disso, é preciso realizar um exame neurológico para observar alterações no desenvolvimento do bebê.

Por causa da enorme gravidade do problema e do estabelecimento de uma epidemia do vírus zika, diversas investigações sobre o tema estão em andamento. Por enquanto, a única forma de se prevenir contra o vírus é o combate ao mosquito *A. aegypti*. O governo e toda a população devem ficar atentos para impedir a formação de criadouros de mosquitos, como latas e pneus com água parada. Além disso, o uso de repelentes e de roupas que cubram o corpo pode ajudar a prevenir picadas. Mulheres grávidas devem redobrar os cuidados e manter o acompanhamento médico durante toda a gestação.

Fontes de pesquisa: <www.brasil.gov.br/saude/2016/01/especialistas-tiram-duvidas-sobre-zika-e-microcefalia>; <www.cdc.gov/ncbddd/birthdefects/microcephaly.html>. Acesso em: 4 fev. 2016.

7

Células-tronco

Células-tronco são células pouco diferenciadas, ou seja, ainda não especializadas. Elas podem se dividir e originar células específicas de um tecido do corpo. As células-tronco são encontradas em embriões no início do desenvolvimento, no cordão umbilical e em alguns tecidos adultos, como a medula óssea e o fígado.

As **células-tronco embrionárias** estão presentes em embriões no início do desenvolvimento e podem dar origem a qualquer tecido do corpo. Há dois tipos de células-tronco embrionárias: as **células-tronco totipotentes** (do latim *totus* = todo; *potens* = poderoso) podem originar todos os tipos de células e tecidos do corpo, inclusive anexos embrionários e placenta, podendo ainda originar um indivíduo completo, como ocorre no caso de gêmeos univitelinos. Elas são encontradas no embrião na fase de mórula, com cerca de 16 células, até o terceiro ou quarto dia após a fecundação. As **células-tronco pluripotentes** (do latim *pluri* = mais

de um) podem também dar origem a todos os tecidos, mas não podem produzir placenta ou anexos embrionários, não sendo possível, portanto, originar um indivíduo completo. Essas células são encontradas na massa celular interna do blastocisto – embrião com cerca de 100 células – por volta do quinto dia de desenvolvimento.

Em vários órgãos do corpo, encontramos **células-tronco adultas**. São **células-tronco multipotentes**, ou seja, elas têm a capacidade de gerar apenas células dos tecidos de que são provenientes. Essas células são encontradas, por exemplo, no sangue do cordão umbilical e na medula óssea. Nos últimos anos, porém, têm sido desenvolvidas técnicas capazes de alterar geneticamente essas células e até mesmo células adultas diferenciadas, transformando-as em células pluripotentes, que podem dar origem a todos os tecidos, com exceção daqueles que formam anexos embrionários.

Com estímulos apropriados, promove-se a diferenciação das células-tronco embrionárias em células musculares, pancreáticas, nervosas ou do tipo ne-

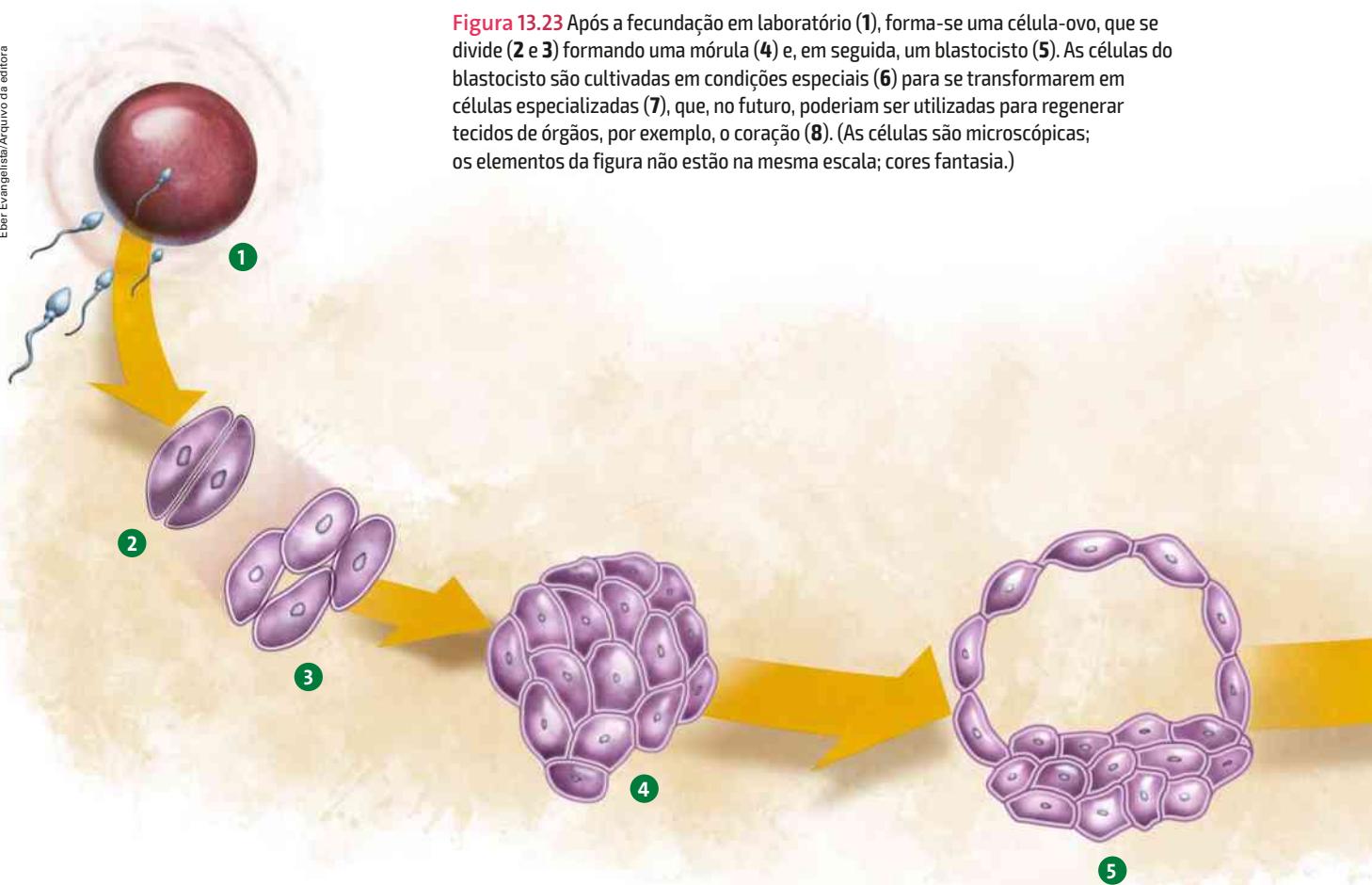


Figura 13.23 Após a fecundação em laboratório (1), forma-se uma célula-ovo, que se divide (2 e 3) formando uma mórula (4) e, em seguida, um blastocisto (5). As células do blastocisto são cultivadas em condições especiais (6) para se transformarem em células especializadas (7), que, no futuro, poderiam ser utilizadas para regenerar tecidos de órgãos, por exemplo, o coração (8). (As células são microscópicas; os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

cessário para substituir células de órgãos comprometidos (**figura 13.23**).

As células-tronco embrionárias podem ser conseguidas de embriões congelados, obtidos por fertilização *in vitro* (fora do corpo), que existem em clínicas de fertilização assistida e que não serão implantados em útero. Em 2007, um grupo de cientistas obteve células-tronco do líquido amniótico de dentro da placenta. Outro grupo conseguiu transformar algumas células da pele humana em células embrionárias. A técnica pode ser útil para conseguir células-tronco sem destruir embriões.

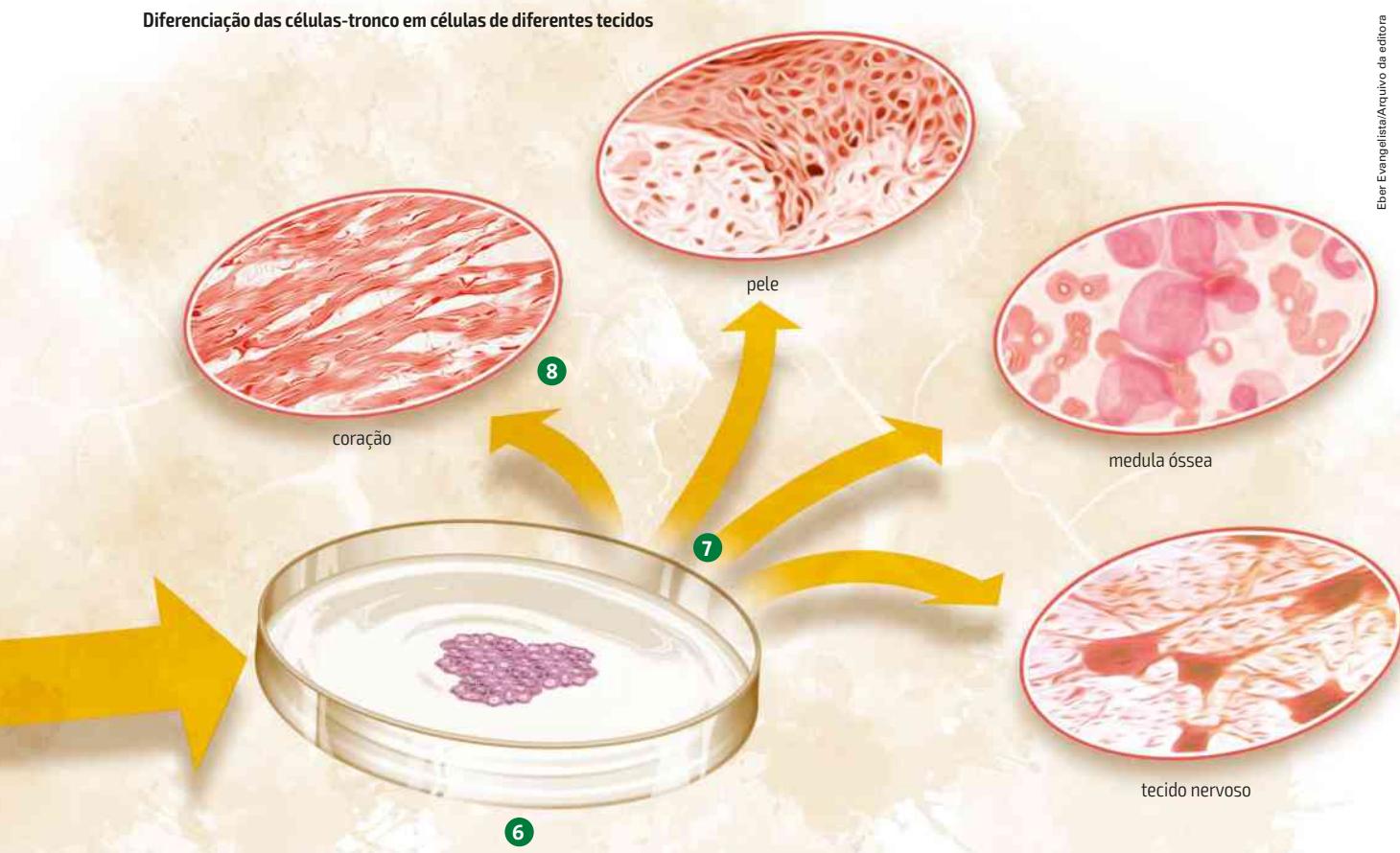
Para evitar o risco de rejeição é preciso conseguir células-tronco compatíveis com as do receptor ou realizar a clonagem terapêutica ou transferência nuclear, que consiste em retirar o núcleo de uma célula somática da pessoa que necessita de um transplante para um óvulo anucleado e estimular seu desenvolvimento em laboratório até o estágio de blastocisto. Como as células clonadas continham o núcleo do paciente, não há risco de rejeição. No entanto, essa clonagem não serve para pacientes

com doenças genéticas, pois as células geradas desse modo também seriam portadoras da doença.

Essas células poderiam ser usadas em doenças do sistema nervoso, como mal de Parkinson e paralisia por lesões na medula espinhal, na diabetes e em doenças no coração. Contudo, essas aplicações ainda estão em fase de pesquisa e há problemas técnicos e de segurança que precisam ser resolvidos, visto que essas células podem gerar tumores. Outro problema é de ordem ética e diz respeito ao uso de embriões humanos na fase inicial como fonte de células-tronco. Embora algumas pessoas achem que os embriões humanos na fase inicial sejam apenas um aglomerado de células, outras pensam que eles devem ser considerados seres humanos, com direitos como todos nós – como os embriões que serviriam de fonte de células-tronco são destruídos, isso equivaleria a destruir um ser humano.

Nos países que permitem a pesquisa com essas células, elas podem ser obtidas de embriões congelados nas clínicas de fertilização assistida que não serão mais implantados em um útero.

Diferenciação das células-tronco em células de diferentes tecidos



Eber Evangelista/Arquivo da editora

Atividades

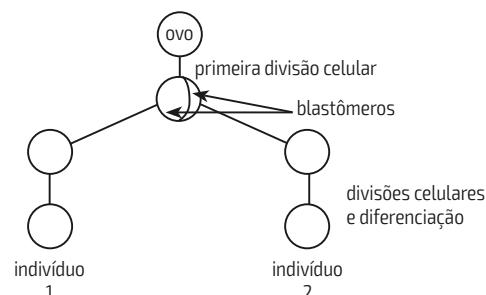


1. De modo geral, os biólogos consideram a gástrula a etapa mais importante do desenvolvimento embrionário porque é nessa etapa que são formados três grupamentos de células. Quais são esses grupamentos e por que eles são tão importantes?
2. Por que o risco de malformações provocadas por drogas ingeridas na gravidez é maior no período que vai da terceira à oitava semana após a ovulação?
3. Durante a gravidez, o embrião fica mergulhado em um líquido, o líquido amniótico, formado por água e sais minerais. Como ele consegue obter oxigênio para se manter vivo?
4. (UFRJ) No processo evolutivo, centenas de espécies podem ser criadas em um tempo relativamente curto. Esse fenômeno é conhecido como radiação adaptativa. No grupo dos répteis, ocorreu uma grande radiação adaptativa após o aparecimento da fecundação interna e do ovo amniótico; muitas espécies desse grupo surgiram e ocuparam o *habitat* terrestre. Explique por que o ovo amniótico facilitou a ocorrência dessa radiação adaptativa.
5. (Fuvest-SP) Durante o desenvolvimento embrionário das aves, o embrião é nutrido graças à grande quantidade de vitelo presente no ovo. Já nos mamíferos o ovo é pobre em vitelo. Como a grande maioria dos embriões de mamíferos consegue obter os nutrientes necessários para seu desenvolvimento?
6. (Vunesp-SP) A placenta desempenha várias funções no organismo humano, entre elas a de transporte de substâncias.
 - a) Cite duas substâncias que são transportadas do feto para o organismo da mãe e duas que são transportadas do organismo da mãe para o feto, considerando, neste último caso, apenas substâncias que podem causar prejuízos ao feto.
 - b) Além da função de troca de materiais entre o feto e o organismo materno, cite outras duas funções da placenta.
7. (Enem) A utilização de células-tronco do próprio indivíduo (autotransplante) tem apresentado sucesso como terapia medicinal para a regeneração de tecidos e órgãos cujas células perdidas não têm capacidade de reprodução, principalmente em substituição aos transplantes, que causam muitos problemas devido à rejeição pelos receptores.

O autotransplante pode causar menos problemas de rejeição quando comparado aos transplantes tradicionais, realizados entre diferentes indivíduos. Isso porque as

- a) células-tronco se mantêm indiferenciadas após sua introdução no organismo do receptor.
- b) células provenientes de transplantes entre diferentes indivíduos envelhecem e morrem rapidamente.
- c) células-tronco, por serem doadas pelo próprio indivíduo receptor, apresentam material genético semelhante.
- d) células transplantadas entre diferentes indivíduos se diferenciam em tecidos tumorais no receptor.
- e) células provenientes de transplantes convencionais não se reproduzem dentro do corpo do receptor.

8. (Vunesp-SP) A formação de um tipo de gêmeos pode ser explicada pelo seguinte esquema:



Da análise desse esquema, podemos concluir que esses gêmeos:

- a) resultam da fecundação de um único óvulo por dois espermatozoides.
- b) negam a possibilidade de poliembrionia humana.
- c) serão siameses ou xifópagos, porque se originam de um único ovo.
- d) poderão apresentar sexos iguais ou diferentes.
- e) terão, obrigatoriamente, sexos iguais.

9. (Unirio-RJ) Dentre as opções abaixo, assinale a que melhor define as funções principais da placenta:
 - a) proteger o embrião contra choques e evitar sua desidratação.
 - b) proteger o embrião e produzir vilosidades que penetram no endotérmico.
 - c) acumular excretas, retirar oxigênio do ar e devolver gás carbônico.
 - d) conter excretas e alimentos de reserva para o embrião (vitelo).
 - e) nutrit, excretar e respirar, produzindo também hormônios importantes para a gravidez.

- 10.** (Fuvest-SP) Durante a gestação, os filhotes de mamíferos placentários retiram alimento do corpo materno. Qual das alternativas indica o caminho percorrido por um aminoácido resultante da digestão de proteínas do alimento, desde o organismo materno até as células do feto?

- a) Estômago materno → circulação sanguínea materna → placenta → líquido amniótico → circulação sanguínea fetal → células fetais.
- b) Estômago materno → circulação sanguínea materna → placenta → cordão umbilical → estômago fetal → circulação sanguínea fetal → células fetais.
- c) Intestino materno → circulação sanguínea materna → placenta → líquido amniótico → circulação sanguínea fetal → células fetais.
- d) Intestino materno → circulação sanguínea materna → placenta → circulação sanguínea fetal → células fetais.
- e) Intestino materno → estômago fetal → circulação sanguínea fetal → células fetais.

- 11.** (Ifsul-RS) Durante o desenvolvimento embrionário de répteis, aves e anfíbios, formam-se estruturas associadas ao corpo do embrião denominadas anexos embrionários. Desses anexos, o âmnio é a estrutura que desempenha a função de

- a) nutrição do embrião.
- b) armazenamento de excretas pelo embrião durante o seu desenvolvimento.
- c) promoção de trocas gasosas entre o sangue embrionário e o ar atmosférico.
- d) proteção do embrião contra dessecação e eventuais choques mecânicos.

- 12.** (Enem) Os gêmeos sempre exerceram um fascínio para a maioria das pessoas, principalmente os monozigóticos ou idênticos. Parte desse interesse está relacionada ao fato de que esses indivíduos representam a manifestação natural que mais se aproxima da clonagem na espécie humana.

O mecanismo que está associado com a formação dos indivíduos citados é a:

- a) divisão do feto em gestação em dois indivíduos separados.
- b) divisão do embrião em dois grupos celulares independentes.
- c) fecundação de um óvulo por dois espermatozoides diferentes.
- d) ocorrência de duas fecundações simultâneas no útero materno.
- e) fertilização sucessiva de dois óvulos por apenas um espermatozoide.

- 13.** (UPE) Observe os trechos da música a seguir:

Quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha?

Cocoricó

Quem sabe me responde, quem não sabe adivinha.

Quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha?

... Quem acha que foi o ovo levanta a mão e canta assim.

Era uma vez um ovo... de repente, "creck-creck", se quebrou e lá de dentro saiu... um bichinho amarelinho que comeu... cresceu... até se transformar... numa galinha.... A minha vida começou dentro de um ovo. Por isso eu canto assim: O ovo veio antes de mim.

Ah é?... Mas quem colocou esse ovo que veio antes de você, hein? Uma galinha...

... Quem acha que foi a galinha levanta a mão e canta assim.

Era uma vez uma galinha... que... pôs um ovo e delicadamente sentou em cima... chocou, chocou, até que um dia, "creck-creck", ele quebrou.

Daí pra frente a história continua... Galinha que nasce do ovo que nasce da galinha, que nasce do ovo da galinha. Oh! Dúvida cruel. Quem pôs o primeiro ovo, ninguém sabe, ninguém viu...

Disponível em: <<http://letras.mus.br/cocorico/1635028>>. Adaptado.

Em relação à pergunta da música, colocada em termos científicos "Quem surgiu primeiro na evolução dos vertebrados terrestres, o ovo ou as aves?", é correto afirmar que:

- a) os peixes punham ovos de dois tipos: centrolécito e telolécito amniótico; estes últimos permitiram a conquista da terra, por possuírem uma casca espessa; assim, o ovo veio primeiro.
- b) os anfíbios botavam ovos isolécitos amnióticos com casca e o suprimento líquido necessário para o desenvolvimento embrionário; assim, o ovo veio primeiro.
- c) os répteis surgiram com uma nova espécie de ovos telolécitos, contendo membranas embrionárias amnióticas complexas, que deixavam o ar entrar e sair, mas não a água; assim, o ovo veio primeiro.
- d) as aves sofreram mutação em seus ovos, passando de centrolécito para heterolécito do tipo amniótico e podiam ser postos em terra; assim as aves vieram primeiro.
- e) as aves desenvolveram ovos do tipo alécitos amnióticos, tornando possível o surgimento dos mamíferos, parentes próximos dessas, visto também serem homeotermos; assim, as aves vieram primeiro.

14. (UFRRJ) A seguir estão indicados os anexos embrionários que se formam durante a embriogênese da maioria dos mamíferos. O anexo embrionário exclusivo dos mamíferos e que possibilita um período mais longo de desenvolvimento do embrião no interior do organismo materno é:

- a) o saco vitelino. d) a placenta.
b) o âmnio. e) a alantoide.
c) o córion.

15. (UFV-MG) O desenvolvimento embrionário de um ser humano se assemelha em muitos aspectos ao de um jacaré. Porém, existem diferenças importantes. Assinale a afirmativa correta.

- a) No desenvolvimento embrionário do jacaré o córion foi substituído pela casca calcárea.
b) A fecundação interna ocorre no ser humano, que é vivíparo, mas não no jacaré, que é ovíparo.
c) No desenvolvimento embrionário do jacaré não há formação do âmnio, já que a ooposição ocorre em locais úmidos.
d) No desenvolvimento embrionário humano a vesícula ou saco vitelínico está ausente, pois a nutrição é placentária.
 e) A alantoide tem funções respiratória e de acúmulo de excretas no embrião do jacaré, mas não no do ser humano.

16. (UEMG) Leia o trecho, a seguir.

As mais versáteis são as células-tronco embrionárias (TE), isoladas pela primeira vez em camundongos há mais de 20 anos. As células TE vêm da região de um embrião muito jovem que, no desenvolvimento normal, forma as três camadas germinativas distintas de um embrião mais maduro e, em última análise, todos os diferentes tecidos do corpo.

Scientific American Brasil, julho de 2004.

Com as informações contidas nesse texto, juntamente com outros conhecimentos que você possui sobre o assunto, só é possível afirmar corretamente que

- a) as células-tronco embrionárias (TE), anteriores ao embrioblasto, são totipotentes, isto é, capazes de se diferenciarem em qualquer uma das células somáticas do indivíduo.
b) a legislação brasileira proíbe qualquer tipo de pesquisa com células-tronco embrionárias, porque a constituição brasileira considera que o zigoto já é um novo indivíduo e tem que ser protegido.
c) as três camadas germinativas distintas a que o texto se refere são os folhetos embrionários epiderme, derme e hipoderme.
d) entre os tecidos do corpo, o tecido nervoso se origina a partir do folheto germinativo ectoderm, enquanto o tecido muscular se origina do endoderma.

Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas a seguir para pesquisar (em livros, na internet, etc.). Depois, expõam as conclusões da pesquisa na escola e, se possível, para a comunidade.

Procurem também entrevistar pesquisadores e outros profissionais da área de saúde sobre o tema que vocês escolheram para investigar. Verifiquem a possibilidade de convidá-los para ministrar palestras sobre o tema para a comunidade escolar.

Finalmente, verifiquem se na região existe alguma universidade, centro médico ou instituição que desenvolva atividades de educação da população sobre os cuidados na gravidez, os problemas da gravidez na adolescência e a importância das pesquisas com células-tronco e vejam se é possível visitar o local.

1. Os cuidados necessários durante a gravidez: exames médicos, tipo de alimentação, suplementos alimentares, etc.
2. Os cuidados necessários, sobretudo durante os primeiros anos do bebê: exames importantes,

vacinação, primeiras consultas ao pediatra, alimentação, a importância da amamentação, higiene em geral, a importância dos banhos de sol e os cuidados relacionados, as horas de sono, etc.

3. Os problemas enfrentados por adolescentes grávidas e por seus parceiros. Pesquisem também estatísticas sobre o número de casos de gravidez na adolescência no Brasil.
4. Notícias recentes sobre pesquisas com células-tronco no Brasil e no mundo. Pesquisem também informações sobre a legislação acerca desse tema em nosso país.

Fique de olho!

Sempre que houver acesso à internet, uma opção para divulgar os resultados das pesquisas fora da escola é publicar textos, vídeos e fotos em sites ou redes sociais. Isso pode abrir espaço para trocas de informações e novas ideias sobre o tema.

Stockbyte/Getty Images



O uso de filtro solar é uma das formas de proteger a pele contra os efeitos do sol.

Uma característica importante dos seres pluricelulares é a divisão de trabalho entre suas células. No corpo humano, por exemplo, há mais de duzentos tipos de grupos de células que cooperam entre si e garantem a sobrevivência do organismo.

Cada grupo de células reunidas e executando uma função específica é chamado tecido. Neste capítulo vamos estudar o tecido epitelial.



- ◆ Qual é o papel da pele na proteção do nosso organismo?
- ◆ Você está acostumado a usar protetor solar? Por que ele é tão importante?
- ◆ Por que a pele fica mais escura quando ficamos expostos ao sol?

1 Características gerais

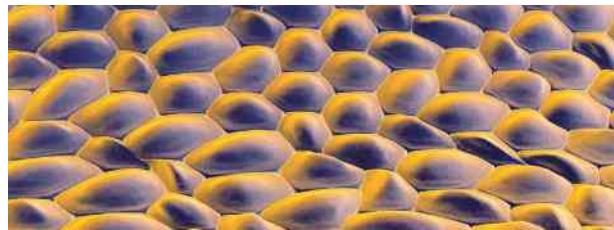
O tecido epitelial ou, simplesmente, **epitélio** (do grego *epi* = acima, sobre; *thelé* = tecido que cresce) reveste o corpo humano e o de muitos animais. O epitélio também reveste as cavidades internas e forma as glândulas.

Um tecido não é formado apenas por células. Ele inclui também o material fabricado por elas, chamado **substância intercelular** (ou **matriz extracelular**), que, às vezes, funciona apenas como ligação entre as células e, outras vezes, desempenha papel importante na função do tecido. Além dessa substância, há nos tecidos animais o **líquido intersticial**, que sai dos vasos sanguíneos e tem a função de levar alimento, oxigênio e hormônios ao tecido e remover dele o gás carbônico e os resíduos do metabolismo.

As células do tecido epitelial estão estreitamente unidas (**figura 14.1**), havendo entre elas pouca

quantidade de substância intercelular. Esta é formada apenas pela cobertura de glicoproteínas das células animais, o glicocálice. Com raras exceções, esse tecido não tem vasos sanguíneos e sua nutrição é feita pelo tecido conjuntivo abaixo dele. Em geral, possui terminações nervosas sensíveis a estímulos, como veremos no Volume 2.

Neste capítulo vamos estudar os dois tipos de tecidos epiteliais: o **de revestimento** e o **glandular** ou **de secreção**.



Katerina Kon/Shutterstock

Figura 14.1 Ilustração em computador representando células da epiderme humana. Note que há pouco espaço entre as células (cores fantasia).

Biologia e saúde



Cuidados com a exposição ao sol

Os filtros solares são classificados de acordo com um número chamado fator de proteção solar (FPS). Por exemplo, uma pessoa que utiliza filtro solar com FPS 15 (o índice mínimo que devemos usar) leva 15 vezes mais tempo para ficar com a pele vermelha ou irritada do que se estivesse sem ele.

Quanto mais sensível a pele, maior o fator de proteção necessário. A indicação do filtro solar mais adequado para cada tipo de pele deve ser feita pelo médico, que orientará também quanto ao tempo máximo de exposição ao sol. Esse tempo de exposição varia conforme o tipo de pele e o fator de proteção utilizado.

Mesmo com filtro solar, é preciso evitar a exposição ao sol entre as 10 horas e as 16 horas, aproximadamente, quando a radiação ultravioleta é mais intensa. Além disso, a proteção deve ser complementada pelo uso de chapéu e óculos escuros confiáveis, que bloqueiam os raios ul-



ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.

travioleta. A exposição excessiva a esses raios pode causar problemas nos olhos, como a catarata.

Na embalagem dos filtros solares, costumam aparecer as siglas UVA e UVB. Em Física, aprendemos que elas correspondem a duas faixas de comprimento de onda dos raios ultravioleta. Ambas podem provocar danos à pele.

A exposição ao sol, entre outros fatores, pode provocar a formação de tumores benignos e malignos (chamados carcinomas) nos epitélios. A maioria dos tumores tem cura total, mas alguns, como o melanoma, só podem ser curados em estágios muito iniciais. Por isso, além de evitar a exposição exagerada ao sol e de usar filtro solar, é preciso ir ao médico se notar: feridas que não cicatrizam; sinais com alteração de cor ou tamanho, com sangramento ou bordas mal definidas; verrugas que, com pequenos traumatismos, repetidamente coçam e sangram.

2

Epitélio de revestimento

Esse tipo de tecido epitelial, além de revestir o corpo, reveste cavidades, como as do tubo digestório e dos sistemas respiratório e urinário. O epitélio de revestimento protege o organismo contra atritos, invasão de microrganismos e contra a perda de água. Nos órgãos internos, o epitélio atua também na absorção de alimentos e oxigênio, entre outras funções.

Quase todos os epitélios possuem, na superfície de contato com o tecido conjuntivo, uma região formada por glicoproteínas (fabricadas pelas células epiteliais) e fibras de proteína (fabricadas pelo tecido conjuntivo). Essa região, chamada **lâmina basal**, promove a adesão entre os tecidos epitelial e conjuntivo.

O tecido epitelial pode ser formado por uma camada de células – **epitélio simples** – ou por várias camadas – **epitélio estratificado**. Às vezes, aparece um tecido constituído por uma camada de células com núcleos em alturas diferentes, aparentando formar várias camadas. Esse tecido é chamado **pseudoestratificado** (do grego *pseudos* = falso). Quanto mais espesso for o epitélio, melhor será sua capacidade protetora; quanto mais fino, melhor a capacidade de absorção (**figura 14.2**).

As células da superfície do tecido apresentam formas variadas. Podem ser cúbicas, cilíndricas ou achatadas, o que permite classificar os epitélios, respectivamente, em **cubicos**, **prismáticos**, também chamados **cilíndricos**, e **pavimentosos** (ou **escamosos**). Há ainda o **epitélio de transição**, encontrado na bexiga urinária, cujas células mudam de forma segundo o grau de distensão da bexiga (**figura 14.2**).

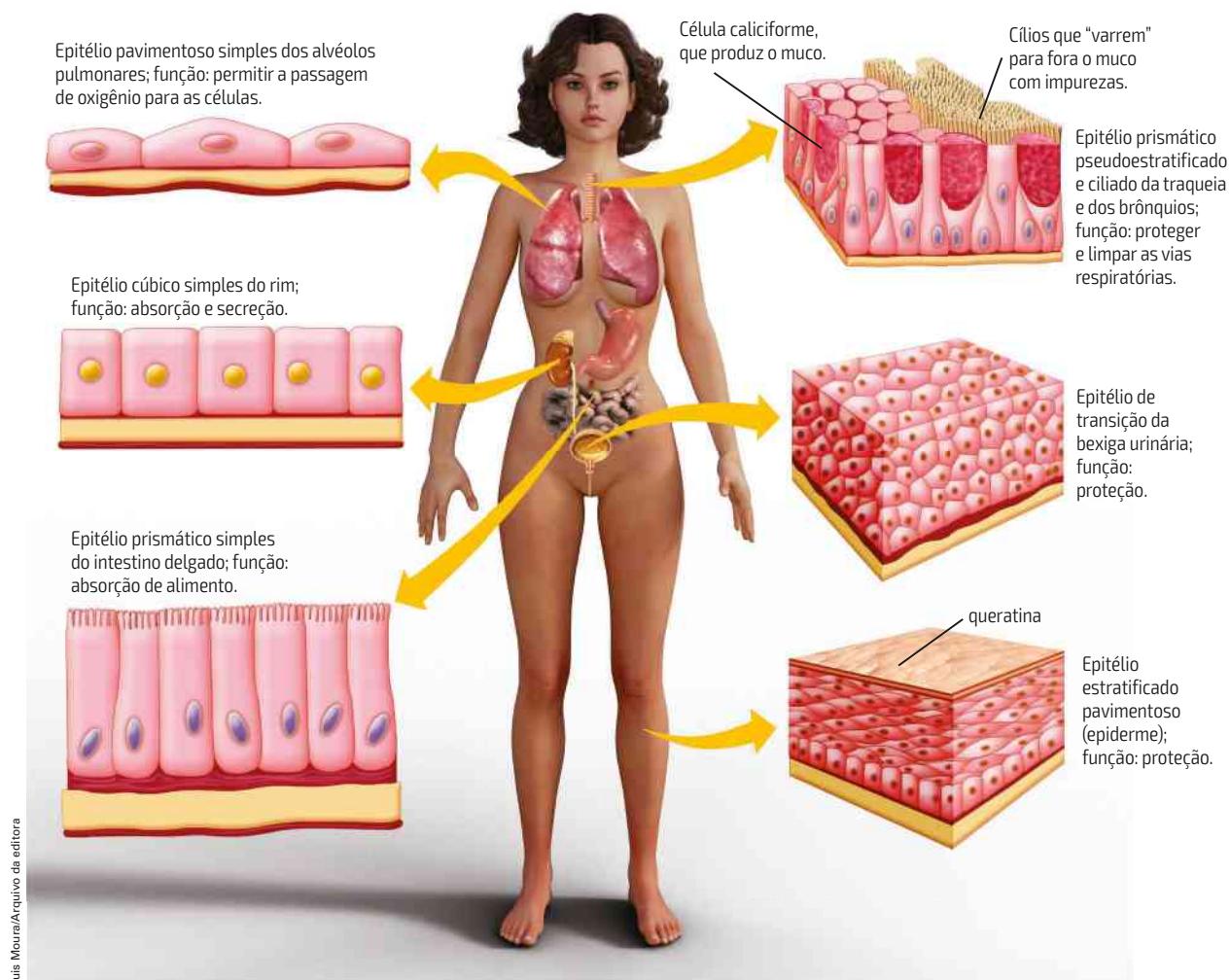


Figura 14.2 Modelo anatômico simplificado evidenciando alguns tipos de tecido epitelial de revestimento, classificados quanto à forma das células da superfície e quanto ao número de camadas de células. Observe que esse tecido repousa sempre sobre um tecido conjuntivo (em amarelo), que o sustenta e nutre (os elementos da figura não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia).

A origem embrionária do tecido epitelial depende de sua localização no corpo. A **epiderme** (do grego *epi* = acima; *derma* = pele), que reveste externamente o corpo, origina-se da ectoderme; o epitélio que reveste o tubo digestório e o sistema respiratório origina-se da endoderme; o epitélio que reveste os vasos sanguíneos (endotélio) e as membranas que envolvem os pulmões (pleura), o coração (pericárdio), o estômago e o intestino (peritônio) originam-se da mesoderme.

Epitélios que revestem cavidades

O epitélio do intestino delgado, por exemplo, é constituído por uma camada simples de células cilíndricas, que lhe permite executar sua principal função: absorver nutrientes (figura 14.3). Por isso, essas células possuem dobras – as microvilosidades ou microvilos (estudados no Capítulo 7) – que aumentam a área de absorção do alimento. Nesse caso, a proteção do organismo contra o atrito é feita por **muco**, secreção viscosa formada por glicoproteínas e produzida por células especiais – as **células caliciformes** –, encontradas em vários órgãos.

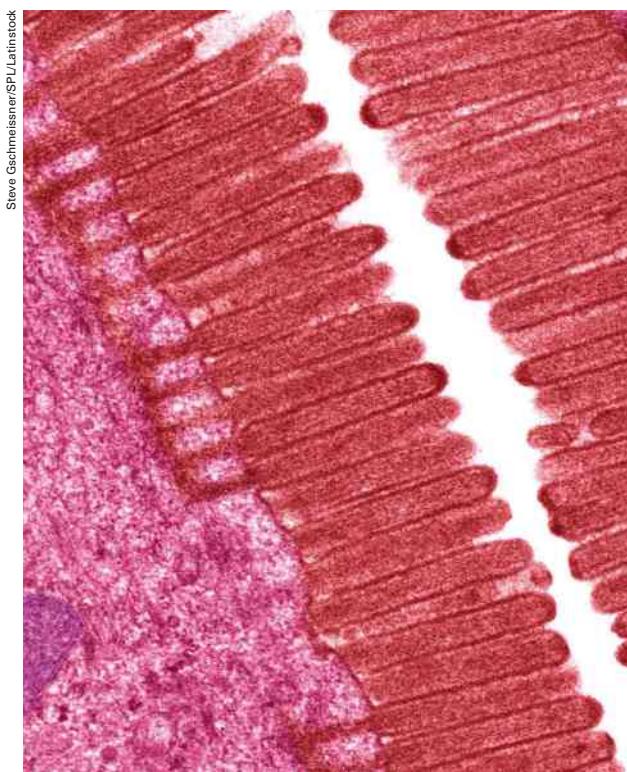


Figura 14.3 Microvilosidades do intestino delgado (microscópico eletrônico de transmissão; aumento de cerca de 14 mil vezes; imagem colorizada por computador).

O muco é produzido também no epitélio pseudoestratificado cilíndrico que reveste as vias respiratórias (figura 14.4).

As partículas de poeira e as bactérias do ar inspiradas durante a respiração ficam grudadas no muco, que contém também enzimas capazes de degradar bactérias. Esse material é expulso do organismo por prolongamentos finos, os cílios, encontrados nas células cilíndricas desse tecido.



SPL/Lainstock

Figura 14.4 Tecido epitelial de revestimento de um brônquio visto ao microscópico óptico ou de luz (aumento de cerca de mil vezes; com uso de corantes), com células produtoras de muco e cílios: uma defesa contra a invasão de microrganismos.

Epiderme

A epiderme é um epitélio estratificado pavimentoso que reveste externamente o corpo (figura 14.5). Com o tecido conjuntivo subjacente, chamado **derme**, ela forma o maior órgão do corpo, a **pele**, com cerca de 2 m^2 de área e 0,5 mm a 4 mm de espessura.

A epiderme é a primeira linha de defesa do corpo, protegendo o organismo contra a penetração de agentes estranhos e contra seu desgaste pelo atrito. A eficiência da epiderme nessa função se deve ao grande número de camadas de células superpostas que a constituem.

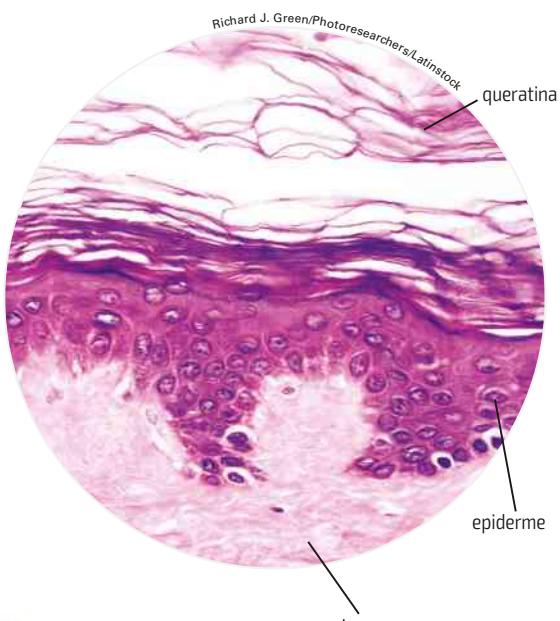
As células da camada mais profunda (estrato basal ou camada germinativa) dividem-se constantemente, substituindo as células superficiais que se desgastam. Estas possuem forma achatada e são, portanto, células pavimentosas. Nos vertebrados terrestres (répteis, aves e mamíferos), elas fabricam uma proteína impermeável, a **queratina**.

Após acumular boa quantidade de queratina em seu citoplasma, essas células morrem e originam uma camada impermeabilizante (estrato córneo ou camada córnea; **figura 14.5**), que protege o corpo e evita a desidratação, que constitui uma ameaça constante aos animais terrestres.

Nas camadas profundas da epiderme estão os **melanócitos** (**figura 14.5**), células que fabricam o pigmento **melanina**, responsável pela cor da pele e por sua proteção contra o excesso de raios ultravioleta; quanto mais melanina, maior proteção. A exposição ao sol aumenta a produção de melanina na pele.

Fique de olho!

As sardas e alguns outros tipos de manchas são resultado de um acúmulo de melanina em certos pontos da pele.



Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

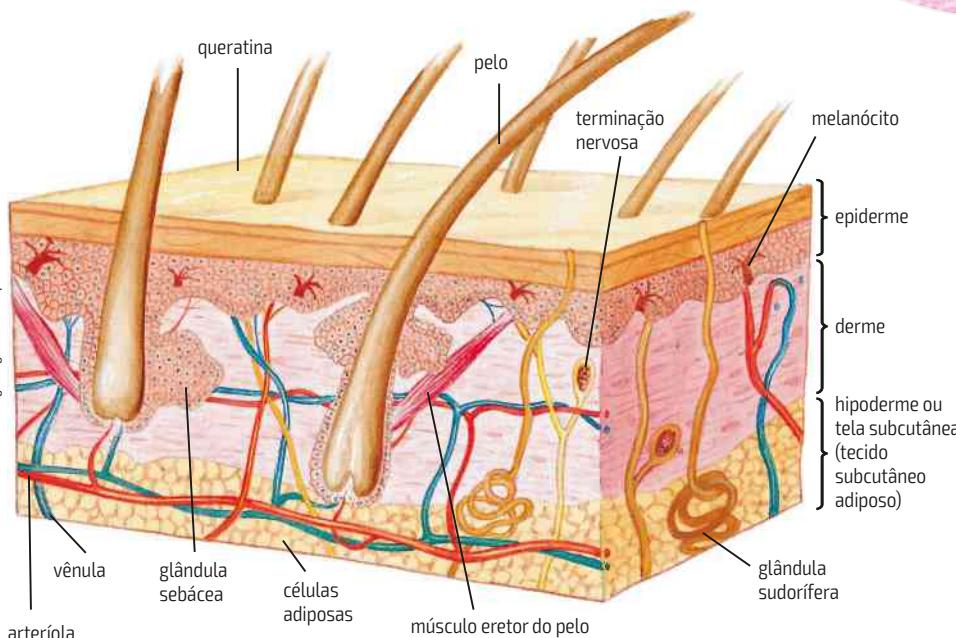


Figura 14.5 Esquema de pele humana (os elementos representados não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, corte de pele ao microscópio óptico (aumento de 100 vezes; com uso de corantes).

Biologia e cotidiano



Cabelos brancos e albinismo

O aparecimento dos fios de cabelos brancos (**figura 14.6**) pode demorar mais ou menos para aparecer, dependendo da pessoa. Mas, geralmente, com o envelhecimento, os cabelos se tornam acinzentados e brancos por causa da morte de células-tronco que dão origem a melanócitos.

Algumas pessoas, chamadas albinas, nunca produzem melanina. Por isso, sua pele e seus cabelos são muito claros. Isso acontece porque essas pessoas possuem uma forma modificada do gene responsável pela produção de melanina. Como consequência, elas ficam menos protegidas contra o sol.

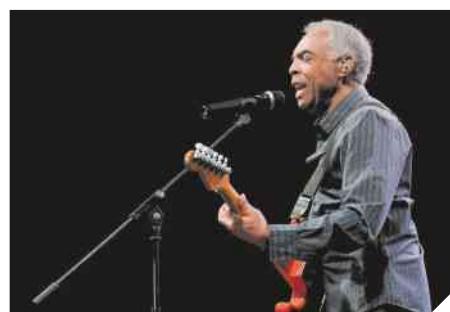


Figura 14.6 O músico Gilberto Gil em apresentação em 2010.

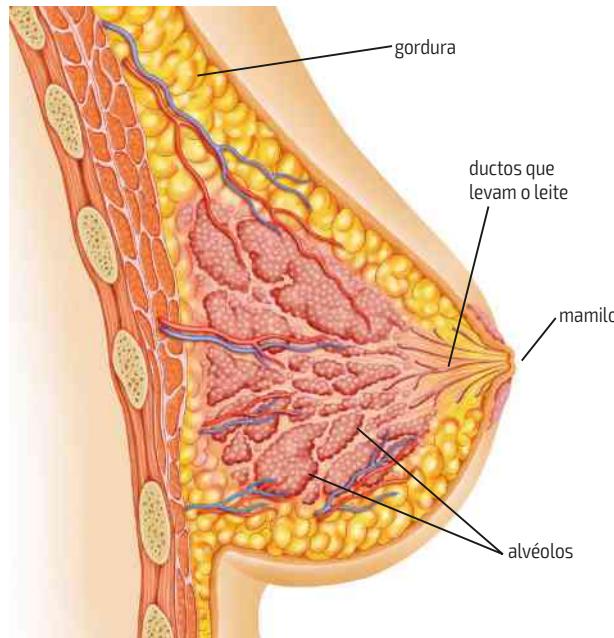
3 Epitélio de secreção: glândulas

As glândulas são estruturas formadas por agrupamentos de células epiteliais que se multiplicam e penetram no tecido conjuntivo subjacente. O tecido epitelial glandular é especializado na produção de secreções, substâncias que serão usadas em outras regiões do corpo. Há três tipos de glândulas: exócrinas, endócrinas e mistas.

Glândulas exócrinas

As glândulas que eliminam substâncias para fora do organismo ou em cavidades abertas são chamadas **exócrinas** (do grego *exo* = para fora; *krinein* = secretar) ou de **secreção externa**. Entre as células dessas glândulas há uma cavidade que funciona como canal ou duto, através da qual as substâncias são lançadas. Como exemplos, temos as glândulas sudoríferas (sudoríparas), sebáceas, lacrimais, salivares e mamárias (**figura 14.7**).

As glândulas sudoríferas produzem uma solução salina diluída que, pela evaporação, colabora para diminuir a temperatura do corpo. As glândulas sebáceas secretam lipídios que diminuem o ressecamento da pele e dos pelos, constituindo uma adaptação ao meio terrestre.



Alexiusmedia/Shutterstock

Figura 14.7 Anatomia interna de uma mama mostrando as glândulas mamárias (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Na maioria dos casos, a célula que elimina seu produto permanece intacta, mas nas glândulas sebáceas a secreção é formada pela própria célula, que acumula sua secreção, morre e é eliminada. As células remanescentes dividem-se, regenerando a parte eliminada.

Biologia e saúde

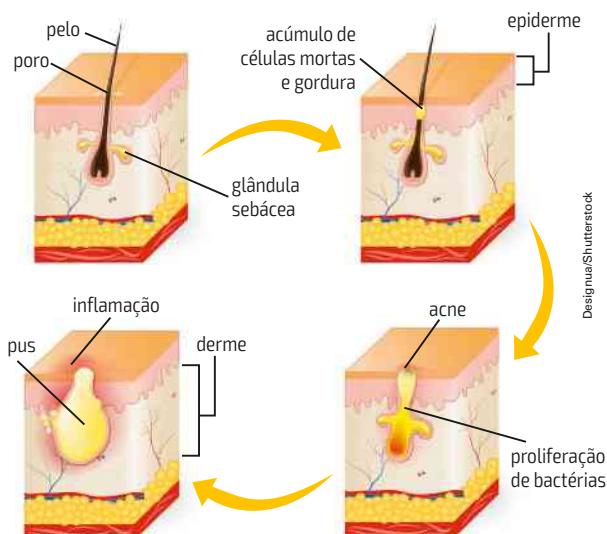


Acne

Na adolescência, aumenta a produção de hormônios sexuais, que, entre outros efeitos, estimulam o funcionamento das glândulas sebáceas. Por isso, a pele fica mais oleosa nas áreas mais ricas nessas glândulas: rosto e tórax.

Em alguns casos, a gordura produzida obstrui a saída da glândula e forma-se o cravo. Bactérias podem se reproduzir no canal da glândula e provocar inflamação. Surgem as espinhas: é a acne (**figura 14.8**).

As espinhas não devem ser espremidas e não se deve usar loções sem orientação médica; nem se deve confiar em tratamentos indicados por pessoas não especializadas, pois podem piorar a inflamação. O melhor a fazer é consultar um dermatologista.



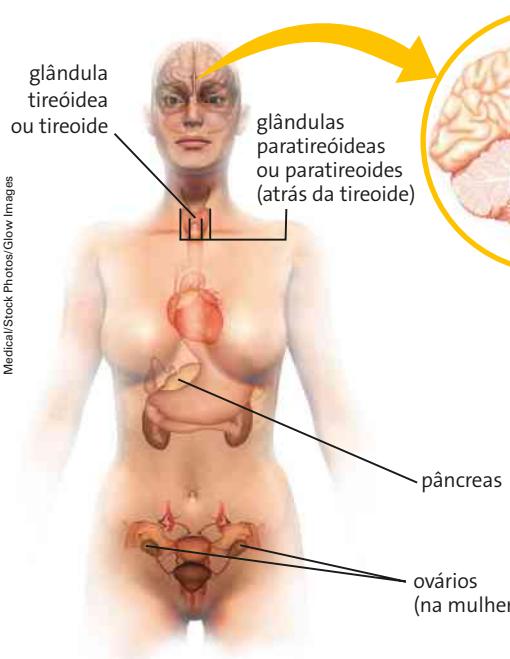
Designua/Shutterstock

Figura 14.8 Esquema da formação de uma espinha (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia).

Glândulas endócrinas

Quando lança substâncias na corrente sanguínea, a glândula é dita **endócrina** (do grego *endon* = para dentro) ou **de secreção interna**. Nessas glândulas, o cordão de células que realiza a comunicação da glândula com o exterior desaparece e ficam apenas as células mais profundas, que lançam a secreção, chamada **hormônio**, no sangue. É o caso da hipófise, da glândula tireóidea, das glândulas paratireóideas, das glândulas adrenais e da parte endócrina dos testículos e ovários (figura 14.9). A função dos hormônios será estudada com mais detalhes no Volume 2.

Medical Stock Photos/Glow Images



Glândulas mistas

Também denominadas **mesócrinas** (do grego *mesos* = meio) ou **anfícrinas** (do grego *amphi* = duplo), as glândulas mistas lançam suas secreções tanto no sangue como em cavidades abertas. O melhor exemplo é o pâncreas (figura 14.9), que lança no intestino delgado o suco pancreático e, no sangue, a insulina e o glucagon, hormônios que controlam a taxa de açúcar do sangue.

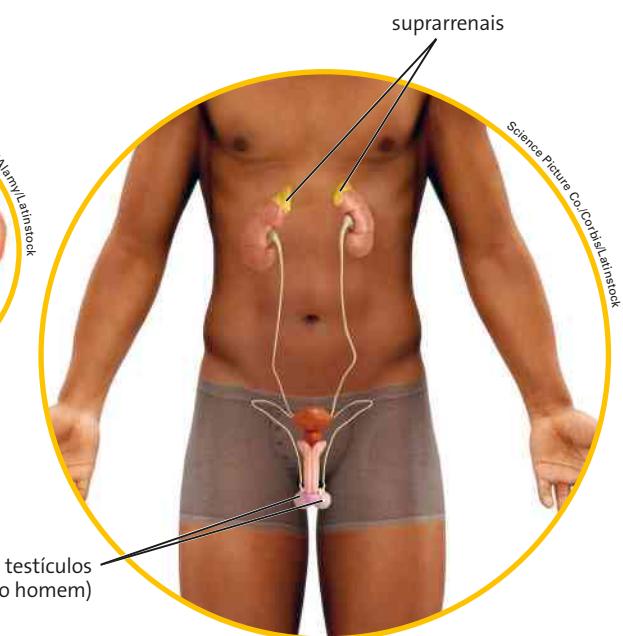


Figura 14.9 As glândulas endócrinas e alguns órgãos próximos. No detalhe, tronco e pélvis masculinos (os elementos das ilustrações não estão na mesma escala; cores fantasia).

Processos evolutivos



Pelos dos mamíferos

Os mamíferos são o único grupo de animais que apresenta pelos cobrindo o corpo. Embora a quantidade de pelos varie, essa é uma característica importante que indica que todos os animais mamíferos evoluíram a partir de um ancestral comum.

O músculo erector do pelo faz muitos mamíferos ficarem com os pelos levantados no frio. Isso é uma vantagem para esses animais, porque assim a quantidade de ar quente retido próximo ao corpo é maior.

O animal também pode arrepiaiar os pelos quando está sendo ameaçado por outro. Nesse caso, a vantagem estaria em assustar o inimigo, pois com os pelos eriçados o animal parece maior.

É bem possível que os pelos dos nossos ancestrais tivessem a função de protegê-los contra o frio, mas no ser humano atual eles estão bastante atrofiados, a não ser em certas partes do corpo. Então, no nosso caso, o arrepio pode ser apenas uma herança de nossos ancestrais.



Cor da pele e diversidade

Sabemos que as diferenças na cor da pele das pessoas se devem a fatores genéticos e também comportamentais. Já foram identificados dezenas de genes que atuam na série de etapas envolvidas na produção de melanina, o pigmento responsável pela coloração da pele. Além disso, a exposição ao sol aumenta a produção desse pigmento, mudando o tom da pele (**figura 14.10**).

Alistair Berg/Getty Images



Figura 14.10 Além dos fatores genéticos, os fatores comportamentais, como ficar exposto aos raios solares por tempo prolongado, influenciam nosso tom de pele.

Mesmo que as possibilidades de tons de pele sejam quase infinitas, é muito comum as pessoas serem identificadas socialmente por sua cor dentro de um conceito de raça. Mas, como veremos com mais detalhes no Volume 3 desta coleção, para afirmar que duas populações têm raças diferentes uma da outra, é necessário que exista um conjunto de características exclusivo em uma das populações ou, pelo menos, muito mais frequente em uma delas do que em outra.

No caso da espécie humana, isso não é observado: a constituição genética de todos os indivíduos é semelhante. Há apenas uma porcentagem de genes que se diferenciam (aqueles ligados à aparência física, à cor da pele, etc.), não havendo, portanto, justificativa biológica para a classificação da sociedade em raças.

O conceito de raça é uma construção social historicamente usada para justificar preconceitos e discriminações que prejudicam toda a sociedade. A exploração de povos africanos pelos europeus, no Brasil e em outras regiões (**figura 14.11**), é apenas um dos muitos exemplos em que o conceito de raça foi usado por um grupo para dominar outro.

Time Life Pictures/Mansell/The LIFE Picture Collection/Getty Images

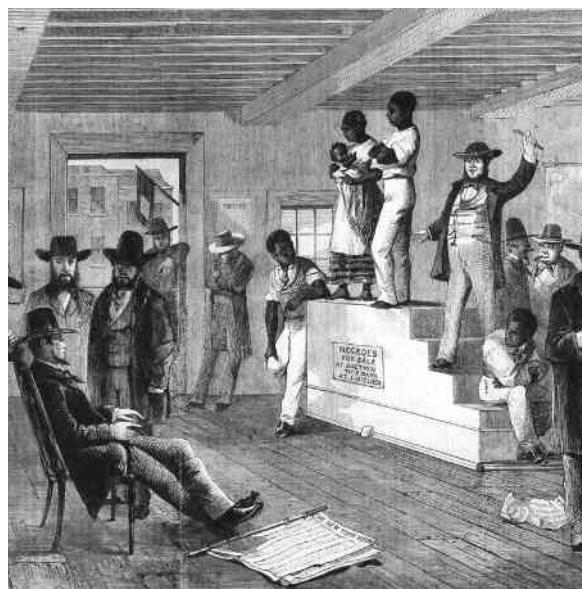


Figura 14.11 Retrato de um leilão em que pessoas trazidas da África eram vendidas como escravos.

No Brasil, a lei 7 716/89 de janeiro de 1989 prevê pena para crimes resultantes de discriminação ou preconceito de “raça, cor, etnia, religião ou procedência nacional”. Outras formas de discriminação, como em relação à orientação sexual e à identidade de gênero também devem ser fortemente combatidas. Cabe aos cidadãos e à sociedade promover o convívio com as diferenças e valorizar a diversidade cultural que enriquece o país. A cooperação entre os indivíduos é fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade mais justa, que combata a violência gerada pela intolerância.

Fontes de pesquisa:
<http://noticias.uol.com.br/ciencia/ultimas-noticias/redacao/2013/02/05/racas-humanas-nao-existent-como-entidades-biologicas-diz-geneticista.htm>; www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7716.htm; www.guiaidedireitos.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1039&Itemid=262.
 Acesso em: 16 fev. 2016.

Atividades

 ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

1. Os tecidos epiteliais possuem algumas características em comum. Indique três dessas características.
2. Pesquisas sobre os malefícios do cigarro mostram que entre as diversas consequências negativas do hábito de fumar estão danos aos cílios do tecido epitelial que reveste internamente as vias aéreas do sistema respiratório. Por exemplo, como o cigarro provoca um aumento na viscosidade do muco produzido pelas vias respiratórias, em fumantes ocorre uma drástica redução do movimento desses cílios. Sabendo disso, explique por que as pessoas que fumam estão mais sujeitas a infecções respiratórias do que aquelas que não fumam.
3. A foto abaixo mostra as mãos de uma pessoa com vitiligo. Essa doença é caracterizada pela presença de manchas brancas na pele e é provocada pela destruição de um tipo de célula. Que célula é essa?

Custom Medical Stock Photo/SPU/LatinStock



4. Em locais sujeitos a muito atrito, como a sola do pé, a epiderme torna-se mais grossa por causa da produção de uma proteína que, pelo atrito constante, pode formar o calo. Qual é essa proteína?
5. Todos devem usar filtro solar, independentemente da cor da pele. Apesar disso, explique por que as pessoas de pele clara têm maior probabilidade de desenvolver câncer de pele do que as pessoas de pele escura.
6. (UEG-GO) A pele é um órgão importante na manutenção do metabolismo basal nos mamíferos e apresenta uma complexidade em células especializadas e de diferentes tipos de tecidos. A respeito do assunto, responda ao que se pede.
 - a) Quais são os tecidos constituintes desse órgão?
 - b) Relacione a função das glândulas presentes na pele enquanto característica adaptativa dos mamíferos ao ambiente terrestre.

7. (Enem) Os níveis de irradiação ultravioleta efetiva (IUV) indicam o risco de exposição ao sol para pessoas de pele II – pele de pigmentação clara. O tempo de exposição segura (TES) corresponde ao tempo de exposição aos raios solares sem que ocorram queimaduras de pele. A tabela mostra a correlação entre riscos de exposição, IUV e TES:

Riscos de exposição	IUV	TES (em minutos)
Baixo	0 a 2	Máximo 60
Médio	3 a 5	30 a 60
Alto	6 a 8	20 a 30
Extremo	Acima de 8	Máximo 20

Uma das maneiras de se proteger contra queimaduras provocadas pela radiação ultravioleta é o uso de cremes protetores solares, cujo Fator de Proteção Solar (FPS) é calculado da seguinte maneira:

$$\text{FPS} = \text{TPP}/\text{TPD}$$

TPP = tempo de exposição mínima para produção de vermelhidão na pele protegida (em minutos).

TPD = tempo de exposição mínima para a produção de vermelhidão na pele desprotegida (em minutos).

O FPS mínimo que uma pessoa de pele tipo II necessita para evitar queimaduras ao se expor ao sol, considerando TPP o intervalo das 12 às 14 horas, num dia em que a irradiação efetiva é maior que 8, de acordo com os dados fornecidos, é:

- a) 5 c) 8 e) 20
 x) b) 6 d) 10

8. (UEM-PR) Sobre os tecidos epiteliais, é correto afirmar que **01 + 02 = 03**

(01) o tecido epitelial glandular é formado por agrupamento de células especializadas na produção de secreção.

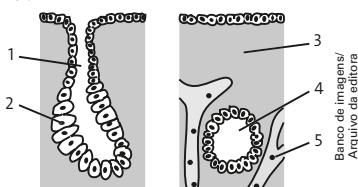
(02) o tecido epitelial de revestimento é classificado de acordo com o número de camadas e com a morfologia de suas células.

(04) os tecidos epiteliais são vascularizados na epiderme e no intestino.

(08) o tecido epitelial se origina, embriologicamente, da ectoderme.

(16) no intestino é encontrado o tecido epitelial do tipo pseudoestratificado ciliado.

- 9.** (Unirio-RJ) O esquema abaixo representa os cortes transversais de uma glândula exócrina e de outra endócrina:



Banco de imagens/Arquivo da editora

Assinale a alternativa cuja numeração indica o duto e o capilar sanguíneo, respectivamente:

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

- 10.** (UFSC) Tecido epitelial, ou simplesmente epitélio, é aquele que reveste todas as superfícies internas ou externas do corpo, além de formar as glândulas. Com relação a esse tecido, é correto afirmar que:
 (01) os epitélios de revestimento caracterizam-se por apresentar células justapostas, de forma prismática, cúbica ou achatada, praticamente sem material intercelular.
 (02) os epitélios de revestimento não são vascularizados, recebendo alimento por difusão a partir de capilares existentes no tecido conjuntivo sobre o qual repousa.
 (04) os epitélios de revestimento conferem proteção contra atritos e invasão de microrganismos, servindo também para a absorção de alimento e oxigênio.
 (08) os epitélios glandulares apresentam células especializadas em produzir secreções e, no caso das glândulas endócrinas, apresentam ductos por onde seus produtos são eliminados para o exterior do corpo.
 (16) a epiderme humana é pluriestratificada e queratinizada e apresenta-se bastante espessa nas áreas de muito atrito, como a sola dos pés.
 (32) as células do epitélio intestinal apresentam cílios que auxiliam no movimento e deslocamento das substâncias que transitam pelo intestino.
 (64) nas células do epitélio intestinal existe o complexo unitivo, constituído pela zônula de oclusão, zônula de adesão e desmossomo, que funciona como eficiente barreira à passagem de substâncias indesejáveis.

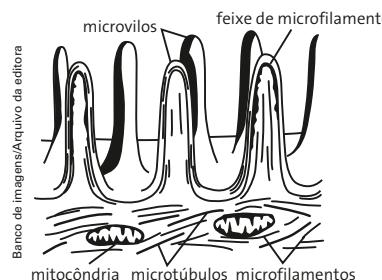
$$01 + 02 + 04 + 16 + 64 = 87$$

Trabalho em equipe

É muito comum as pessoas acreditarem que, cortando ou raspando os pelos e os cabelos, os fios cresçam mais rápido ou mais fortes. No entanto, os cientistas afirmam que não há nenhuma relação entre o corte e o crescimento dos fios, já que a parte cortada já está morta. A parte viva do cabelo ou pelo fica em uma região muito mais profunda da pele, numa camada chamada derme, e não é afetada pelo corte.

- 11.** (Cesgranrio-RJ) Quando um epitélio se apresenta constituído por uma única camada de células, de formato cilíndrico, está bem adaptado à função de:
 a) armazenamento.
 b) absorção.
 c) transporte.
 d) sustentação.
 e) revestimento externo.

- 12.** (UFTM-MG) O esquema representa a superfície livre de uma célula epitelial com inúmeras microvilosidades que contribuem para o aumento da área superficial e, consequentemente, da área de absorção.



Células desse tipo encontram-se no epitélio que:

- a) forma as glândulas sebáceas.
 b) forma as glândulas sudoríparas.
 c) reveste a cavidade intestinal.
 d) reveste a cavidade da traqueia.
 e) forma a pele.

- 13.** (IFCE) O *Demodex folliculorum* é um ácaro que habita os folículos pilosos dos seres humanos, alimentando-se de pele e sebo. Algumas pessoas podem ter reações alérgicas a esse animal e desenvolver acne. A bactéria *Propionebacterium acnes* é um ser vivo oportunista e prolífico na pele, causando inflamação. As glândulas envolvidas nesse processo infeccioso são chamadas de:

- a) sebáceas e exócrinas.
 b) sudoríparas e endócrinas.
 c) sebáceas e endócrinas.
 d) sudoríparas e exócrinas.
 e) mistas e exócrinas.

- Em grupo, visitem um salão de cabeleireiro e entrevistem um profissional da área. Procurem entender qual é a opinião do profissional sobre o assunto e anotem os argumentos utilizados.
- Com base no que vocês estudaram sobre a epiderme e em pesquisas (na internet, em livros ou revistas), argumentem para explicar a crença popular de que cabelos e pelos engrossam quando são raspados, ou ficam mais fortes quando são cortados.



Aquiles, o guerreiro de Troia.
Estátua localizada no Parque Hyde, em Londres, Inglaterra.
Foto de 2015.

De acordo com a mitologia grega, o guerreiro grego Aquiles era praticamente imbatível durante as lutas. Segundo a lenda, o calcanhar era o único ponto fraco de seu corpo, pois esta região não foi banhada pelas águas do rio Estige. Durante a luta contra os troianos, Aquiles foi ferido justamente em seu calcanhar e posto fora de combate. Por causa dessa história, o tendão calcâneo, formado por tecido conjuntivo, é conhecido como tendão de aquiles. Vem também daí a expressão “calcanhar de aquiles”, o ponto fraco de uma pessoa.



- ◆ Quais são as estruturas do nosso corpo que nos dão sustentação?
- ◆ Muita gente faz de tudo para perder gordura. Mas será que a gordura do nosso corpo tem alguma função?
- ◆ O que acontece quando a pele sofre ferimentos?
- ◆ Você já quebrou algum osso? Como os ossos se recuperam de fraturas?

1 Características gerais

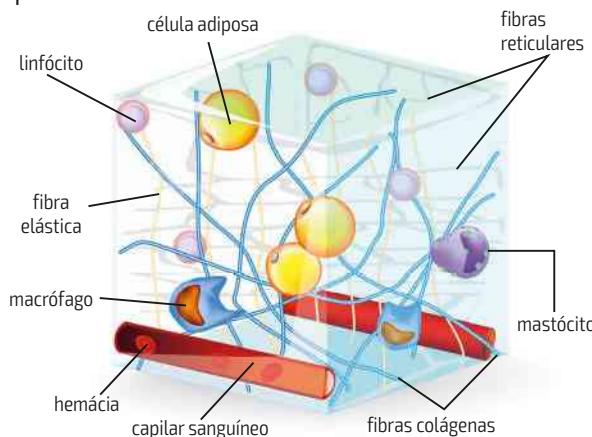
Os tecidos conjuntivos formam-se do **mesênquima** (do grego *mesos* = meio; *egchyma* = infusão), um tecido embrionário (**figura 15.1**) originado da mesoderme e formado por um grupo de células imersas em uma substância viscosa. Todos apresentam grande quantidade de substância intercelular (matriz extracelular), formada por fibras que ficam imersas na **substância fundamental**.

Podemos dividi-los em:

- tecido conjuntivo propriamente dito, que pode ser frouxo ou denso;
- tecido adiposo;
- tecido cartilaginoso;
- tecido ósseo;
- tecido hematopoético.

O tecido hematopoético será estudado no próximo capítulo, quando veremos o sangue e a linfa, que podem ser considerados tipos especiais de tecido conjuntivo, em que a substância intercelular é líquida.

Design: a/Shutterstock



2 Tecido conjuntivo propriamente dito

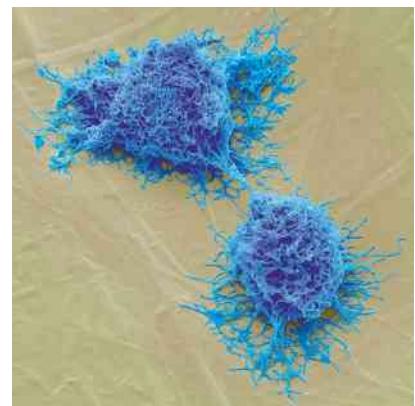
Esse tecido sustenta e nutre tecidos que não possuem vascularização, como o epitelial. É encontrado abaixo do epitélio e em volta dos órgãos, funcionando como acolchoamento, preenchendo espaços e fazendo a ligação entre dois tecidos diferentes.

A substância fundamental é um gel formado por polissacarídeos com nitrogênio, como o ácido hialurônico, e proteínas ligadas a glicídios, no qual estão imersos três tipos de fibras:

- **colágenas** – feitas de um tipo de colágeno, proteína muito resistente à tração (**figura 15.1**);
- **elásticas** – feitas de elastina, glicoproteína que cede à tração, mas retorna à forma original (**figura 15.1**);
- **reticulares** – feitas de um tipo de colágeno associado à glicoproteína, formando uma rede de sustentação em alguns órgãos, como o baço e a medula óssea.

De acordo com a quantidade de fibras, esse tecido pode ser classificado em:

- **frouxo**, com poucas fibras; é delicado e flexível e está espalhado por todo o corpo, preenchendo espaços e servindo de apoio aos epitélios, sustentando os órgãos (**figura 15.1**);



SPL/Lainstock

Figura 15.1 À esquerda, representação do tecido conjuntivo propriamente dito frouxo (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; células, fibras e capilares são microscópicos; cores fantasia). Na foto à direita, células-tronco do mesênquima se dividindo em imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura e colorizada por computador (aumento de cerca de 1200 vezes). Essas células podem se diferenciar em fibroblastos, adipócitos e outros diversos tipos celulares.

● **denso**, mais resistente por causa da maior concentração de fibras; é encontrado: na derme, formando cápsulas em órgãos como o fígado e o baço; nos ligamentos, ligando os ossos entre si; nos tendões, ligando o músculo ao osso (**figura 15.2**).

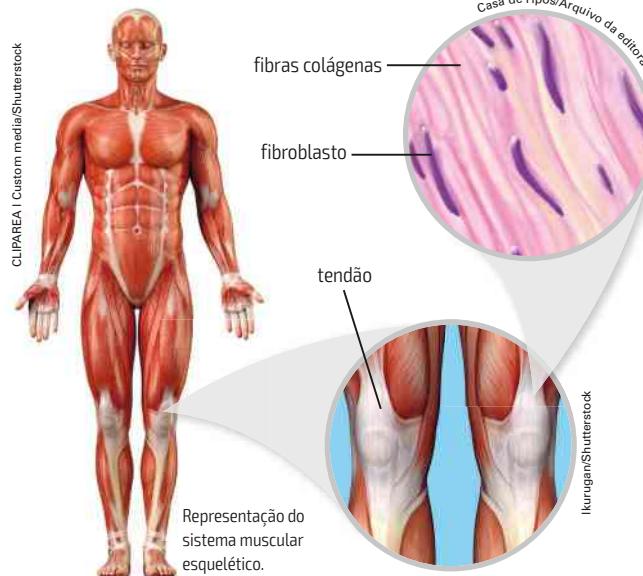
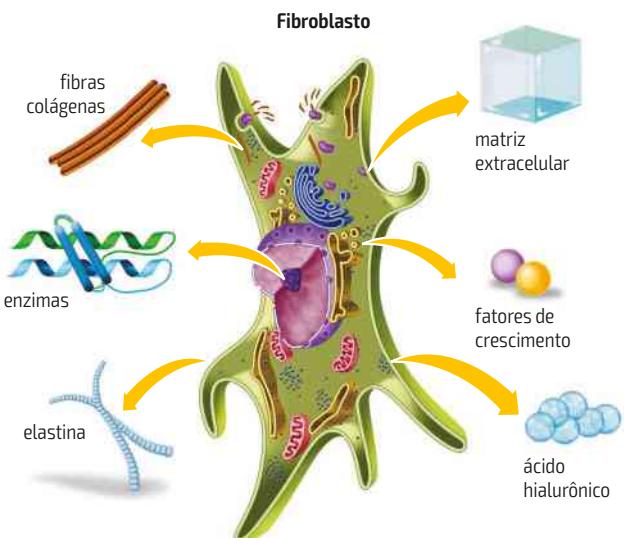


Figura 15.2 Estrutura dos tendões, um exemplo de tecido conjuntivo denso (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia).

Células do tecido conjuntivo

A substância intercelular do tecido conjuntivo é fabricada pelos **fibroblastos** (do grego *blastós* = broto, gérmen), que atuam na regeneração do tecido. Veja a **figura 15.3**.



Luis Moura/Arquivo da editora

Figura 15.3 Representação artística de um fibroblasto e de seus produtos metabólicos (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia).

Biologia e cotidiano



Formação de cicatrizes

Quando há um corte na pele, os fibroblastos migram para a região danificada e produzem muitas fibras colágenas, promovendo o fechamento do corte (**figura 15.4**).

A epiderme também começa a crescer por cima das fibras colágenas, mas se a lesão for

grande as células epiteliais não conseguem cobrir totalmente a área, deixando aparecer um pouco de colágeno. É esse colágeno que forma a cicatriz.

Em algumas pessoas, durante a cicatrização pode haver um acúmulo de colágeno, formando uma elevação chamada quebedo.

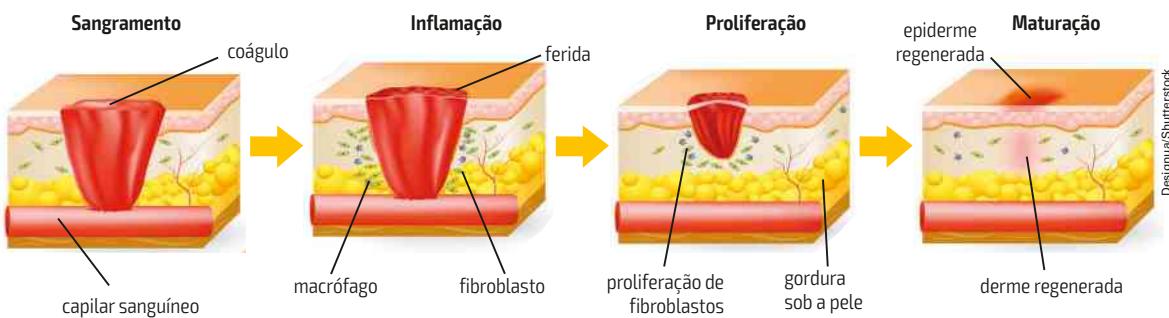
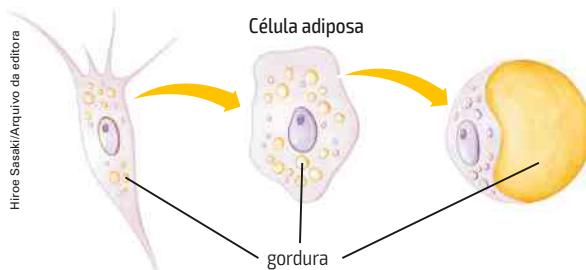


Figura 15.4 Fases da regeneração de uma ferida. (Os elementos não estão em escala; cores fantasia.)

No tecido conjuntivo que fica sob o epitélio há **macrófagos** (do grego *makrós* = grande; *phagein* = comer) – células de defesa que fagocitam microrganismos, restos de células e partículas inertes que invadem o organismo – e **plasmócitos** – responsáveis pela produção de anticorpos, proteínas que atacam os germes invasores.

Os plasmócitos são formados a partir de linfócitos, glóbulos brancos que saem do sangue e invadem o tecido conjuntivo. Essa saída é facilitada pelos **mastócitos** (do alemão *mast* = engorda). Essas células são responsáveis pela fabricação da **histamina**, substância que dilata os vasos; e pela **heparina**, substância anticoagulante que evita a formação de coágulos que podem ser nocivos.



3 Tecido conjuntivo adiposo

É um tecido conjuntivo muito rico em células que acumulam gordura, as **células adiposas** ou **adipócitos** (figura 15.5). Esse tecido funciona como reserva de energia e proteção contra o frio. Além disso, envolve diversos órgãos, protegendo-os contra traumatismos durante os movimentos do corpo. Aparece ainda na cavidade de alguns ossos (medula óssea) e forma uma camada sob a pele, a **tela subcutânea** ou **hipoderme**.

Apesar de ter um papel importante, o tecido adiposo é indesejável em excesso. O acúmulo de gordura aumenta o peso e o volume corporal, sobrecarregando o sistema cardiovascular, entre outros.

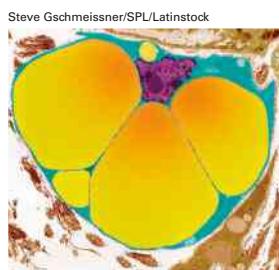


Figura 15.5 Acúmulo de gordura nas células adiposas (as células são microscópicas; cores fantasia). A quantidade de gordura em cada célula diminui ou aumenta conforme a pessoa emagrece ou engorda. Na foto, célula adiposa ao microscópio eletrônico (aumento de cerca de 2700 vezes; imagem colorizada por computador).

Biologia e sociedade



Obesidade e preconceito

O tecido adiposo exerce várias funções no organismo, entre elas a proteção dos órgãos contra choques mecânicos e a produção de leptina, um hormônio envolvido, entre outras funções, no controle do apetite. O excesso de tecido adiposo pode chegar a um nível que caracteriza a obesidade. Essa doença aumenta os níveis de leptina, além de causar problemas sérios de saúde.

Há vários tratamentos para a obesidade, que devem ser feitos com orientação médica. No entanto, o excesso de tecido adiposo, mesmo quando não atinge os níveis de obesidade, preocupa muitas pessoas por razões estéticas. Muitas delas se submetem a um tipo de cirurgia conhecido como lipoaspiração. Esse procedimento retira parte da gordura que se encontra sob a derme, mas apresenta riscos e não pode ser considerado um tratamento para a obesidade. No Brasil, 17% das pessoas são consideradas obesas e o sistema único de saúde (SUS) gasta cerca de R\$ 490 milhões por ano em tratamentos, já que pessoas

obesas têm maior risco para desenvolver doenças cardíacas, vasculares, diabetes e vários tipos de câncer. Para enfrentar o problema, são necessárias iniciativas em diversas áreas, como campanhas de conscientização para uma alimentação saudável e estímulo à prática de atividades físicas.

Embora seja indiscutível a importância do combate à obesidade, é fundamental que as pessoas obesas ou com sobrepeso sejam respeitadas. O preconceito não traz soluções e pode levar ao isolamento das pessoas, piorando o problema. Entre as situações mais comuns de quem sofre com a obesidade estão a dificuldade para conseguir emprego e os olhares das pessoas em espaços públicos, o que pode levar a um grande desconforto. Portanto, o combate ao preconceito é uma das chaves no combate à obesidade e às doenças relacionadas a essa condição.

Fontes de pesquisa: <<http://super.abril.com.br/ciencia/onde-os-gordos-nao-tem-vez/>>; <<http://gastro.com.br/2013/09/16/obesidade-preconceito-e-a-dura-realidade-do-dia-a-dia/>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

4

Tecido conjuntivo cartilaginoso

Além de fibras colágenas e elásticas, o **tecido cartilaginoso** (ou **cartilagem**) possui glicídios e glicoproteínas, que lhe dão consistência firme e flexível, tornando-o capaz de sustentar diversas partes do corpo e permitindo certa flexibilidade de movimento. O tecido cartilaginoso não apresenta vasos sanguíneos ou linfáticos.

A substância intercelular desse tecido é formada por fibras (colágenas e elásticas) mergulhadas em uma parte amorfã e por células chamadas **condrócitos** (do grego *chondros* = cartilagem), originadas de células jovens, os **condroblastos** (do grego *blastós* = embrionário), e alojadas em cavidades (lacunas). Veja a [figura 15.6](#).

As cartilagens são encontradas nas orelhas, na nariz, na traqueia, nos discos intervertebrais (entre as vértebras), nos brônquios e também nas articulações (onde dois ossos móveis se tocam), cobrindo a superfície dos ossos e diminuindo o atrito entre eles, o que é garantido também por um líquido lubrificante – o

líquido sinovial (do grego *syn* = união; *ovu* = ovo, talvez pela comparação desse líquido com a clara de ovo).

A cartilagem presente nos discos intervertebrais, por exemplo, amortece os impactos a que as vértebras são submetidas durante os movimentos do corpo. Além disso, esses discos contribuem para a flexibilidade da coluna. A hérnia de disco ([figura 15.7](#)) é formada quando há uma lesão no disco intervertebral, que se achata e se desloca de sua posição normal, podendo pressionar um nervo e provocar dor. A parte central e gelatinosa do disco pode se projetar para fora.

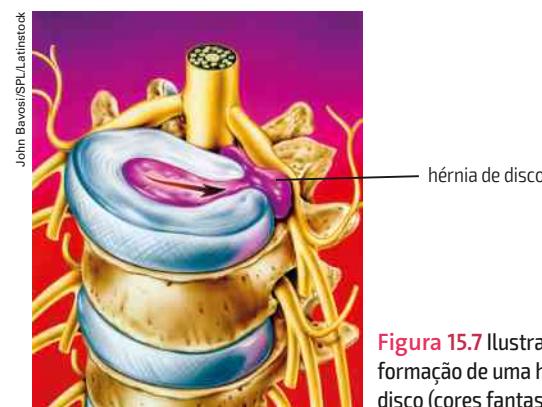


Figura 15.7 Ilustração da formação de uma hérnia de disco (cores fantasia).

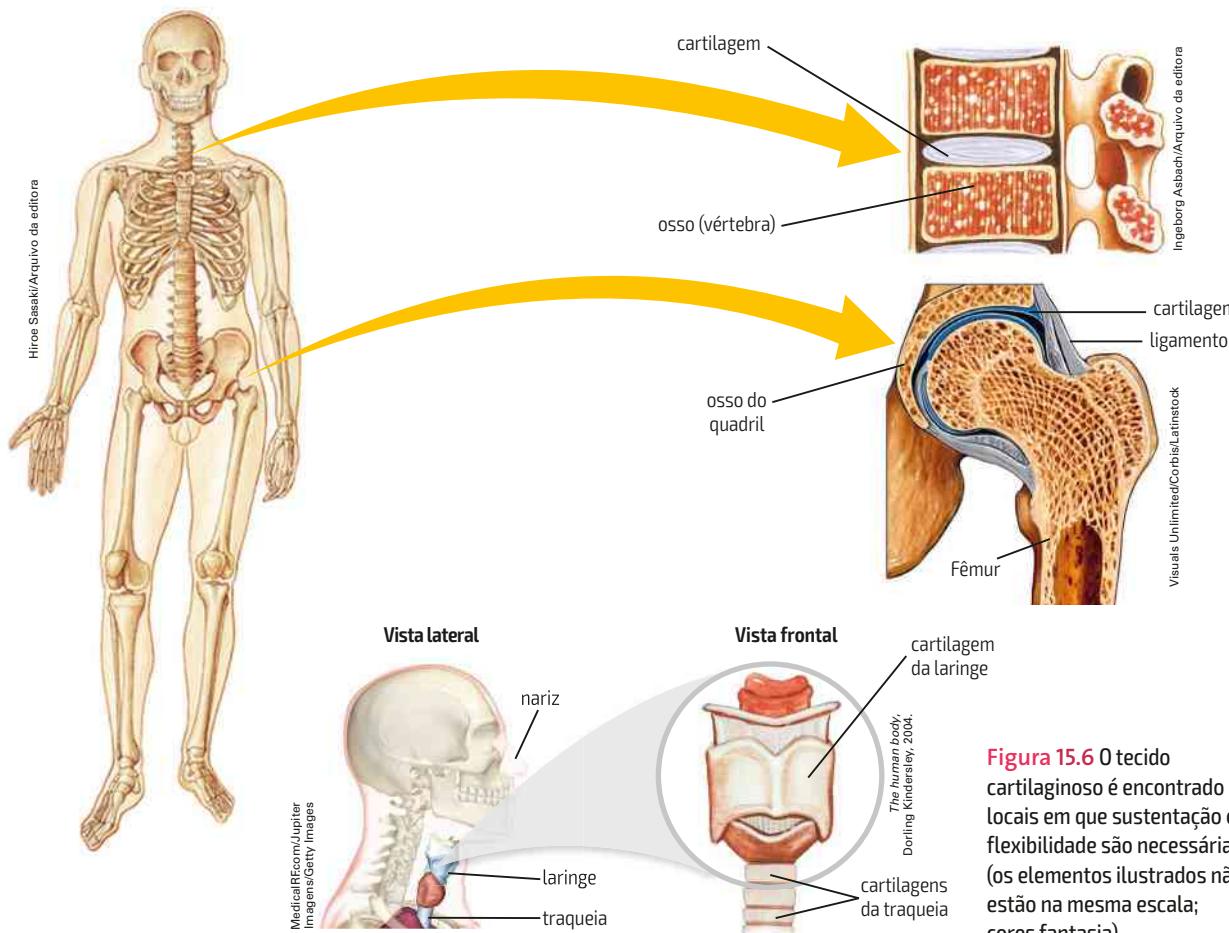


Figura 15.6 O tecido cartilaginoso é encontrado em locais em que sustentação e flexibilidade são necessárias (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia).

5

Tecido conjuntivo ósseo

Além de atuar na sustentação do corpo, o osso é importante nos movimentos, servindo de ponto de apoio para os músculos e protegendo órgãos vitais, como os contidos nas caixas craniana e torácica e no canal raquidiano (situado na coluna vertebral e por onde passa a medula nervosa). Os ossos funcionam também como reserva de cálcio no organismo. No interior de vários ossos existe a **medula óssea**, comumente chamada tutano.

A medula óssea é um tecido mole responsável pela produção das células do sangue.

O tecido ósseo é bem mais rígido que a cartilagem. Essa característica deve-se à sua substância intercelular, que possui, além da parte orgânica, formada por fibras colágenas e glicoproteínas, uma parte inorgânica. A parte inorgânica é composta de sais, principalmente fosfato de cálcio, que são responsáveis pela rigidez do tecido ósseo. O fosfato de cálcio está na forma de um cristal, a hidroxiapatita. Esse cristal vem sendo pesquisado para aplicação de enxertos nas cirurgias ortopédicas.

Organização do osso

No tecido ósseo, alojadas nas lacunas, existem células vivas – os **osteócitos** (do grego *osteon* = osso; *kytos* = célula) –, que se formam a partir de células

ósseas jovens, os **osteoblastos** (do grego *blastós* = broto). Estes possuem finos prolongamentos de citoplasma que se ligam entre si. Desse modo, quando os osteoblastos secretam o depósito da substância intercelular, surgem na matriz óssea pequenos canais que se comunicam entre si. Através desses canalículos, as células ósseas comunicam-se com canais por onde passam vasos sanguíneos: os **canais centrais**. Em um corte de osso, podemos observar que os osteócitos formam camadas concêntricas em torno de cada canal central (**figura 15.8**).

Toda essa organização – conhecida como **sistema de Havers**, **sistema harvesiano** ou **ósteon** (pela terminologia atual; o nome “Havers” é uma homenagem ao médico britânico Clopton Havers (1657-1702), que realizou pesquisas sobre a estrutura do osso) – permite que o alimento e o oxigênio saiam dos vasos sanguíneos e cheguem pelos canalículos até os osteócitos.

A maior parte dos ossos longos e curtos é formada a partir de um “molde” de cartilagem. Esse processo, chamado **ossificação endocondral** (do grego *endon* = dentro), ocorre no embrião, no qual se formam inicialmente ossos em miniatura, feitos de cartilagem. Depois, há depósito de fosfato de cálcio na matriz da cartilagem, tornando-a dura e impermeável. Como não existe uma rede de canalículos, os condrócitos ficam isolados do alimento e morrem. Com isso, cessa a renovação da matriz, que começa a se dissolver. Sobre essa cartilagem calcificada e morta é construído o osso.

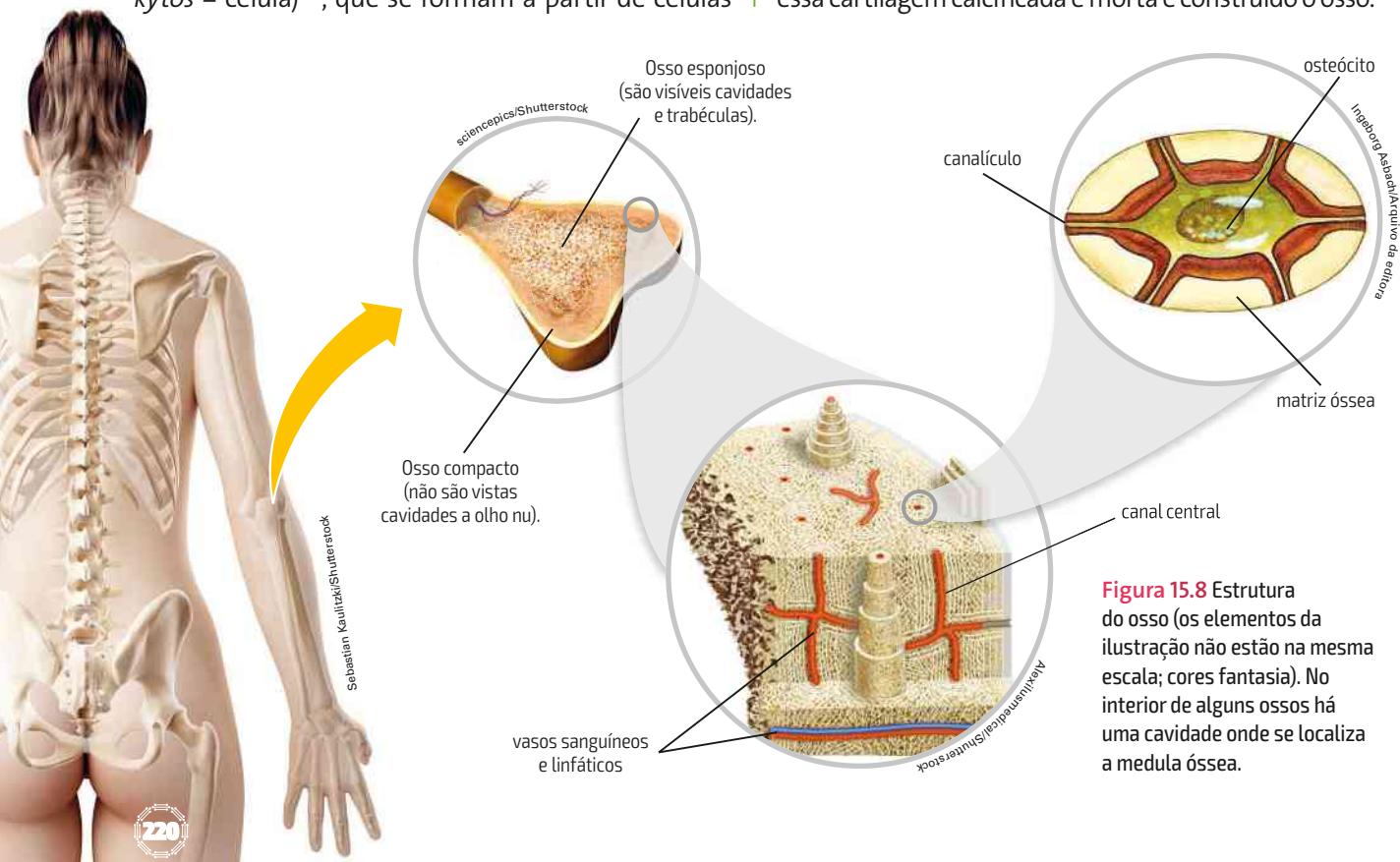


Figura 15.8 Estrutura do osso (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). No interior de alguns ossos há uma cavidade onde se localiza a medula óssea.

Quando o indivíduo nasce, o molde de cartilagem já foi quase todo substituído por tecido ósseo. Mas, perto das extremidades dos ossos longos, persiste uma região cartilaginosa – o **disco epifisário** ou de **conjugação** – que permite o crescimento longitudinal dos ossos. A parte central dos ossos longos é chamada **diáfise** (do grego *diaphysis* = separação), enquanto as **epífises** (do grego *epi* = sobre; *physis* = natureza) são as extremidades. Até o fim da adolescência essa cartilagem é inteiramente substituída por osso, e o indivíduo para de crescer.

O crescimento em espessura dos ossos e a reposição em caso de fratura se fazem a partir do

periósteo e do **endósteo** (que reveste a cavidade do osso), que originam novos osteoblastos.

Ao mesmo tempo, células especiais – os **osteoclastos** (do grego *osteon* = osso; *klastos* = quebrar, destruir) – secretam ácidos que dissolvem os sais de cálcio, e uma enzima, a **colagenase**, que digere o colágeno.

Assim, os osteoclastos desfazem a parte interna do osso, aumentando a cavidade onde a medula se encontra. Eles colaboram também para o equilíbrio do cálcio no corpo. Se a taxa de cálcio no sangue diminui, os osteoclastos são ativados por um hormônio das glândulas paratireóideas, retirando cálcio do osso e lançando-o no sangue.

Biologia e saúde



Fraturas e outros problemas nos ossos

Quando um osso se quebra, dizemos que ocorreu uma fratura (**figura 15.9**). No local da fratura ocorre hemorragia, por causa de lesões dos vasos sanguíneos, destruição da matriz e morte de células ósseas.

As células do periósteo e do endósteo multiplicam-se e diferenciam-se em osteoblastos e produzem um tecido que depois sofrerá ossificação, formando um calo ósseo, um tecido ósseo imaturo, que une as partes quebradas. Ao mesmo tempo, macrófagos e osteoclastos removem coágulos e células mortas. Com o tempo, a matriz volta a se organizar em sistemas de Havers.

Se houver fratura ou suspeita de fratura, não se deve tentar colocar o osso “no lugar”. A vítima deve permanecer imóvel, e os primeiros socorros devem ser prestados por alguém preparado para isso. Em geral, a região fraturada é imobilizada com auxílio de gesso ou de aparelhos especiais. As partes quebradas são mantidas próximasumas das outras para que o osso possa se reconstituir.

Além das fraturas, que geralmente são causadas por acidentes, outros problemas nos ossos podem ser causados por má alimentação, sedentarismo, falta de exposição ao sol, entre outras causas.

A desnutrição é a principal causa da deficiência de crescimento. Em crianças, a falta de vitamina D, que promove a absorção do cálcio dos alimentos no intestino, provoca o raquitismo:



ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.

os ossos não crescem normalmente e os ossos longos das pernas, ainda com cartilagem de conjugação, deformam-se com o peso do corpo. Boa alimentação, com quantidade adequada de cálcio e vitamina D, e prática adequada de esportes ou de atividade física ajudam no crescimento e fortalecem os ossos.

Para os jovens em fase de crescimento, o ideal é praticar algum esporte ou atividade física regular, mas sem excessos: caminhadas, natação, bicicleta, corrida, futebol.

A atividade física regular, orientada por especialistas, ajuda também a prevenir a osteoporose, ou seja, a perda de massa óssea, que deixa os ossos mais fracos e com risco maior de fraturas.



SPL/Alamy Stock

Figura 15.9 Radiografia de perna mostrando fratura da tibia e da fibula.

Atividades



ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

1. Observando um tecido ao microscópio, um estudante não foi capaz de identificar os tipos de células, mas garantiu que não era tecido epitelial, e sim tecido conjuntivo. O que ele deve ter observado que lhe permitiu essa conclusão?
 2. A vitamina C é importante para a síntese do colágeno. Com base nisso, explique por que a falta dessa vitamina pode ocasionar hemorragia nas gengivas e na pele (um dos sintomas do escorbuto).
 3. O urso-polar possui um tecido muscular bem desenvolvido. Que outro tecido você acha que é bem desenvolvido nesse animal? Como esse tecido ajuda o urso a sobreviver no frio do Ártico?
 4. Um estudante afirmou que a pele é um tecido. Ele está certo? Por quê?
 5. Observando-se ao microscópio uma amostra da derme humana em que foi injetado um corante vermelho, nota-se que as partículas do corante ficam concentradas em determinadas células do tecido conjuntivo. Que células são essas e por que isso acontece?
 6. O que acontece com a maior parte da cartilagem que forma o esqueleto do embrião? Como se chama esse processo?
 7. Na tatuagem, os desenhos são feitos com pequenas gotas de tinta injetadas na pele. Observe a foto abaixo. A tatuagem é, em princípio, permanente (só pode ser removida por *laser* ou cirurgia). Pense e responda: a tinta é injetada na epiderme ou na derme? Justifique sua resposta.
- Anna Karowkska/Shutterstock/Glow Images
- Fique de olho!**

Menores de 18 anos só podem fazer tatuagem com autorização (por escrito) dos pais ou responsáveis legais.
8. No caderno, indique as afirmativas verdadeiras sobre o tecido conjuntivo. Em seguida, reescreva as afirmativas falsas, corrigindo-as.
 - a) A cartilagem é o mais resistente dos tecidos do corpo.
 - b) A derme é um tipo de tecido conjuntivo propriamente dito.
 - c) A gordura do tecido adiposo serve de reserva de alimento.
 - d) O sangue é um tipo de tecido epitelial.
 - e) A cartilagem é um tecido duro, rico em sais de cálcio.
 - f) O tecido ósseo é formado por células mortas.
 - g) Não há vasos sanguíneos no interior do osso.
 9. (Udesc) A famosa gordura localizada é uma das principais razões que levam as pessoas para academias de ginástica. Ela é formada por camadas de tecido adiposo, que se desenvolvem em certos locais do corpo (quadris, abdômen, etc.) de maneira acentuada. Contudo, todo o nosso corpo é envolvido, mais ou menos, por uma camada de gordura que fica abaixo da pele. Com base nessa afirmativa, responda:
 - a) Como são denominadas as células desse tecido e qual a substância orgânica que armazenam?
 - b) A presença desse tecido é importante para o metabolismo do organismo. Comente sobre uma função do tecido adiposo existente em nosso corpo.
 10. (UFRN) Para fazer um *piercing* é necessário saber quais são os principais cuidados apontados por especialistas, entre eles, o de optar por áreas sem cartilagens, pois pode haver o risco de infecções e formação de queloides. Considerando isso:
 - a) apresente duas funções do tecido cartilaginoso no organismo humano.
 - b) justifique, do ponto de vista da constituição do tecido cartilaginoso, as dificuldades para controlar uma infecção em locais que contenham cartilagens.
 11. (UFSC) No tecido conjuntivo, cada um dos elementos realiza funções específicas. Assim, as fibras colágenas orientadas paralelamente e a substância fundamental intensamente mineralizada se caracterizam, respectivamente, pelas funções de:
 - a) dureza e armazenamento.
 - b) tração e resistência.
 - c) defesa e preenchimento.
 - d) elasticidade e reserva.
 - e) flexibilidade e tenacidade.

- 12.** (Unicamp-SP) A osteoporose, principal causa de quedas entre idosos, é resultado da perda gradual da densidade da matriz óssea, que é remodelada por osteoblastos e osteoclastos. Segundo os especialistas, a prevenção contra a osteoporose deve começar na infância, com alimentação rica em cálcio e em vitamina D, exposição diária ao sol e exercícios físicos. Sobre os vários fatores envolvidos na formação do osso, é correto afirmar que:
- A fixação do cálcio no tecido ósseo depende da presença de vitamina D, cuja síntese é diminuída em indivíduos que têm o hábito de tomar sol.
 - O excesso de vitamina C pode levar à diminuição da densidade óssea, pois essa vitamina causa degradação das moléculas de colágeno.
 - Os osteoblastos e os osteoclastos são células responsáveis, respectivamente, pela captura de cálcio e pela absorção de vitamina D.
 - Os osteoblastos e os osteoclastos são células responsáveis, respectivamente, pela produção e pela degradação de componentes da matriz óssea.
- 13.** (Cesgranrio-RJ) Dos vários tipos de colágeno presentes no corpo humano, o colágeno do Tipo I é o mais abundante. Uma doença genética caracterizada por problemas na produção de colágeno do Tipo I é a chamada *Osteogenesis Imperfecta*, ou doença dos ossos de cristal. Pessoas acometidas dessa doença apresentam fragilidade óssea, ossos curvados e baixa estatura, entre outros sintomas. Os acometimentos do tecido ósseo na *Osteogenesis Imperfecta* se devem ao fato de que o colágeno:
- promove a multiplicação dos osteoplastos.
 - permite que os osteoclastos não fagocitem.
 - faz parte da matriz extracelular do osso.
 - forma depósitos cristalinos de fosfato de cálcio.
 - e) preenche as trabéculas de ossos esponjosos.
- 14.** (UFPR) Com relação a tecidos animais de sustentação, pode-se afirmar que:
- Os tecidos animais de sustentação são de natureza conjuntiva e caracterizam-se pela riqueza de material intercelular produzido por suas células.
 - O tecido cartilaginoso é o mais resistente dos tecidos animais de sustentação, tendo substância intercelular calcificada, que lhe dá as características necessárias à sua função.
 - O tecido ósseo é o constituinte principal do esqueleto dos animais, especializado em suportar pressões. Serve de suporte para as partes moles, protegendo órgãos vitais, como os contidos nas caixas craniana e torácica e no canal raquidiano.
 - O tecido conjuntivo é o tecido fundamental da pele, que serve de suporte para os tecidos epiteliais.
 - O tecido conjuntivo é o tecido fundamental da pele, que serve de suporte para os tecidos epiteliais.
- 15.** (UFRGS-RS) O tecido ósseo é o principal constituinte dos ossos. Em relação a esse tecido, é correto afirmar que
- os compostos minerais do tecido ósseo são responsáveis por sua flexibilidade.
 - o disco epifisiário é a estrutura a partir da qual ocorre o crescimento dos ossos longos.
 - o osso não apresenta sensibilidade devido à ausência de fibras nervosas.
 - os osteoblastos são estimulados por um hormônio das glândulas paratireoides para a remoção de cálcio do sangue.
 - os osteoclastos formam osso novo para preencher o espaço deixado pelos osteoblastos.
- 16.** (Udesc) O tecido cartilaginoso pode ser encontrado na orelha, no nariz, na traqueia e nas articulações e possui algumas características que são comuns aos demais tecidos conjuntivos. Analise as proposições abaixo, quanto ao tecido cartilaginoso.
- As células jovens do tecido cartilaginoso são chamadas de condroblastos e as células adultas de condrócitos.
 - As fibras colágenas e as fibras elásticas, em associação com proteínas e carboidratos, conferem consistência e flexibilidade ao tecido.
 - O tecido cartilaginoso adulto é calcificado e apresenta os canais de Havers, responsáveis pela nutrição das células.
 - A abundância de glândulas mucosas, nervos e vasos sanguíneos permite a fácil regeneração desse tecido.
- Assinale a alternativa correta.
- Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
 - Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
 - Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
 - Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
 - Todas as afirmativas são verdadeiras.

Trabalho em equipe

Pesquisem em livros e na internet sobre lesões causadas por esforço repetitivo (LER):

1. A sigla LER indica um conjunto de doenças. Quais são as doenças? Quais são as causas?
2. Que órgãos costumam ser afetados? Quais são os principais sintomas?
3. Quais são as formas de tratamento?
4. Que atividades profissionais costumam apresentar maior incidência dessas doenças?

5. Pode-se dizer que essas doenças chegam a afetar a economia de um país ou de uma empresa? Por quê?

6. Como podemos nos prevenir contra elas?

O resultado da pesquisa deve ser apresentado na forma de uma campanha de conscientização da população sobre essas lesões.

Atividade prática

Para esta atividade é necessário o seguinte material: dois ossos de coxa de galinha limpos, dois copos, um pouco de vinagre, luvas descartáveis e filme PVC.

Coloquem um dos ossos de galinha num copo com vinagre e o outro num copo com água. Deixem-nos de molho por cerca de sete dias. Veja a figura abaixo.

Ao fim desse prazo, retirem os ossos dos copos e lavem-nos bem em água corrente.

- a) Tentem dobrar os dois ossos.
- b) O que vocês observaram?
- c) Conversem com o professor e os colegas e pesquisem (na internet, em livros, etc.) qual pode ser a explicação para o que aconteceu.



Ilustrações: Mauro Nakata/Arquivo da editora



A coleta do sangue é feita por pessoal especializado, e todo material é descartável, portanto, não há riscos de infecção. Em cada doação são retirados, em média, 450 mililitros de sangue, o que representa apenas uma pequena quantidade para um adulto que tem em torno de 5 litros de sangue. Todos os doadores devem apresentar boa saúde, devem ter entre 16 e 69 anos e pesar mais de 50 quilogramas.

O sangue funciona como um sistema de transporte no organismo, levando alimento, oxigênio e hormônios até as células e removendo gás carbônico e outros resíduos. Além disso, ele atua na defesa do nosso corpo contra agentes estranhos, como bactérias e vírus. É muito comum que pessoas precisem de transfusão de sangue em decorrência de acidentes ou de doenças. É por isso que hospitais e outros centros de saúde pedem sempre por doações. Doar sangue é um ato de cidadania.



- ◆ Você conhece algumas das células que formam o sangue?
- ◆ Como o oxigênio é transportado dos pulmões para as outras partes do corpo?
- ◆ Como nosso corpo se defende naturalmente contra doenças?
- ◆ O que são soros? E vacinas?

1 Tecido hematopoiético

Também chamado **tecido hemocitopoético**, **hematopoético** ou **hematopoiético** (do grego *haíma* = sangue; *poesys* = formação), esse tecido é responsável pela produção dos glóbulos do sangue. Há dois tipos desse tecido: medula óssea vermelha ou tecido **mieloide** (do grego *myelos* = medula) e tecido **linfático** ou **linfoide**.

A medula óssea é encontrada no interior dos ossos. Ela contém células-tronco, chamadas **células-tronco hematopoiéticas**, capazes de originar todas as células do sangue. Atualmente se sabe que essas células têm o potencial de originar também células de outros tecidos do corpo.

No embrião, a maioria dos ossos possui uma medula ativa, de cor vermelha, mas, à medida que

o indivíduo cresce, a maior parte dessa medula passa a acumular gordura e para de produzir glóbulos, transformando-se em medula amarela. No adulto, a medula vermelha é encontrada nas costelas, nas vértebras, no esterno e nos ossos do crânio.

As hemácias, as plaquetas e a maioria dos glóbulos brancos são lançadas já prontas no sangue. Os linfócitos dirigem-se para órgãos com tecidos linfáticos, nos quais se reproduzem.

Tecido linfático

É encontrado em certos órgãos de defesa, que, em conjunto, formam o **sistema linfático**: timo, baço, linfonodos (anteriormente chamados gânglios linfáticos) e tonsilas palatinas (antes chamadas amígdalas) e faríngeas (antes chamadas adenoides).

Veja a **figura 16.1**.

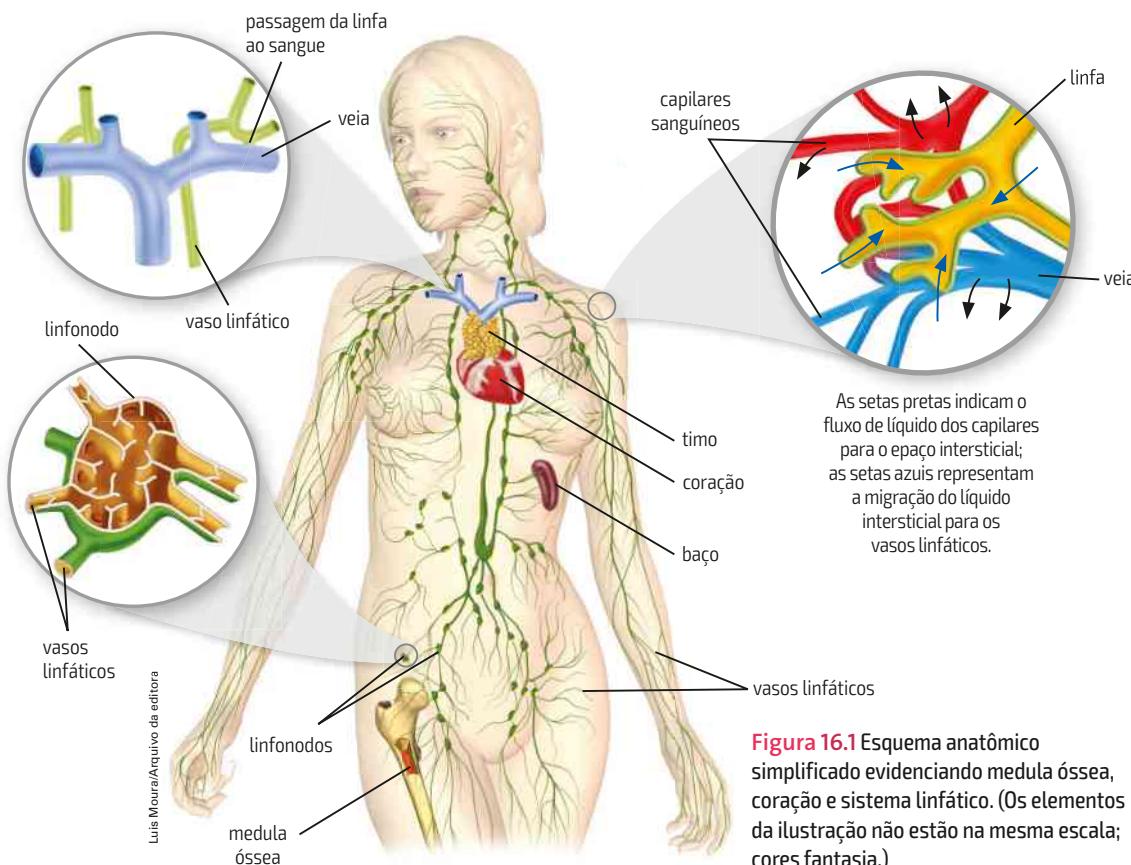


Figura 16.1 Esquema anatômico simplificado evidenciando medula óssea, coração e sistema linfático. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Para compreender as funções do sistema linfático, devemos lembrar que as células do corpo são banhadas pelo líquido intersticial, que sai dos capilares e é formado por água, nutrientes e oxigênio. Parte desse líquido volta para os capilares com gás carbônico e outras excretas produzidas pelas células. Outra parte é recolhida por um conjunto de vasos bem finos, que se unem e formam vasos maiores, os vasos linfáticos. O excesso de líquido intersticial depois que entra nos vasos linfáticos é chamado **linfa** (**figura 16.1**). Depois de circular pelos vasos linfáticos, a linfa é devolvida ao sangue por meio da veia situada sob a clavícula esquerda, logo abaixo do ombro.

Além de devolver o líquido intersticial para o sangue, os vasos linfáticos absorvem gorduras do intestino e, ao atravessar os linfonodos e os outros órgãos do sistema linfático, recebem linfócitos, que ajudam o corpo a combater microrganismos causadores de doenças pela produção de anticorpos.

Em certas infecções, podemos sentir, dependendo do local, que os linfonodos do pescoço, das axilas ou da virilha estão inchados e doloridos; são as ínguas. Desse modo, os órgãos linfáticos removem bactérias e impurezas da linfa.

2 Sangue

O sangue pode ser considerado um tecido muito especial, pois sua substância intercelular – o plasma – está no estado líquido, sendo constituída de água (cerca de 92%), sais minerais, diversas substâncias que são transportadas pelo sangue (alimento, oxigênio, gás carbônico, produtos de excreção, hormônios, etc.) e proteínas.

O plasma representa cerca de 55% do sangue. Os 45% restantes são constituídos pelos chamados **elementos figurados** (glóbulos sanguíneos): hemácias, também chamadas **glóbulos vermelhos** ou **eritrócitos** (do grego *erythron* = vermelho; *kytos* = célula), que são a maior parte (99,9% dos elementos figurados), leucócitos (do grego *leukos* = branco) ou **glóbulos brancos** e **plaquetas** ou **trombócitos** (do grego *thrombos* = coágulo).

Por um procedimento conhecido como centrifugação, a porção líquida do sangue pode ser separada dos elementos figurados. Na parte superior do tubo da centrífuga, fica um líquido claro (o plasma) e, na parte inferior do tubo, depositam-se as células (veja, a seguir, a **figura 16.2**).

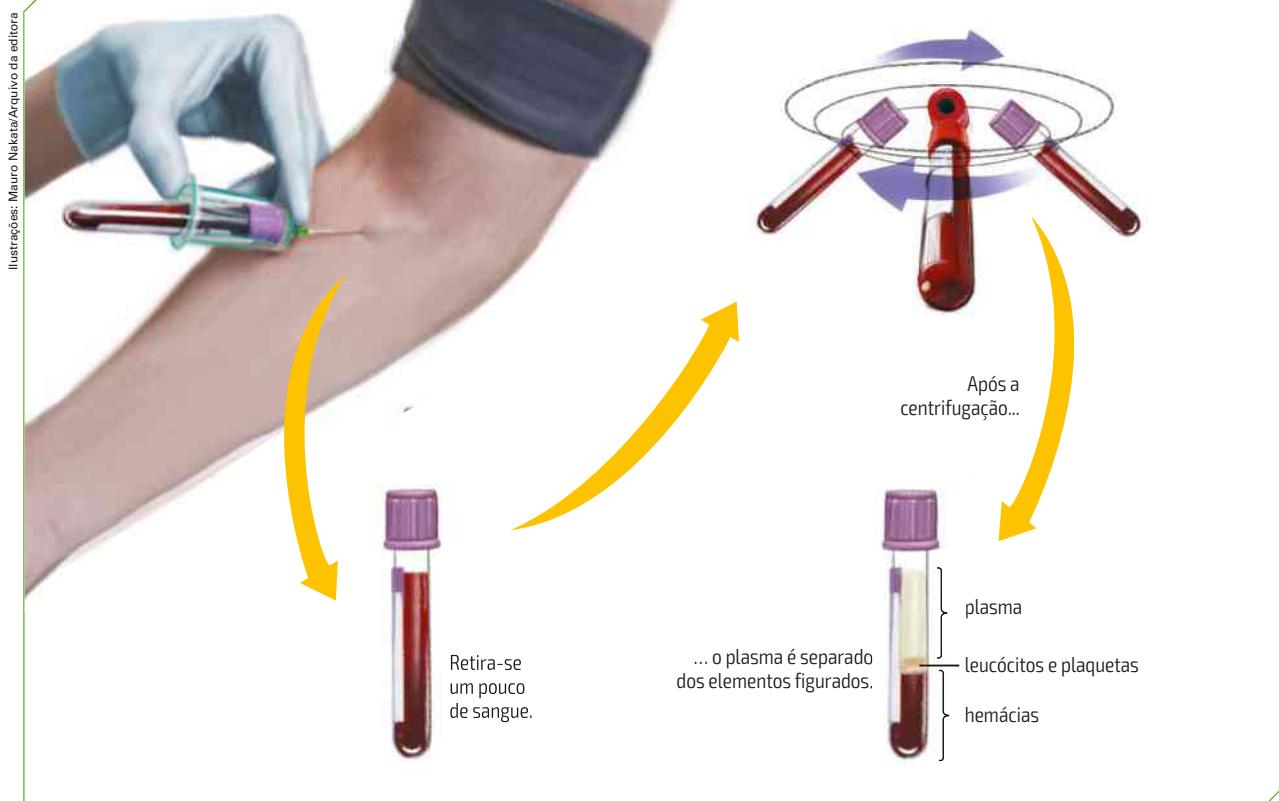


Figura 16.2 Esquema de separação dos componentes do sangue (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.

Transplante de medula óssea

O transplante de medula óssea é um tratamento que substitui a medula óssea doente do paciente por outra sadia. Esse procedimento é usado, por exemplo, em alguns tipos de anemia e leucemia. A leucemia é uma forma de câncer na qual há produção descontrolada de leucócitos anormais, incapazes de defender o organismo. Quando o transplante é bem-sucedido, as células da nova medula se instalaram e se reproduzem na medula do paciente (**figura 16.3**).

A medula pode ser obtida por meio de punções nos ossos de um doador. Essa pessoa deve ter sido previamente selecionada entre os familiares ou em bancos de medula óssea. A retirada não compromete a saúde do doador e, em poucas semanas, sua medula estará totalmente recuperada.

Deve haver compatibilidade entre certas proteínas do doador e do receptor, de modo que

seja evitada a rejeição. Por isso, o ideal é usar a medula de parentes próximos ou de bancos em que a medula foi testada previamente.

Nos casos em que o paciente vai ser submetido a uma alta dose de quimioterapia, que pode destruir as células da medula óssea, esta pode ser retirada antes e reinstalada depois do tratamento – é o chamado transplante autólogo.

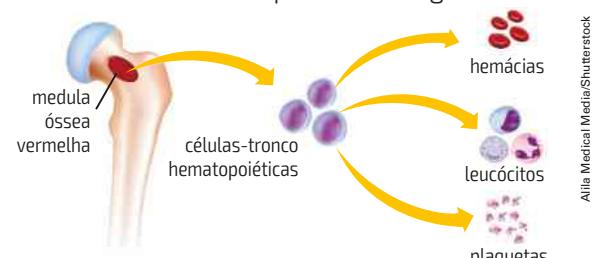


Figura 16.3 As células-tronco hematopoiéticas, encontradas na medula óssea vermelha, têm a capacidade de se diferenciar em células especializadas do tecido sanguíneo e do sistema imune.

Hemácias

O sangue contém de 4 milhões a 6 milhões de hemácias por milímetro cúbico. Como uma pessoa tem de 5 a 6 litros de sangue, circulam no organismo cerca de 30 trilhões de hemácias.

Na maioria dos grupos de invertebrados, o oxigênio é transportado por pigmentos dissolvidos no plasma, mas nos vertebrados o pigmento hemoglobina está concentrado na hemácia, que possui uma forma muito bem-adaptada ao transporte de oxigênio; em vez de esférica, como a maioria das células, ela tem a forma de um disco circular bicôncavo, achatado no centro (**figura 16.4**). Essa forma aumenta a superfície de contato da hemácia com os gases a serem transportados, tornando mais rápidas a absorção e a eliminação. Além disso, o glóbulo vermelho é muito flexível, podendo dobrar-se e passar por vasos com diâmetros menores que o seu, que é de cerca de 7,5 µm.

A hemácia dos mamíferos é tão especializada que não possui nem mesmo núcleo; a maior parte de seu citoplasma está ocupada pela hemoglobina. Nos demais vertebrados, ela possui núcleo.

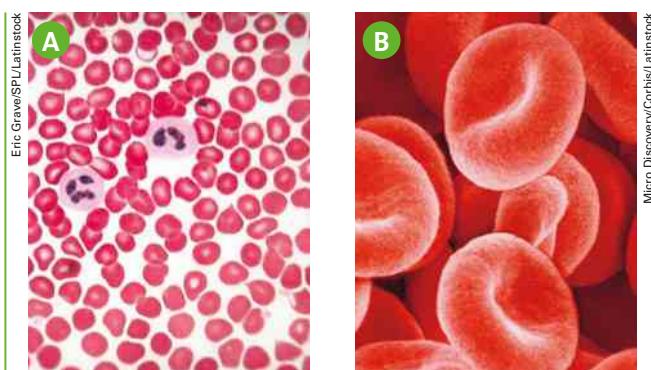


Figura 16.4 Na foto A, hemácias e dois glóbulos brancos (próximos ao centro da imagem) vistos ao microscópio óptico (aumento de cerca de 400 vezes, com uso de corantes); e na foto B, hemácias ao microscópio eletrônico (aumento de cerca de 5 mil vezes; imagem colorizada por computador).

As hemácias são constantemente formadas na medula óssea a partir de células nucleadas, os eritroblastos, por meio de uma série de transformações, incluindo a perda do núcleo (eritropoiese). Uma vez no sangue, elas duram apenas cerca de quatro meses; depois são destruídas no fígado e no baço (fagocitadas e digeridas por macrófagos). O ferro da hemoglobina é enviado para a medula óssea, na qual será reaproveitado na produção de novas moléculas de hemoglobina.

A baixa concentração de hemoglobina no sangue (menos de 11 g/mL), por causa da diminuição no número de hemácias ou da concentração baixa de hemoglobina em cada glóbulo quando o número de hemácias é normal, caracteriza a **anemia**. O aumento acima do normal no número de hemácias é chamado **policitemia** (do grego *polys* = muito; *kotos* = célula; *haîma* = sangue).

Pessoas que moram em lugares de grande altitude em geral apresentam policitemia, pois, por causa da rarefação do ar e, portanto, da baixa concentração de oxigênio, o organismo produz quantidade maior de hemácias, o que aumenta a captação de oxigênio e seu transporte às células.

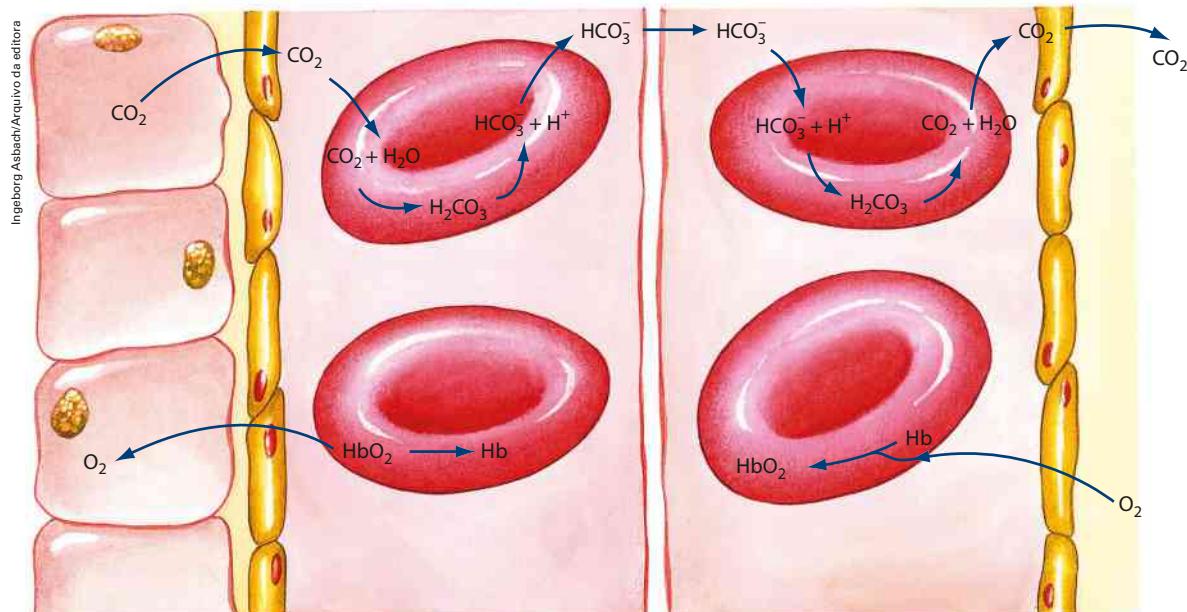
Quando a hemácia chega aos vasos sanguíneos do pulmão, o oxigênio, em alta concentração, entra nela e combina-se com a hemoglobina, formando a oxigênio-hemoglobina ou oxi-hemoglobina. Nos tecidos, como a pressão de oxigênio é baixa, visto que ele é constantemente absorvido para a respiração celular, ocorre uma reação inversa: a oxi-hemoglobina libera o oxigênio para as células, transformando-se novamente em hemoglobina. Em seguida, a hemácia retorna ao pulmão para buscar mais oxigênio (**figura 16.5**).

Em relação ao gás carbônico, cerca de 7% são transportados dissolvidos no plasma. Outros 23% ligam-se a grupos aminas da hemoglobina, forman-

do a carbamino-hemoglobina ou carbo-hemoglobina. A maior parte do gás carbônico, cerca de 70%, é transportada pelo plasma na forma de íons bicarbonato. Esse processo ocorre em duas etapas. Primeiro, o gás carbônico penetra na hemácia, reage com água e forma ácido carbônico. Essa reação é catalisada pela enzima anidrase carbônica. Em seguida, o ácido carbônico se ioniza e origina íons hidrogênio – que se unem à hemoglobina e a outras proteínas – e íons bicarbonato (HCO_3^-) – que se difundem para fora da hemácia e são levados pelo plasma até os pulmões. Nesses órgãos o processo ocorre em sentido inverso (**figura 16.5**).

Em Química, o nome oficial do íon bicarbonato é hidrogenocarbonato, uma vez que esse íon deriva do ácido carbônico pela retirada de um dos hidrogênios. O bicarbonato de sódio é um sal usado em fermentos químicos, entre outras aplicações.

Enquanto o dióxido de carbono é transportado principalmente pelo plasma, o monóxido de carbono, gás formado pela queima dos combustíveis fósseis (e presente também na fumaça do cigarro), combina-se com a hemoglobina e forma a carboxi-hemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio. Dependendo do grau de deficiência de oxigenação dos tecidos, esse gás pode provocar desde uma simples dor de cabeça até a perda de consciência e a morte.



Nos tecidos, o gás carbônico combina-se com a água, formando íon bicarbonato, e a oxi-hemoglobina (HbO_2) libera oxigênio.

Nos pulmões, o íon bicarbonato libera gás carbônico e o oxigênio combina-se com a hemoglobina (Hb).

Figura 16.5 Esquema simplificado do transporte de oxigênio e gás carbônico. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)



Anemia

A anemia pode ter várias causas: falta de ferro, de vitamina B₁₂ ou de ácido fólico, decorrentes de dieta alimentar inadequada ou de falha na absorção desses elementos; perda crônica de sangue em doenças como úlcera ou em mulheres com menstruação abundante; fatores hereditários, como na anemia falciforme, em que as hemácias são destruídas muito rapidamente; e doenças da medula óssea, como a leucemia.

Nem sempre os sintomas são evidentes, embora nos casos graves o paciente apresente cansaço, dificuldade de respirar, fraqueza muscular, etc.

ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.

Anemias intensas em geral provocam graves consequências no organismo, podendo até levar à morte.

A prevenção da anemia por deficiência de ferro pode ser feita com a ingestão de alimentos ricos nesse mineral (fígado, rins, gema de ovo, carne, espinafre, couve, brócolis, feijão, etc.). Mas nem sempre isso é suficiente. Há casos em que só a reposição de ferro com medicamentos é eficiente. O aconselhável é não tomar remédios por conta própria nem consultar pessoas não especializadas.

Leucócitos

Os leucócitos formam uma espécie de “exército” contra os microrganismos causadores de doenças e qualquer partícula estranha que penetre no organismo: vírus, bactérias, parasitas ou proteínas diferentes das do corpo. Eles também destroem células mortas e restos de tecidos.

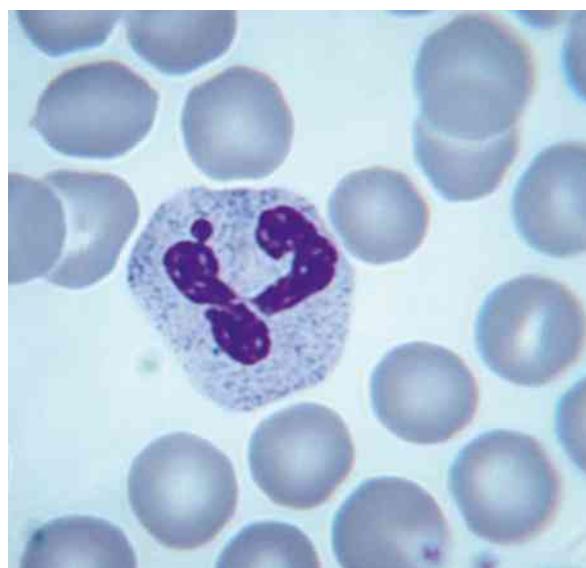
No sangue humano há de 6 mil a 10 mil leucócitos por milímetro cúbico. O aumento no número de leucócitos, provocado por certas doenças e infecções, é chamado **leucocitose**. A diminuição é chamada **leucopenia** e pode ser provocada por radiações, certos medicamentos e produtos químicos que causam danos à medula óssea. O indivíduo fica, então, desprotegido contra infecções. Hoje, porém, graças ao trabalho de muitos médicos e pesquisadores em todo o mundo, várias formas de leucemia são totalmente curáveis.

Os diversos tipos de leucócitos são:

- **Basófilos.** São encontrados em menor frequência no sangue (de 0% a 1%) e coram-se com corantes básicos. Possuem grãos ricos em histamina. Eles e os mastócitos têm a mesma função nas reações alérgicas. Quando o corpo é invadido por uma proteína estranha, os plasmócitos produzem anticorpos contra essa proteína, que se fixam nos mastócitos e nos basófilos, promovendo a ruptura da membrana e desencadeando a liberação de histamina e outras substâncias que provocam as reações alérgicas.

• **Eosinófilos ou acidófilos.** Coram-se pela eosina, corante ácido. Constituem de 2% a 4% do total de leucócitos, defendem o corpo contra vermes parasitas, liberando substâncias químicas contra eles, e fagocitam o complexo antígeno-anticorpo formado nas reações alérgicas.

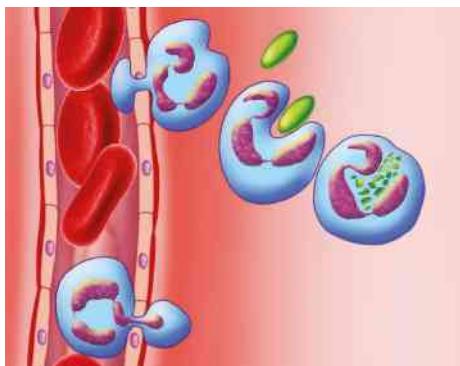
• **Neutrófilos.** São os leucócitos encontrados com maior frequência no sangue, correspondendo a cerca de 60% a 70% do total. Recebem esse nome porque apresentam grãos que se coram por meio de corantes neutros. São os mais ativos na fagocitose e muitos de seus grãos são lisossomos, ricos em enzimas digestivas (**figura 16.6**).



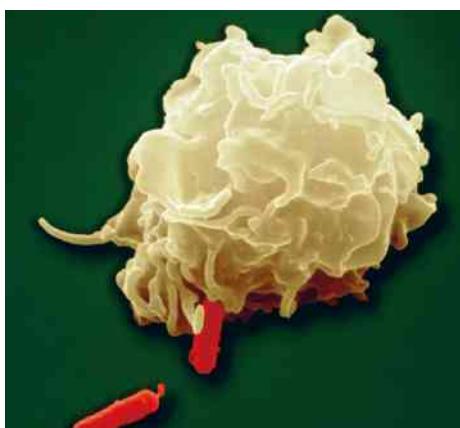
Carolina Biological/Visuals Unlimited/Corbis/LatinStock

Figura 16.6 Neutrófilo (9 µm a 12 µm de diâmetro) visto ao microscópio óptico com uso de corantes.

Quando bactérias atravessam o tecido epitelial e atingem o tecido conjuntivo, elas e os tecidos lesados liberam substâncias que atraem os neutrófilos para o local da invasão (**figura 16.7**). Estes atravessam a parede dos vasos capilares e passam para o tecido conjuntivo. Essa passagem, chamada **diapedese** (do grego *dia* = através de; *pedans* = saltar), é facilitada pela histamina produzida pelos mastócitos do tecido conjuntivo e pelos basófilos; a histamina provoca a dilatação dos capilares, abrindo poros que dão passagem aos leucócitos. Em seguida, os neutrófilos fagocitam as bactérias e as digerem nos lisossomos. Muitos leucócitos podem morrer nessa atividade, devido às toxinas liberadas pelas bactérias. Quando isso ocorre, surge o pus, que é formado por aglomerados de leucócitos mortos e bactérias.



Luis Moura/Arquivo da editora



Juergen Berger/SPL/Alamy Stock

Figura 16.7 Na ilustração, esquema da saída de um neutrófilo do sangue e fagocitose de microrganismos invasores (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, glóbulo branco (9 µm a 12 µm de diâmetro) fagocitando bactérias (imagem ao microscópio eletrônico; colorizada por computador).

- **Monócitos.** São os leucócitos de maior tamanho e constituem de 3% a 8% do total. Saem do sangue e transformam-se em macrófagos, fagocitando microrganismos e células mortas.

● **Linfócitos.** Correspondem a cerca de 20% a 30% dos leucócitos. Como vimos, surgem inicialmente na medula e depois migram para os tecidos linfáticos. Há dois tipos: T e B.

Os linfócitos T são assim chamados porque são produzidos a partir de células não especializadas da medula óssea (células-tronco) que passam pelo timo, no qual se tornam capazes de reagir aos抗ígenos. Depois, elas se dirigem para o baço, os linfonodos e outras partes do sistema linfático (**figura 16.8**).

Os linfócitos B também são produzidos a partir de células da medula óssea. A letra B vem de bolsa de Fabricius, órgão linfático existente nas aves para o qual essas células migram, indo depois para os demais tecidos linfáticos. Nos mamíferos essa bolsa não existe, e essas células amadurecem na própria medula, indo depois para os tecidos linfáticos. Nestes, podem transformar-se em plasmócitos e produzir anticorpos, caso entrem em contato com uma proteína estranha ou um antígeno.

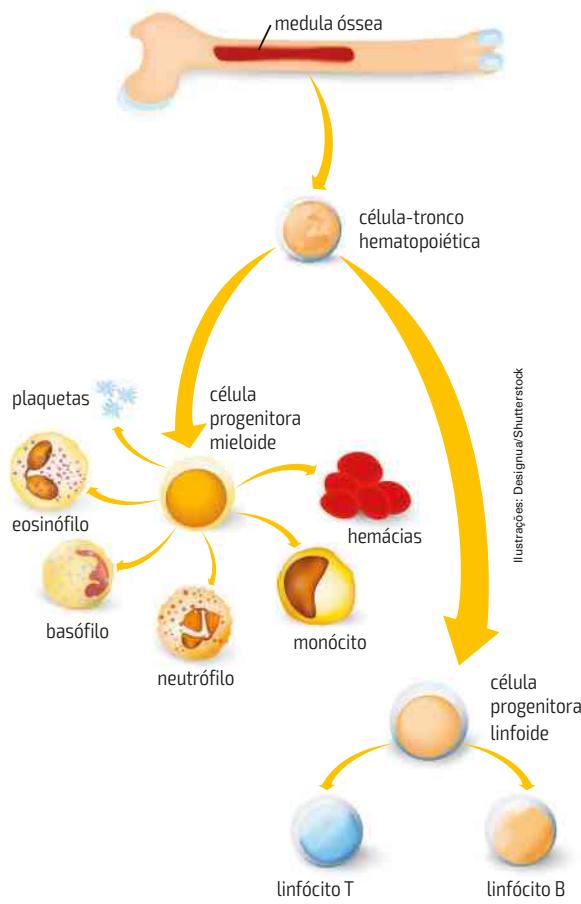


Figura 16.8 Esquema da formação e especialização dos linfócitos B e T e demais células sanguíneas (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

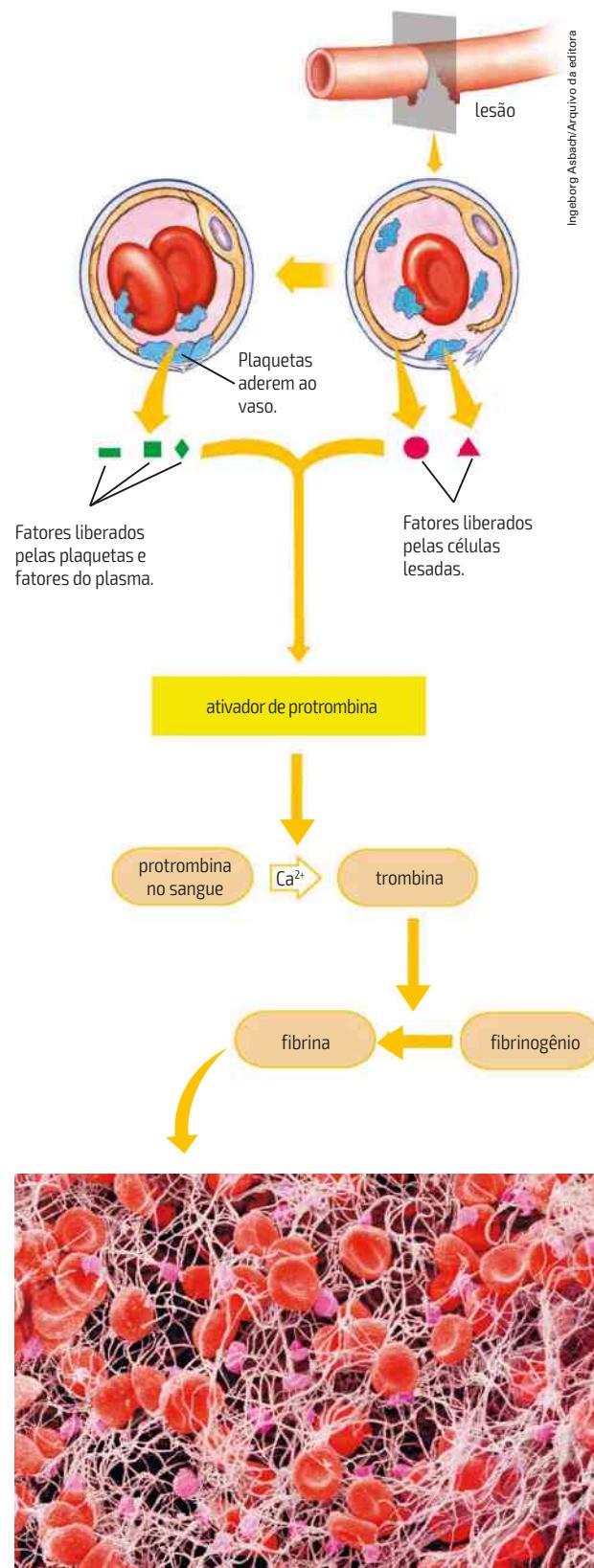
Plaquetas

As plaquetas são pequenos fragmentos de citoplasma desprovidos de núcleo e em forma de disco. Elas são formadas na medula óssea e lançadas no sangue, no qual vivem e circulam por cerca de dez dias. Em cada milímetro cúbico de sangue há cerca de 200 mil a 400 mil plaquetas, com a importante função de prevenir ou interromper hemorragias; essa função é chamada **hemostasia** (do grego *haîma* = sangue; *stásis* = parar). Se não fossem elas, qualquer pequeno ferimento representaria sério risco de morte.

Assim que um vaso sanguíneo se rompe, as plaquetas acumulam-se rapidamente na região e formam um tampão, que diminui a perda de sangue. As plaquetas também secretam substâncias que promovem a contração do vaso, diminuindo o fluxo de sangue no local e desencadeando uma série de reações que promovem a coagulação do sangue. Esta começa quando os tecidos lesados liberam um complexo de substâncias denominado **tromboplastina** (do grego *thrombos* = coágulo; *plastos* = modelado) **tecidual**, que se junta a fatores do plasma e à tromboplastina liberada pelas plaquetas para originar outro complexo de substâncias, chamado **ativador de protrombina**. Acompanhe esse processo na **figura 16.9**.

A protrombina é uma enzima inativa encontrada no plasma. Em presença da tromboplastina e de outros fatores de coagulação (e de íons cálcio do plasma), ela se transforma em uma enzima ativa, a trombina, que transforma o fibrinogênio (proteína do plasma) em fibrina. As moléculas de fibrina unem-se, constituindo uma rede tridimensional que retém os glóbulos do sangue. Surge, assim, o coágulo. Este, alguns minutos depois de formado, contrai-se, expelindo um líquido claro, chamado **soro**, que nada mais é que o plasma sem fibrinogênio e muitos outros fatores retidos no coágulo.

A protrombina e o fibrinogênio são produzidos pelo fígado. Para que esse órgão produza a protrombina é necessária a vitamina K (também chamada, por isso, de vitamina anti-hemorrágica). É preciso também uma concentração mínima de íons cálcio para que as diversas etapas do processo ocorram.



Coágulo visto ao microscópio eletrônico, com hemácias (em vermelho) e plaquetas (em rosa) presas a uma rede de fibrina. (Aumento de cerca de 1500 vezes; imagem colorizada por computador.)

Figura 16.9 Esquema simplificado da coagulação do sangue. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Ingaborg Asbadh/Arquivo da editora

Susumu Nishinaga/SPL/Laimstock

Hemofilia e problemas na coagulação do sangue

A capacidade de coagulação do sangue é muito reduzida nos portadores de hemofilia (**figura 16.10**). Essa doença tem origem genética e é causada pela falta de um ou mais fatores do plasma. Por isso, mesmo um pequeno ferimento representa para essas pessoas um risco muito grande. Durante um sangramento, elas precisam receber uma injeção do fator ausente.



Reprodução/Wikimedia Commons

Outro problema comum que envolve a coagulação do sangue são os ataques cardíacos. Muitos deles são provocados pela formação de coágulos nas artérias coronárias (que irrigam o coração). Esses coágulos obstruem a passagem do sangue e podem provocar a morte do músculo cardíaco. Um tratamento consiste na injeção rápida de substâncias que dissolvem o coágulo, antes que o músculo seja danificado.



Reprodução/Ivan Cosenza de Souza

Figura 16.10 O cartunista Henfil e alguns de seus personagens que ficaram famosos principalmente nas décadas de 1970 e 1980. Ele morreu em 1988, aos 43 anos. Hemofílico, Henfil contraiu HIV em uma transfusão de sangue, ocorrência comum na época, pois havia ainda pouco conhecimento sobre a doença e a necessidade de cuidados específicos para preveni-la.

3 Sistema imunitário

Enquanto a pele, a inflamação e a fagocitose são formas de defesa não específicas, isto é, combatem qualquer microrganismo invasor, o **sistema imunitário** ou **imune** realiza um combate individualizado contra cada tipo de invasor. Os responsáveis por esse combate são os linfócitos e os plasmócitos, produzidos na medula óssea, nos órgãos linfáticos e em várias partes do corpo.

Linfócitos B

Cada ser vivo possui algumas proteínas diferentes das proteínas de outros seres vivos. Assim, quando uma bactéria ou outro microrganismo penetra no corpo de uma pessoa, as proteínas desse invasor não são reconhecidas e tem início a produção de **anticorpos**, proteínas do corpo invadido

capazes de neutralizar as proteínas estranhas, também chamadas **antígenos**. Os anticorpos são específicos: para cada tipo de antígeno é formado apenas um tipo de anticorpo, com forma complementar à do antígeno.

Assim, o sistema imunitário produz milhões de grupos diferentes de linfócitos B, cada grupo com um anticorpo diferente em sua membrana. Quando um antígeno penetra no organismo, o anticorpo que lhe é complementar liga-se a ele, o que ativa o linfócito que traz o anticorpo em sua membrana. Os linfócitos ativados se multiplicam e se transformam em plasmócitos, produzindo anticorpos que circulam no sangue. Portanto, o antígeno vai determinar qual grupo de linfócitos será ativado (**figura 16.11**).

A união do anticorpo com o antígeno faz com que os agentes infecciosos se aglutinem, evitando que se espalhem pelo corpo e facilitando a ação dos glóbulos brancos e dos macrófagos.

Alguns linfócitos ativados pelo antígeno transformam-se em células de memória (**figura 16.11**), graças às quais o organismo se torna imune a doenças como sarampo, catapora, etc. Se o antígeno invadir o corpo novamente, algumas dessas células transformam-se em plasmócitos em poucas horas.

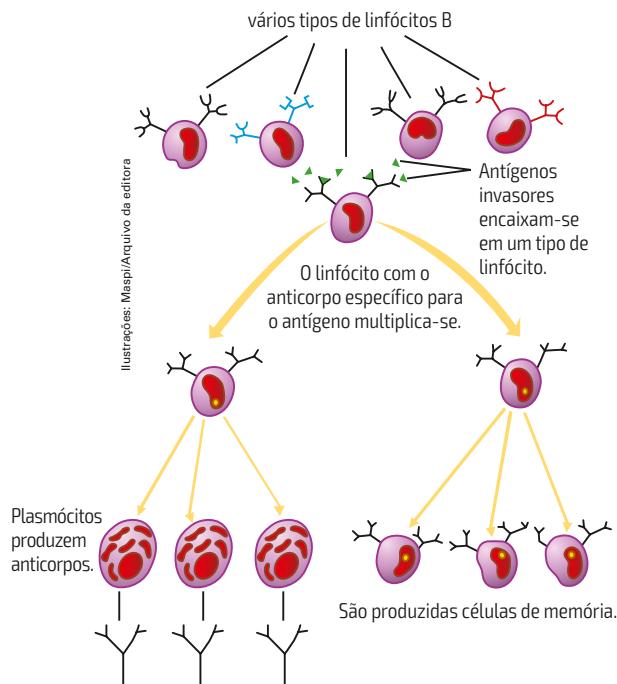


Figura 16.11 Esquema da produção de anticorpos. (As células são microscópicas e os anticorpos são cerca de mil vezes menores que a célula; cores fantasia.)

Linfócitos T

Enquanto os linfócitos B defendem o organismo pela produção de anticorpos que circulam no sangue, entre os linfócitos T há células que produzem substâncias que ativam outros linfócitos e células que atacam diretamente as células do corpo invadidas por microrganismos, uma espécie de combate corpo

a corpo, além de suprimirem a produção de anticorpos depois que o invasor foi destruído. Cada função é exercida por um tipo de linfócito T: o linfócito T4, também conhecido como célula CD4 (em sua membrana plasmática há uma proteína denominada CD4), auxiliador ou *helper*; o linfócito T8, também conhecido como célula CD8 (a proteína que aparece na membrana é denominada CD8), linfócito citotóxico ou linfócito T matador ou *killer*; o linfócito T supressor, a célula de memória.

Esse tipo de defesa é chamado **imunidade celular**. Depois de ter fagocitado o microrganismo invasor, o macrófago e outras células do sistema imune espalhadas pelo corpo levam, aderidos à membrana, pedaços das proteínas (peptídios) dos抗ígenos do invasor. Essas células entram em contato com o linfócito T auxiliador, que possui em sua membrana uma proteína capaz de se encaixar nos抗ígenos. A partir desse momento, o linfócito T auxiliador produz substâncias que estimulam a sua multiplicação e a de outros linfócitos T e B (**figura 16.12**).

O linfócito T citotóxico se encarrega de destruir as células do corpo invadidas por vírus e células cancerosas ou transplantadas: ele se une a elas e destrói sua membrana, abrindo orifícios por onde sai o citoplasma. Essas células estranhas são reconhecidas pelo linfócito citotóxico porque, como os macrófagos, apresentam um pouco de抗ígeno viral em sua superfície.

Quando o combate à infecção termina, as respostas do sistema imunitário diminuem, até cessarem, o que é provocado pelo linfócito T supressor. Por fim, as células de memória permanecem prontas para se diferenciar nos outros linfócitos T caso o抗ígeno volte a penetrar no corpo.

No caso da Aids, o vírus ataca o linfócito T auxiliador, prejudicando o sistema imune. Assim, a pessoa fica mais suscetível a infecções.

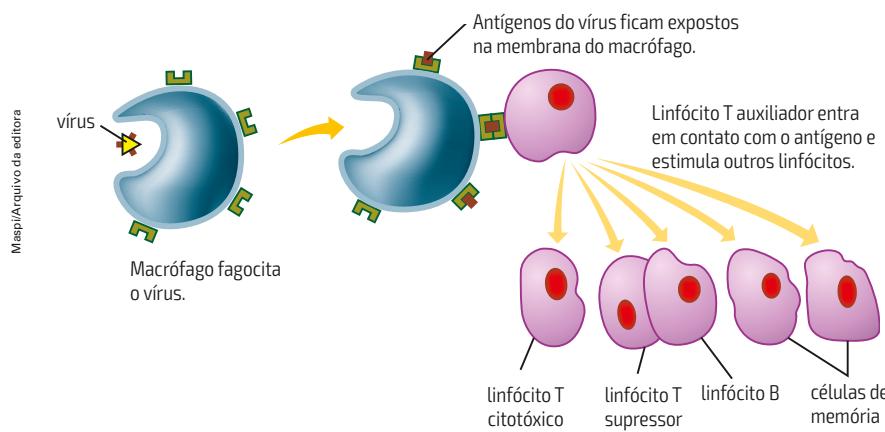


Figura 16.12 Depois de entrar em contato com o抗ígeno do microrganismo, o linfócito T auxiliador estimula a multiplicação de outros linfócitos que vão combater o microrganismo. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Vacinas e soros: defesas artificiais

Uma medida importante para promover a saúde de uma população é a **vacinação**. Vacinar é injetar no organismo agentes que estimulem a produção de defesas sem, no entanto, causar a doença.

Esses agentes podem ser bactérias mortas ou suas toxinas desativadas, vírus atenuados ou partes desses vírus que possam ser reconhecidas pelo corpo como antígenos.

Algumas vezes, para obter um volume razoável de anticorpos, é necessária a vacinação por três ou mais vezes, pois o tempo que os anticorpos permanecem no organismo é variável. Assim, dependendo do tipo de vacina, é conveniente, após algum tempo, a aplicação de uma dose suplementar – o chamado **reforço**. Depois disso, o organismo produz de imediato um nível alto de anticorpos, o que torna a conferir resistência contra a infecção.



Ilustrações: Mauro Nakata/Arquivo da editora

A vacina é um caso de **imunização ativa** porque o próprio corpo fabrica os anticorpos contra o agente infeccioso. Em geral, tem a função de prevenir uma doença, embora algumas vacinas sejam dadas ao indivíduo doente para aumentar suas defesas contra microrganismos.

Às vezes, porém, é preciso uma defesa rápida, por exemplo: quando um indivíduo sofre ferimentos suspeitos de contaminação pelo bacilo do tétano ou pelo vírus da raiva ou quando é picado por serpentes peçonhentas. Nesses casos, não se deve esperar que seu corpo produza anticorpos, pois esse processo é muito lento em relação à capacidade de proliferação do microrganismo invasor ou ao alto poder tóxico da peçonha. Assim, deve-se inocular no indivíduo um líquido obtido do sangue de um animal previamente colocado em contato com a peçonha ou com o agente infeccioso – o **soro** ou **soro imune** –, com certa quantidade de anticorpos, que começam a neutralizar imediatamente os抗ígenos. Depois, o indivíduo passa a produzir os próprios anticorpos, impedindo a progressão da infecção ou da intoxicação (**figura 16.13**).

A preparação do soro pode ser feita em cavalos, coelhos ou cabras. Esses animais recebem quantidades não mortais de抗ígenos, em doses progressivamente maiores, e produzem grande quantidade de anticorpos. O soro é, então, retirado do sangue do animal e armazenado para uso em indivíduos atingidos por infecções ou picadas de animais peçonhentos.

Na produção do soro antifídico (contra picadas de serpente), por exemplo, as hemácias são devolvidas ao cavalo, reduzindo-se, assim, os efeitos colaterais da perda de sangue.

O soro, portanto, tem efeito curativo e é uma **imunização passiva**, uma vez que o organismo recebe os anticorpos já prontos.

4 A única parte utilizada do sangue é o plasma, solução rica em sais minerais, proteínas, hormônios e anticorpos. As hemácias (glóbulos vermelhos) são devolvidas ao animal. Por meio de um processo de centrifugação retira-se o fibrinogênio, principal proteína do plasma, que sem ele se transforma em soro. Depois de uma série de testes químicos, o soro é envasado e distribuído para hospitais.

Figura 16.13 Preparação de soro antifídico (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

5 O soro é injetado em pessoas picadas por serpentes.

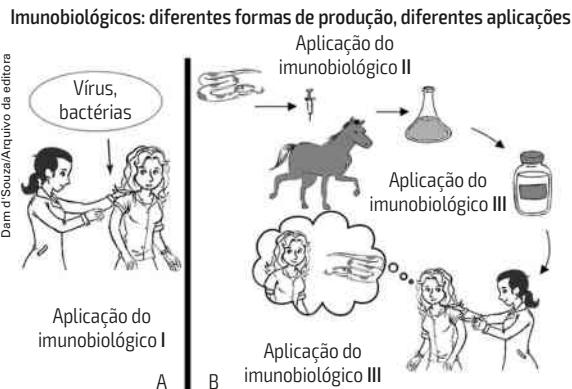


Atividades



1. O termo leucemia se aplica a vários tipos de câncer que, apesar de afetarem o sangue, não se originam nele. Responda:
 - a) Por que alterações nesse tecido afetam o sangue?
 - b) Quais são as células do sangue diretamente afetadas pela leucemia? Como isso ocorre?
2. As hemácias adultas não sofrem divisão celular. Explique, então, por que, apesar de hemácias velhas serem constantemente destruídas, o número de hemácias não diminui.
3. Explique por que uma pessoa com anemia pode se cansar facilmente, mesmo com a realização de um esforço físico que, em condições normais de saúde, não a cansaria.
4. (UFC-CE) Em muitas clínicas de estética e salões de beleza, podemos constatar promessas de emagrecimento rápido. Uma das técnicas erroneamente divulgadas para o emagrecimento é a massagem conhecida como drenagem linfática manual. Com base nessa informação, responda ao que se pede.
 - a) Sabendo-se das funções do sistema linfático, por que a técnica de drenagem linfática manual não é vantajosa no processo de emagrecimento?
 - b) Uma das indicações da drenagem linfática manual é a diminuição de edemas provocados pelo acúmulo de líquidos. Qual o papel do sistema linfático na diminuição desses edemas?

5. (Enem)



Embora sejam produzidos e utilizados em situações distintas, os imunobiológicos I e II atuam de forma semelhante nos humanos e equinos, pois:

- a) conferem imunidade passiva.
- b) transferem células de defesa.
- c) suprimem a resposta imunológica.
- d) estimulam a produção de anticorpos.
- e) desencadeiam a produção de antígenos.

6. (Vunesp-SP) Três pacientes recorreram a um laboratório de análises clínicas para fazer um hemograma, exame que registra informações sobre os componentes celulares do sangue. O paciente 1, bastante pálido, apresentava cansaço constante; o paciente 2 era portador do vírus HIV e apresentava baixa imunidade; o paciente 3 trazia relatos de sangramentos por causa ainda a ser investigada. As fichas de registro, **A**, **B** e **C**, apresentam alguns resultados dos exames desses três pacientes.

Hemograma	Ficha A Valores obtidos	Ficha B Valores obtidos	Ficha C Valores obtidos
Eritograma Valores de referência 4,5 a 6,0 milhões de hemácias/mm ³	5,7	4,95	2,5
Leucograma Valores de referência 4 300 a 10 000 leucócitos/mm ³	2 300	7 100	6 300
Contagem de plaquetas Valores de referência 150 000 a 450 000/mm ³	160 000	12 000	270 000

É correto afirmar que as fichas **A**, **B** e **C** correspondem, respectivamente, aos pacientes:

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

7. (Enem) A adaptação dos integrantes da seleção brasileira de futebol à altitude de La Paz foi muito comentada em 1995, por ocasião de um torneio, como pode ser lido no texto a seguir.

A seleção brasileira embarca hoje para La Paz, capital da Bolívia, situada a 3 700 metros de altitude, onde disputará o torneio Interamérica. A adaptação deverá ocorrer em um prazo de 10 dias, aproximadamente. O organismo humano, em altitudes elevadas, necessita desse tempo para se adaptar, evitando-se, assim, risco de colapso circulatório.

(Adaptado da revista Placar, fev. 1995.)

A adaptação foi necessária principalmente porque a atmosfera de La Paz, quando comparada à das cidades brasileiras, apresenta:

- a) menor pressão e menor concentração de oxigênio.
- b) maior pressão e maior quantidade de oxigênio.
- c) maior pressão e maior concentração de gás carbônico.
- d) menor pressão e maior temperatura.
- e) maior pressão e menor temperatura.

8. (Mack-SP) A respeito do sangue, considere as seguintes afirmações:

- I. As células desse tecido são produzidas a partir de células-tronco adultas presentes na medula óssea.
- II. Somente os glóbulos brancos são células sanguíneas nucleadas.
- III. A quantidade insuficiente de glóbulos vermelhos é conhecida como anemia.
- IV. A produção insuficiente de plaquetas tem como consequência a dificuldade de defesa.

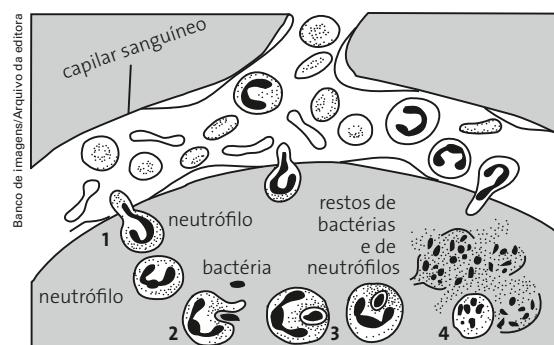
São corretas as afirmativas.

- a) I e III, apenas.
- b) II, III e IV, apenas.
- c) I, II, III e IV.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III, apenas.

9. (UFRGS-RS) Quando uma pessoa é picada por um animal peçonhento, deve procurar socorro através de:

- a) soro, que induzirá a formação de anticorpos.
- b) soro, porque é composto de antígenos específicos.
- c) soro, porque contém anticorpos prontos.
- d) vacina, porque fornecerá ao organismo elementos de defesa.
- e) vacina, para eliminar quimicamente o veneno.

10. (Ufscar-SP) No esquema abaixo (construído segundo Junqueira e Carneiro, 1972), está representada uma área inflamada no corpo humano. Nele, **1, 2, 3** e **4** correspondem à seguinte sequência de eventos:



- a) fagocitose, diapedese, digestão e exocitose.
- b) diapedese, pinocitose, digestão e formação de pus.
- c) diapedese, clasmocitose, pinocitose e formação de pus.
- d) diapedese, fagocitose, digestão e formação de pus.
- e) fagocitose, pinocitose, diapedese e formação de pus.

11. (UFMG) A Campanha Nacional de Vacinação do Idoso, instituída pelo Ministério da Saúde do Brasil, vem se revelando uma das mais abrangentes dirigidas à população dessa faixa etária. Além da vacina contra a gripe, os postos de saúde estão aplicando, também, a vacina contra pneumonia pneumocócica. É correto afirmar que essas vacinas protegem porque:

- a) são constituídas de moléculas recombinantes.
- b) contêm anticorpos específicos.
- c) induzem resposta imunológica.
- d) impedem mutações dos patógenos.

12. (UFPI) Qual a sequência correta para a coagulação do sangue nos vertebrados?

- a) Plaquetas, fibrinogênio, protrombina, fibrina, trombina.
- b) Trombina, plaquetas, fibrinogênio, protrombina, fibrina.
- c) Plaquetas, protrombina, trombina, fibrinogênio, fibrina.
- d) Plaquetas, fibrina, fibrinogênio, trombina, protrombina.
- e) Fibrinogênio, plaquetas, protrombina, fibrina, trombina.

13. (FTESM-RJ) O teste de paternidade por análise do ADN é geralmente feito a partir de amostras de sangue. O componente sanguíneo que fornece material para o exame é:

- a) hemácia.
- c) leucócito.
- e) soro.
- b) plaqueta.
- d) plasma.

14. (UFRN) Uma pessoa foi fazer um hemograma e obteve o resultado abaixo.

Hemograma		
	Valores obtidos	Valores referenciais
Hemácias (milhões/mm ³)	5,12	4,5 a 6,5
Leucócitos (mm ³)	8 100	4 300 a 10 000
Plaquetas (mm ³)	90 000	150 000

Considerando os valores obtidos, apresentados no resultado do hemograma, é correto afirmar que:

- a) o número de plaquetas por mm³ favorece a ocorrência de distúrbios hemorrágicos, caracterizados por uma tendência ao sangramento fácil.
- b) a quantidade de plaquetas indica a presença de anemia, associada à dificuldade em transportar o oxigênio e o gás carbônico.
- c) o número de leucócitos por mm³ sugere a presença de infecção bacteriana, caracterizada por uma tendência à hemorragia.
- d) a quantidade de hemácias indica que o indivíduo encontra-se devidamente protegido contra os agentes infecciosos.

15. (Vunesp-SP) Dados da Organização Mundial de Saúde indicam que crianças filhas de mães fumantes têm, ao nascer, peso médio inferior ao de crianças filhas de mães não fumantes. Sobre esse fato, um estudante fez as seguintes afirmações:

- I. O cigarro provoca maior concentração de monóxido de carbono (CO) no sangue e provoca constrição dos vasos sanguíneos da fumante.
- II. O CO se associa à hemoglobina formando a carboxiemoglobina, um composto quimicamente estável que favorece a ligação da hemoglobina ao oxigênio.
- III. O oxigênio, ligado à hemoglobina, fica indisponível para as células e desse modo o sangue materno chega à placenta com taxas reduzidas de oxigênio.
- IV. A constrição dos vasos sanguíneos maternos diminui o aporte de sangue à placenta, e desse modo reduz-se a quantidade de oxigênio e nutrientes que chegam ao feto.
- V. Com menos oxigênio e menos nutrientes, o desenvolvimento do feto é mais lento, e a criança chegará ao final da gestação com peso abaixo do normal.

Sabendo-se que a afirmação I está correta, então podemos afirmar que

- a afirmação II também está correta, mas esta não tem por consequência o contido na afirmação III.
- as afirmações II e III também estão corretas, e ambas têm por consequência o contido na afirmação V.
- a afirmação III também está correta, mas esta não tem por consequência o contido na afirmação V.
- d) a afirmação IV também está correta e tem por consequência o contido na afirmação V.
- e) as afirmações II, III e IV estão corretas, e têm por consequência o contido na afirmação V.

16. (Uece) Todas as células do sangue são originadas na medula óssea vermelha a partir das células indiferenciadas, mas, ao final do processo de diferenciação celular, assumem formas e funções especializadas. Dentre as células sanguíneas listadas abaixo, as que possuem a função de defesa, de coagulação e de transporte de oxigênio, respectivamente, são:

- a) trombócitos, neutrófilos, hemácias.
- b) plaquetas, eritrócitos, leucócitos.
- c) leucócitos, trombócitos, eritrócitos.
- d) eosinófilos, leucócitos, hemácias.

17. (Cesgranrio-RJ) Os meios de comunicação têm noticiado que a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância) estabeleceu como uma das metas, a serem cumpridas até o ano 2000, a imunização de 90% das crianças, o que reduzirá a mortalidade infantil em pelo menos um terço.

Para que essa meta seja atingida, é necessária a vacinação, que consiste em injetar no organismo:

- a) vírus ou bactérias vivas para provocar a doença de forma branda. O corpo, imunizado, produzirá抗ígenos específicos.
- b) um medicamento eficaz no combate à doença já instalada e que produza no corpo uma reação para a fabricação de anticorpos específicos e resistentes.
- c) vírus ou bactérias mortos ou atenuados que, reconhecidos pelo corpo como抗ígenos, induzem a produção de anticorpos específicos.
- d) o plasma, retirado de pessoas que já tiveram a doença, para que o corpo produza抗ígenos e anticorpos específicos.
- e) o soro obtido através do sangue de animais, como os cavalos, criados em laboratório, onde recebem grande quantidade de抗ígenos.

Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas a seguir para pesquisar (em livros, na internet, em CD-ROMs, etc.). Depois, exponham o resultado da pesquisa para a classe e para a comunidade escolar. Se possível, os professores de Arte e de Língua Portuguesa podem colaborar na organização da exposição.

- Que doenças podem ser diagnosticadas com o auxílio dos exames de sangue? Quais são os requisitos para que uma pessoa possa doar sangue (idade, peso, histórico de doenças, etc.)? Elaborem uma campanha, com folhetos, cartazes e frases de alerta para estimular a doação de sangue.
- Providenciem um calendário de vacinação obrigatória em postos de saúde e pesquisem as doenças que podem ser prevenidas por vacinas. Façam um

resumo das principais características dessas doenças. Elaborem uma campanha, com folhetos, cartazes e frases de alerta que ressaltem a importância da vacinação. A campanha pode ser veiculada na internet por meio de redes sociais, por exemplo.

- As queimaduras podem ser causadas por calor, substâncias químicas ou eletricidade. Podem destruir partes da pele e até tecidos mais profundos e ser classificadas por área da pele atingida e profundidade. Pesquiseem como as queimaduras podem ser classificadas em relação à profundidade. Apresentem algumas características de cada tipo. Se possível, tentem contatar um profissional de saúde ou um bombeiro que possa dar informações à comunidade escolar sobre noções de primeiros socorros.

CAPÍTULO

17

o Tecido muscular

Medford Taylor/Getty Images



Além de melhorar a disposição, a atividade física pode prevenir diversos problemas de saúde.

Atividade física é uma das formas de prevenir o desenvolvimento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) e está diretamente relacionada à qualidade de vida da população. Para jovens, são mais indicadas atividades que incluem brincadeiras, jogos, esportes, transporte e tarefas no contexto da família, da escola e da comunidade. A estrutura do tecido muscular, presente em diversas partes do nosso corpo, está diretamente ligada à saúde e à qualidade de vida das pessoas, como veremos a seguir.



- ◆ Por que, quando fazemos atividades físicas, dizemos que estamos gastando energia?
- ◆ Quais são os tecidos que se desenvolvem quando uma pessoa faz exercícios físicos regularmente?
- ◆ Que tipos de músculo atuam nos movimentos de nossas pernas e nossos braços? E do nosso coração? E do nosso intestino?

1 Tipos de tecido muscular

Exercícios de musculação, ou outros que exigem esforço muscular intenso para mover pesos ou vencer resistências, aumentam o volume do **tecido muscular**, mesmo sem aumentar o número de células. É por essa razão que os atletas apresentam seus músculos esqueléticos mais desenvolvidos. Em atletas que usam cadeiras de rodas (**figura 17.1**), é possível perceber um grande desenvolvimento dos membros superiores devido ao esforço.

Nos animais que nos servem de alimento, como o frango e o boi, chamamos carne principalmente o tecido muscular desses organismos.

O músculo é composto de feixes de células envolvidos por tecido conjuntivo propriamente dito. O tecido conjuntivo leva vasos sanguíneos e nervos para as células musculares.

O tecido muscular é formado por células que se originam da mesoderme e possuem a capacidade de se contrair, provocando movimentos. Essa contração depende da presença de filamentos de proteínas especiais no citoplasma.

Esses filamentos e outras partes da célula recebem nomes específicos:

- as células musculares são chamadas **fibras musculares** ou, pela terminologia recente, **miócitos** (do grego *mys* = músculo);
- os filamentos de proteínas, **miofibrilas** ou **miofilamentos**;
- o retículo endoplasmático não granuloso, que armazena cálcio para a contração, é chamado **retículo sarcoplasmático** (do grego *sarkos* = carne, músculo; *plasma* = molde).

Existem três tipos de tecido muscular – estriado esquelético, não estriado e estriado cardíaco – que diferem entre si pelas características de suas células e pela localização no organismo.

Figura 17.1 Treinos físicos intensos levam ao aumento da massa muscular. Prova de 1500 metros para cadeirantes, realizada em Moncton, Canadá. Foto de 2010.
(As marcas foram apagadas para evitar a caracterização de produtos.)

Jamie Rosch/Shutterstock



Tecido muscular estriado esquelético

Quando andamos ou, simplesmente, movemos uma parte do corpo, estamos contraíndo um tipo de músculo que se prende aos nossos ossos: o **músculo estriado esquelético**.

Esse tecido é formado por células cilíndricas muito compridas, que se originam da fusão de um grande número de células embrionárias e, por isso, são plurinucleadas, podendo conter centenas de núcleos (figura 17.2). Suas miofibrilas apresentam faixas claras e escuras alternadas, formando estrias transversais.

A maioria dos seiscentos músculos esqueléticos está ligada aos ossos. Mas eles também são encontrados no abdome, sustentando as vísceras, e sob a pele do rosto, respondendo pelas expressões fisionômicas e pelo movimento dos olhos.

Além disso, por meio do músculo estriado esquelético reagimos aos estímulos do ambiente. Portanto, é natural que esse músculo seja capaz de contrações fortes e rápidas e que seja possível controlá-las conscientemente. Assim, dizemos que esses músculos são **voluntários**.

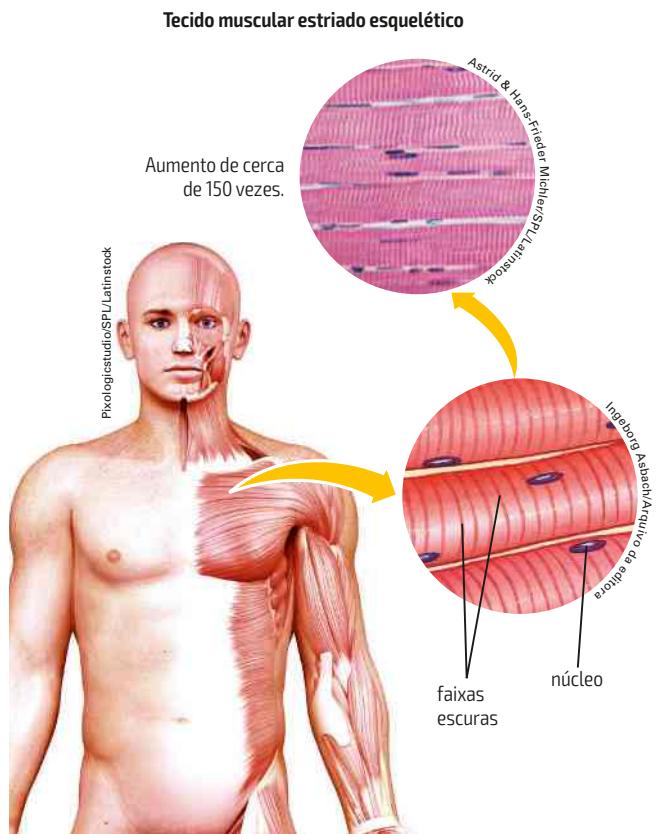


Figura 17.2 Tecido muscular estriado esquelético (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, imagem ao microscópio óptico (com uso de corantes).

Biologia e saúde



Atividades físicas regulares

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), atividade física é qualquer movimento corporal produzido pelos músculos esqueléticos que requeira gasto de energia. Isso inclui atividades físicas feitas no escritório, em casa, além de viagens e outras atividades de lazer, como jogos.

O termo "atividade física", no entanto, não deve ser confundido com "exercício", que é uma subcategoria da atividade física. O exercício é planejado, estruturado, tem características repetitivas e um objetivo: melhorar ou manter componentes do condicionamento físico. Exercícios devem ser planejados e direcionados por profissionais de Educação Física e do Esporte. Em alguns casos, é necessário também ter orientação médica especializada.

Tanto a atividade física moderada como a intensa trazem benefícios para a saúde. A intensidade

das diferentes formas de atividade física varia entre as pessoas. Os benefícios para a saúde de jovens a idosos incluem o desenvolvimento do músculo cardíaco, o que facilita o bombeamento do sangue. Além disso, atividades físicas regulares ajudam no controle do peso, da pressão arterial e da taxa de colesterol no sangue; melhoram a disposição física e mental; e aumentam a força, a resistência e a flexibilidade dos músculos e dos ossos, entre muitos outros benefícios.

Então, reflita: você pratica algum esporte ou outra atividade física de forma regular? Se não, que tal consultar um médico, conversar com o professor de Educação Física e começar quanto antes uma atividade compatível com sua idade e suas condições físicas?

Fonte de pesquisa: OMS – Folha informativa sobre atividade física. Disponível em: <http://actbr.org.br/uploads/conteudo/957_FactSheetAtividadeFisicaOMS2014_port_REV1.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2016.

ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.

Tecido muscular não estriado

É formado por células mononucleadas, sem estrias transversais (**figura 17.3**) e constitui a maior parte do **músculo não estriado** (ou **liso**). Está presente nas paredes dos órgãos ocos (como o tubo digestório, o útero, a bexiga, a vesícula biliar, as artérias e veias, os brônquios e bronquíolos), ao redor das glândulas (determinando a eliminação de secreções) e preso aos pelos e ao cabelo (quando os músculos lisos se contraem em resposta a um golpe de ar ou a um susto, provocam o eriçamento dos pelos aos quais estão presos).

Tecido muscular não estriado

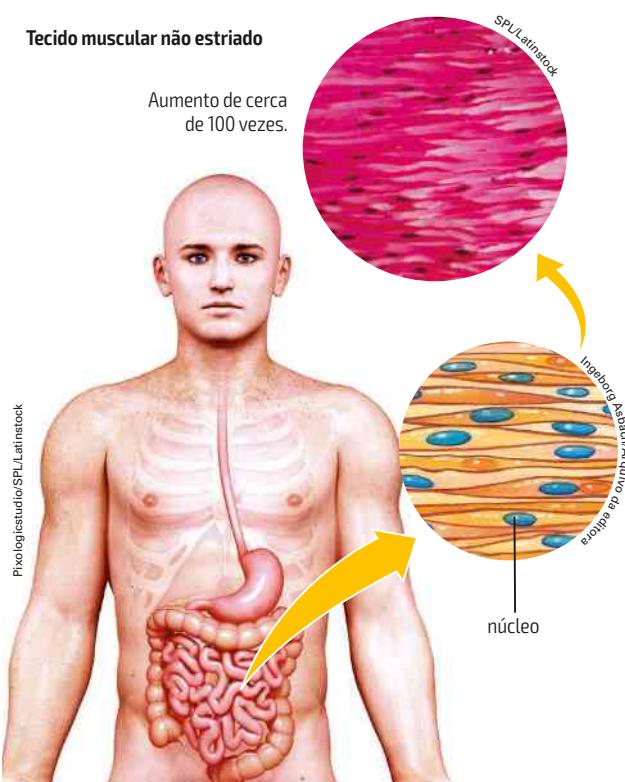


Figura 17.3 Tecido muscular não estriado (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, imagem ao microscópio óptico (com uso de corantes).

Suas funções são empurrar o alimento ao longo do tubo digestório; regular o fluxo de ar para os pulmões pelo controle do diâmetro dos brônquios e bronquíolos; regular o fluxo de sangue para certa região do corpo por meio do controle do diâmetro dos vasos sanguíneos; regular a intensidade de luz que chega aos olhos pelo controle do diâmetro da pupila; secretar a bile da vesícula biliar para o intestino; ajudar na contração do útero no parto; ajudar a eliminar a urina da bexiga (o que é diferente do controle exercido pelo músculo estriado esquelético no esfíncter da uretra, que é voluntário).

Portanto, esse tipo de músculo se contrai independentemente de nossa vontade; é um músculo **involuntário**.

Tecido muscular estriado cardíaco

Forma o **miocárdio** ou **músculo estriado cardíaco**, localizado no coração. Suas células são longas, ramificadas e mononucleadas, com estrias transversais (**figura 17.4**), e contraem-se de forma involuntária, rápida e ritmada. Suas membranas estão intimamente unidas por linhas transversais, os **discos intercalares**. Ao microscópio eletrônico, observa-se nessas linhas a presença de desmossomos e de junções comunicantes, estruturas que aumentam a adesão e permitem a passagem de íons entre as células. Desse modo, o impulso elétrico que determina a contração passa rapidamente de uma célula para outra, fazendo com que todas se contraiam ao mesmo tempo.

Tecido muscular estriado cardíaco

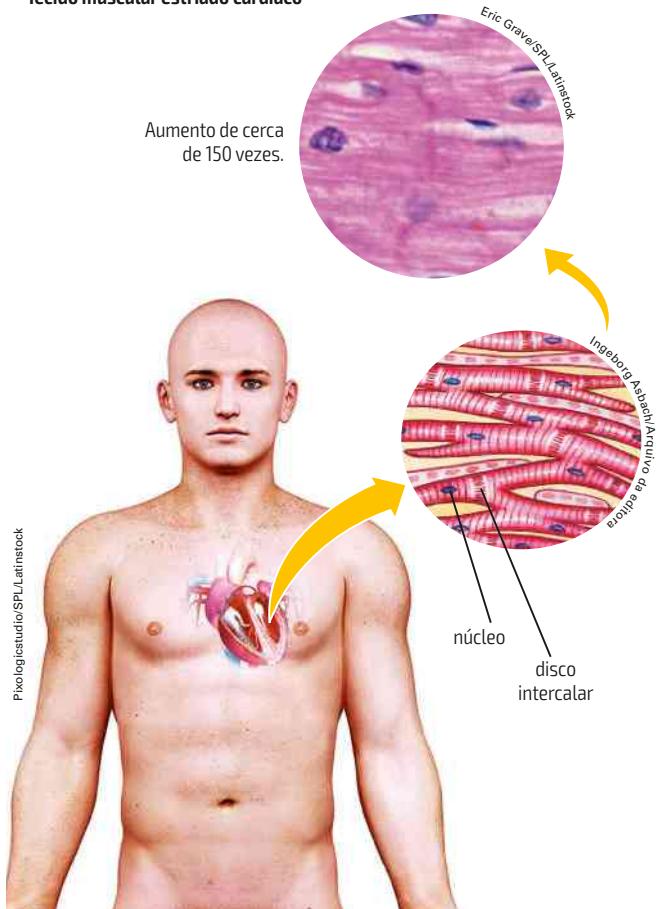


Figura 17.4 Tecido muscular estriado cardíaco (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, imagem ao microscópio óptico (com uso de corantes).

2

Contração muscular

Observando as miofibrilas dos músculos estriados ao microscópio eletrônico, nota-se que elas são constituídas, principalmente, por dois tipos de proteína: a **miosina**, mais espessa, e a **actina**, mais fina.

Nos músculos estriados esqueléticos, essas proteínas organizam-se em filamentos (figura 17.5), que se alinharam formando regiões claras – **bandas I**, nas quais predomina a actina – alternadas com regiões escuras – **bandas A**, compostas da superposição de miosina e actina. No centro da banda A há uma faixa um pouco mais clara – **zona ou banda H** –, constituída apenas por miosina. No centro da banda I há uma linha escura – **linha Z** –, formada por outro tipo de proteína, a **alfa-actinina**. O espaço entre duas linhas Z é chamado **miômero** (ou **sarcômero** pela antiga terminologia).

A contração é causada pelo deslizamento dos filamentos finos em relação aos espessos, que ocorre quando a molécula de miosina forma ligações químicas com a de actina. Como resultado, a

zona H desaparece e a distância entre duas linhas Z diminui.

A letra “A” para “banda A” (a região escura do miômero) vem da inicial de “anisotrópica”, que indica que essa região possui propriedades diferentes (do grego *anisos* = desigual; *tropos* = mudança) em razão da presença de filamentos grossos (miosina) e finos (actina). Já a letra “I” para “banda I” vem de “isotrópica” (do grego *isos* = igual), que possui apenas filamentos finos de actina.

A expressão “linha Z” vem da palavra alemã *zwischen*, que quer dizer ‘no meio’ (está no centro da banda I). A expressão “banda H” vem da palavra alemã *heller*, que significa ‘claro’ (é uma região mais clara no centro da banda A).

Nos músculos lisos, os filamentos de actina e miosina formam uma rede dentro da célula, em vez de estarem alinhados. Por isso, não se veem estrias nesses músculos, e a força e a velocidade de contração apresentam-se mais fracas e lentas que nos músculos estriados. No entanto, o mecanismo é semelhante em todos os músculos e envolve o deslizamento dos filamentos de actina.

Ilustrações: Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

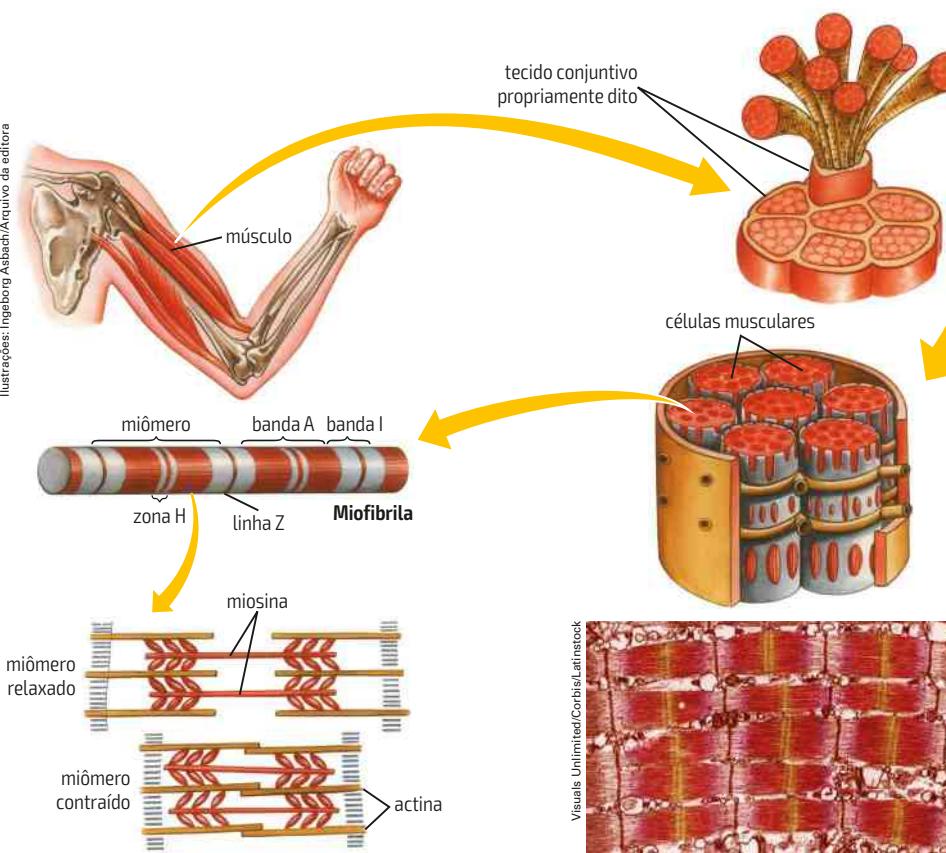


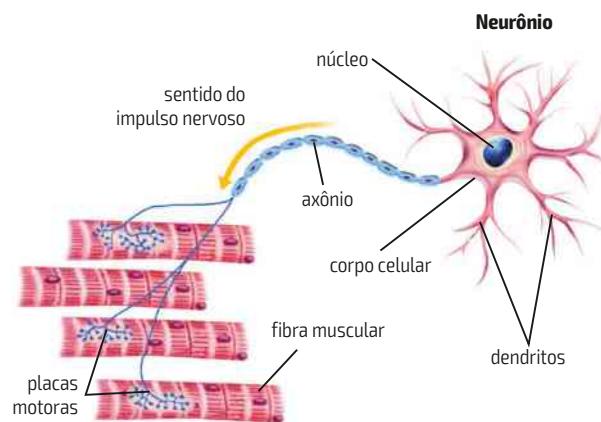
Figura 17.5 Ilustração da miofibrila e da contração muscular (os elementos não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia). Na foto, miômeros de músculo estriado esquelético, com linhas Z (faixas mais escuras) no centro de uma região mais clara (banda I). As regiões mais escuras correspondem à banda A e nelas há uma região mais clara no centro, a zona H. O miômero corresponde ao espaço entre as duas linhas Z (microscópio eletrônico; cerca de 25 mil vezes de aumento; imagem colorizada por computador).

Exercícios de musculação, por exemplo, exigem grande esforço muscular para mover pesos. Esse tipo de exercício aumenta o número de miofibrilas em cada célula muscular sem aumentar o de células. Com isso, o diâmetro e a força da fibra aumentam.

No músculo esquelético, o local onde as terminações das células nervosas (neurônios) entram em contato com as fibras musculares é chamado **placa motora** ou **junção mioneural** (figura 17.6). As substâncias químicas liberadas pelas terminações nervosas provocam uma alteração nas cargas elétricas na membrana (sarcolema), semelhante ao impulso que ocorre nos neurônios (que serão estudados no próximo capítulo). O impulso provoca a liberação de íons cálcio armazenados no interior do retículo endoplasmático. Esses íons promovem a união entre as moléculas de miosina e actina. Em seguida, à custa da energia de moléculas de ATP, a miosina puxa a actina, fazendo-a deslizar. Ainda com a energia do ATP, a miosina solta-se e volta a se ligar em outro ponto da molécula de actina, puxando-a outra vez.

Desse modo, os filamentos movem-se entre si, como os dentes de duas engrenagens.

Cessado o impulso nervoso, o cálcio é bombeado por transporte ativo, armazenando-se novamente no retículo. As ligações entre a miosina e a actina deixam de existir e o músculo relaxa.



Luis Moura/Arquivo da editora

Figura 17.6 Ilustração da junção entre as terminações nervosas de um neurônio e as fibras musculares (os elementos não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia).

Biologia e saúde



O perigo do uso de anabolizantes

Os esteroides anabolizantes são hormônios sintéticos semelhantes à testosterona, um hormônio masculino. Eles são indicados por médicos em doses controladas para tratar certos problemas, como a deficiência de hormônios masculinos na adolescência e no tratamento de pacientes com Aids, para ajudar a recuperar o peso. O nome anabolizante indica justamente que essas substâncias estimulam o anabolismo (a produção de substâncias no organismo) e aumentam a síntese de proteínas no músculo.

No entanto, esses compostos também são consumidos sem acompanhamento médico, tanto por adolescentes como por adultos que os desejam para melhorar o desempenho nos esportes, aumentar a massa muscular e reduzir a quantidade de gordura do corpo. Adolescentes são mais vulneráveis ao uso dessas substâncias porque muitas vezes estão inseguros quanto à própria aparência física.

Em altas doses, os esteroides anabolizantes podem aumentar a irritabilidade e agressividade; e produzir sintomas de euforia, alteração de humor, distração, confusão, entre outros.

Além disso, o uso desses compostos sem controle médico pode interromper o crescimento do adolescente, provocar esterilidade no homem, câncer de fígado e danos aos rins ou ao sistema circulatório (aumento de pressão arterial e até ataque cardíaco). Na mulher, pode ainda diminuir o tamanho dos seios, desequilibrar o ciclo menstrual e desenvolver características masculinas, como pelos na face.

Outro perigo está na forma como os esteroides são administrados. O uso das injeções aumenta o risco de infecções por vírus, como o HIV, se as agulhas forem compartilhadas.

Fontes de pesquisa: <www2.unifesp.br/dpsicobio/cebrid/quest_drogas/esteroides_anabolizantes.htm>; <www.endocrino.org.br/anabolizantes-esteroides-e-os-jovens/>. Acesso em: 12 fev. 2016.

Fique de olho!

A comercialização de anabolizantes e outras drogas é ilegal. A indicação e prescrição de medicamentos só podem ser feitas por médicos.

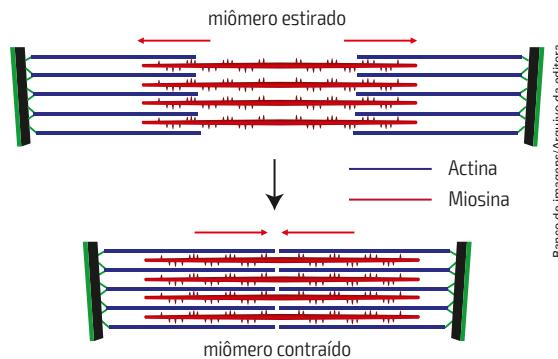
Atividades

ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

1. Você aprendeu que há três tipos de tecido muscular no corpo: o estriado esquelético, o não estriado e o estriado cardíaco. Sabendo disso, identifique que tipo de tecido muscular realiza cada atividade abaixo. Indique também qual deles tem contração voluntária, isto é, qual deles pode ter sua contração controlada conscientemente:
 - a) regular a entrada de ar nos brônquios;
 - b) promover o batimento cardíaco;
 - c) controlar o fluxo do sangue pelas artérias;
 - d) esticar o braço;
 - e) impulsionar o alimento ao longo do intestino delgado;
 - f) chutar uma bola.
2. A célula ou fibra muscular obedece ao princípio do tudo ou nada: ou se contrai totalmente, ao máximo, ou não se contrai. Como você explica a diferença entre uma contração forte do bíceps, como quando estamos com um peso na mão, e uma contração mais fraca (sem peso)?
3. Os músculos esqueléticos costumam ter bastante irrigação sanguínea. Por que esse fato é importante para o trabalho do músculo?
4. A poliomielite é uma doença provocada por um vírus que ataca o sistema nervoso. Por que ela pode provocar paralisia?
5. Qual a relação entre o grande número de mitocôndrias nas células do músculo cardíaco e a rapidez com que são provocados danos nesse órgão quando há interrupção no fluxo de sangue, como em um ataque cardíaco?
6. A prática regular de exercícios aeróbicos, feita sob orientação especializada, ajuda a desenvolver um músculo de contração involuntária. Qual é esse músculo? Explique.
7. (UFG-GO) Leia o texto e observe a figura a seguir.

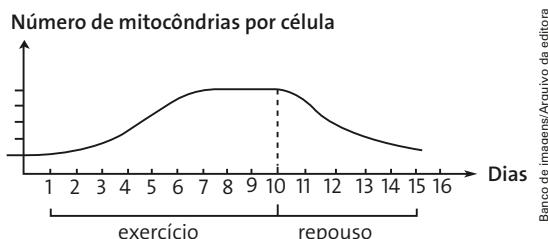
Brasil na copa da África

A seleção brasileira de futebol é a única a participar de todas as copas mundiais. Sua estreia na copa da África do Sul será no dia 15 de junho contra a Coreia do Sul. Como um dos esportes-símbolos nacionais, o futebol promove um elevado desgaste físico aos seus atletas, pois é uma modalidade esportiva intermitente e de longa duração, exigindo movimentos com elevadas ações de contração muscular durante a partida, como esquematizado na figura.



Considerando o exposto, explique como ocorre, no atleta, o movimento de contração da unidade representada na figura durante uma partida de futebol.

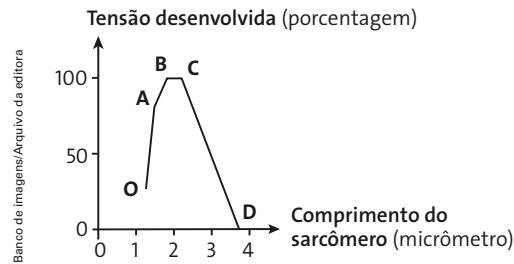
8. (UFPR) Um feixe de células musculares estriadas, mantido em cultura com todas as condições ideais, foi submetido a várias séries de contrações e relaxamentos (exercício) por vários dias consecutivos, seguido de um período de repouso (sem exercício) de alguns dias também. Durante esses períodos se quantificou o número de mitocôndrias por célula, possibilitando a elaboração do gráfico abaixo.



Com base nesse gráfico e em conhecimentos sobre o assunto enfocado, as alternativas corretas são:

- x a) O número de mitocôndrias por célula aumenta durante o exercício porque a célula precisa de muito ATP, e é a mitocôndria que o produz.
- x b) Há um número mínimo necessário de mitocôndrias por célula para manter o metabolismo dela, mesmo quando em repouso.
- c) Se fosse sempre mantida a mesma carga de exercícios, o número de mitocôndrias por célula aumentaria indefinidamente.
- d) O número de mitocôndrias aumenta nas células porque elas são fagocitadas do meio de cultura.
- x e) Quando cessa o exercício, o excesso de mitocôndrias é removido pela digestão intracelular dessas organelas.
- x f) Se fosse também medido o consumo de oxigênio dessas células, o gráfico seria semelhante ao obtido para o número de mitocôndrias.

- 9.** (Uerj) A força de contração da fibra muscular estriada é definida pela tensão desenvolvida pelos filamentos de miosina e actina do sarcômero e sofre influência do grau de superposição desses filamentos.

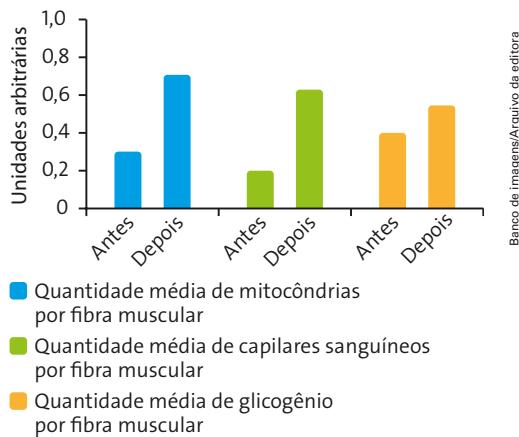


(Guyton, A. C; Hall, J. E. Tratado de Fisiologia médica. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1997.)

De acordo com o gráfico, podemos dizer que a molécula de miosina apresenta uma interação mais eficiente com a actina entre os seguintes segmentos:

- a) **O e A.** c) **B e C.**
 b) **A e B.** d) **C e D.**

- 10.** (PUC-MG) O gráfico apresenta as variações de três parâmetros adaptativos de músculo estriado esquelético após algum tempo de treinamento físico aeróbico.

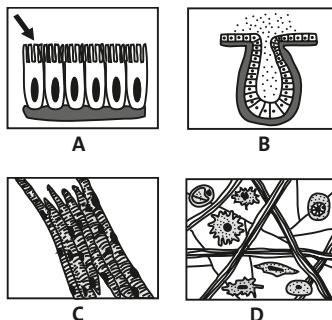


Fonte: TERJUNG, R. L. (1995) *Muscle adaptations to aerobic training* SPORTS SCIENCE EXCHANGE, 54 v. 8:(1)

Com base na análise dos resultados e outros conhecimentos sobre o assunto, é **incorreto** afirmar:

- a) O aumento na quantidade de glicogênio nas fibras musculares determina obrigatoriamente o aumento na capacidade aeróbica dos músculos.
 b) O aumento da quantidade de capilares nas fibras representa aumento na vascularização capaz de melhorar as trocas gasosas e a nutrição muscular.
 c) O aumento na quantidade de mitocôndrias nas fibras musculares representa aumento na capacidade oxidativa.
 d) A capacidade aeróbica muscular pode também depender da quantidade de mioglobina no interior das fibras musculares.

- 11.** (UFPR) Existem mais de duzentos tipos diferentes de células no corpo humano, que se distribuem em diversos tecidos, como epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso. Com relação aos tecidos representados pelas figuras abaixo, é correto afirmar que



- (01) As figuras **A** e **B** representam tipos de tecidos epiteliais, **C** representa tecido muscular e **D** representa tecido conjuntivo.
 (02) A figura **C** representa um fragmento de tecido muscular estriado esquelético em que as fibras musculares são longas, têm estrias transversais e muitos núcleos periféricos.
 (04) Na figura **B** está representada uma glândula endócrina, pois o produto por ela secretado (hormônio) é lançado diretamente no sangue.
 (08) Os tecidos representados nas figuras **B** e **C** têm em comum a característica de apresentar grande quantidade de substância intercelular.
 (16) A figura **A** mostra uma variedade de tecido epitelial de revestimento com funções absorventes, pois apresenta microvilosidades (seta).
 (32) Os espaços entre órgãos e tecidos do corpo são preenchidos pelo tecido conjuntivo frouxo (figura **D**).

Dê a soma das afirmativas corretas.

$$01 + 02 + 16 + 32 = 51$$

- 12.** (PUC-MG) São dadas abaixo algumas características de três tipos de tecido muscular animal:

- I. Possui apenas um núcleo, com contração relativamente lenta.
 II. Apresenta células cilíndricas extremamente longas, multinucleadas, de contração rápida e voluntária.
 III. Tem células normalmente mononucleadas, de contrações rápidas e involuntárias, com presença de discos intercalares.

As características se referem, respectivamente, aos seguintes tecidos musculares:

- a) liso, estriado esquelético e estriado cardíaco.
 b) estriado esquelético, liso e estriado cardíaco.
 c) estriado cardíaco, liso e estriado esquelético.
 d) liso, estriado cardíaco e estriado esquelético.
 e) estriado cardíaco, estriado esquelético e liso.



Representação artística de neurônios.

Nosso cérebro corresponde a apenas 2% de toda a massa do corpo, mas consome 25% do gás oxigênio absorvido na respiração. O sistema nervoso nunca para de trabalhar. Receber mensagens dos órgãos dos sentidos, armazenar informações, comandar as respostas fazendo os músculos funcionar, tudo isso é feito pelo sistema nervoso e por seu principal componente – o tecido nervoso.



- ◆ Você conhece alguma doença que afeta o sistema nervoso?
- ◆ O que acontece quando tomamos um pequeno choque ou colocamos a mão sobre algo muito quente?
- ◆ Quais são os efeitos do álcool sobre o comportamento de uma pessoa?

1 Neurônio

Pesquisas recentes indicam que no cérebro há cerca de 86 bilhões de **neurônios** (do grego *neuron* = nervo), células altamente especializadas que se comunicam entre si formando uma rede pela qual circulam mensagens – os **impulsos nervosos**. O cérebro e outros órgãos do sistema nervoso serão estudados no Volume 2.

As informações recolhidas dos órgãos dos sentidos são levadas por nervos à medula espinal ou ao encéfalo, nos quais são feitas conexões entre os neurônios, e uma mensagem é enviada através dos nervos para músculos ou glândulas (**figura 18.1**).

A maioria dos neurônios é constituída por uma região chamada **corpo celular** ou **pericário** (do grego *peri* = em volta; *cario* = núcleo), na qual se concen-

tram o citoplasma e o núcleo. Dela saem várias ramificações: os **dendritos** (do grego *dendron* = árvore; *ito* = pequeno), que recebem mensagens dos órgãos dos sentidos ou de outros neurônios. Essas informações são então passadas para um músculo, uma glândula ou outro neurônio através de um prolongamento maior, o **axônio** (do grego *axon* = eixo). Essa passagem se dá pela região final e ramificada do axônio, o **telodendro**. Em cada ponta da ramificação há pequenas dilatações, os **bulbos terminais** (**botões terminais** ou **sinápticos**), que contêm vesículas com messageiros químicos que levam o impulso para outras células.

Em alguns neurônios, o axônio pode atingir até 1 metro de comprimento. Alguns feixes de axônios envolvidos por tecido conjuntivo formam os **nervos** (**figura 18.1**).

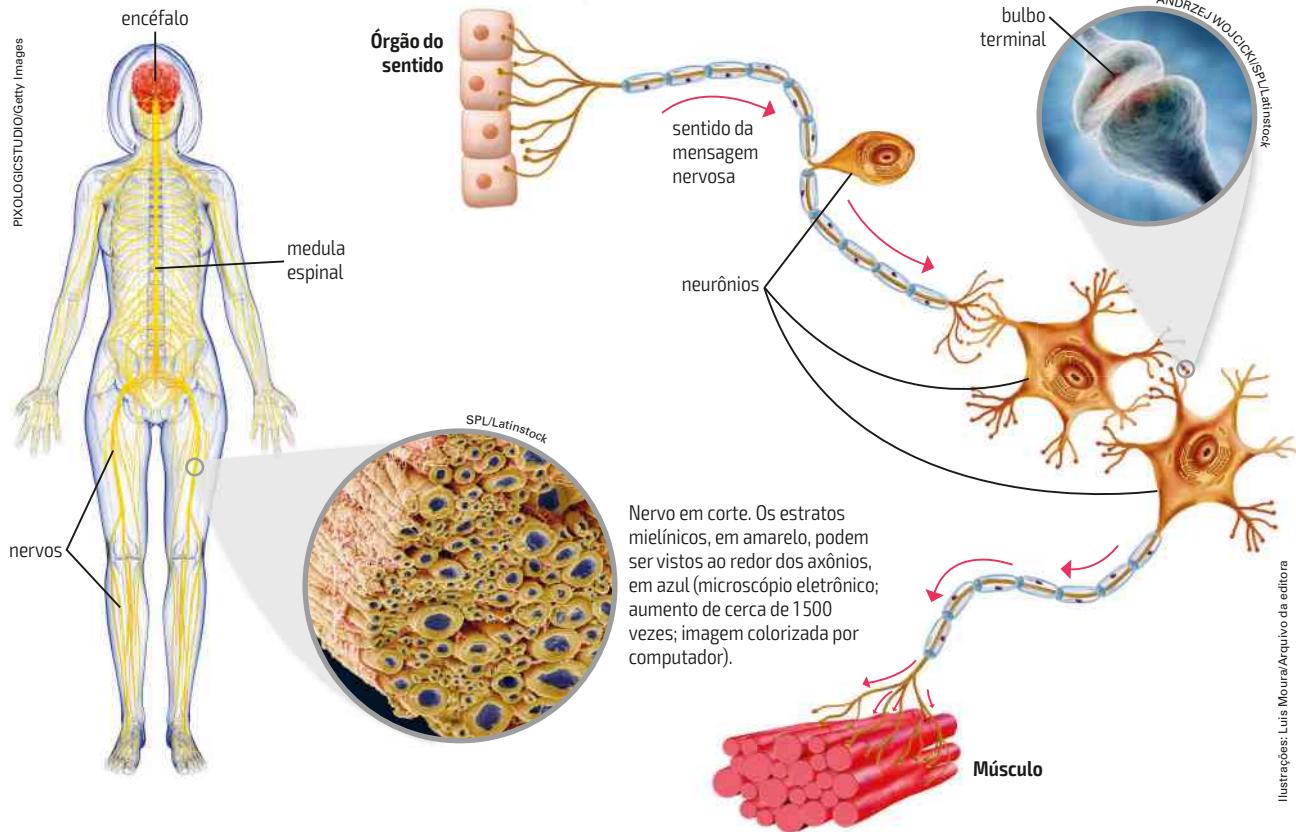


Figura 18.1 Esquema simplificado da organização do sistema nervoso (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; um axônio tem entre 0,2 µm e 20 µm de diâmetro e de frações de milímetro até cerca de 1 metro de comprimento, e os corpos celulares têm cerca de 4 µm a 100 µm de diâmetro; cores fantasia).

O corpo celular possui muitos ribossomos livres, além de complexo golgiense e retículo granuloso bem desenvolvidos. As proteínas sintetizadas no retículo podem migrar para o axônio, substituindo as proteínas gastas. As novas proteínas são utilizadas também na regeneração dos prolongamentos dos neurônios, o que pode acontecer (dentro de certos limites) se o corpo celular não estiver danificado.

A maioria dos axônios é envolvida pelas **células de Schwann**, que recebem esse nome em homenagem ao fisiologista alemão Theodor Schwann (1810-1882). Pela nova terminologia, essas células são chamadas **neurolemócitos** ('célula do neurilema'). Os neurolemócitos se enrolam várias vezes em volta do axônio, depositando diversas camadas de membrana plasmática e formando o **estrato mielínico** (ou

bainha de mielina, pela terminologia anterior; **figura 18.2**). Nessa bainha há um lipídio que funciona como isolante elétrico e que aumenta a velocidade de condução do impulso nervoso. Entre as células de Schwann há espaços sem mielina, denominados **nós neurofibrosos (nódulos de Ranvier)**. O conjunto formado pelo axônio e pelas células que o envolvem é chamado **neurofibra** (ou fibra **nervosa**).

As células de Schwann (neurolemócitos) fazem parte de um grupo de células chamadas **gliócitos**, **células da glia** ou **células gliais** (do grego *glia* = cola, liga). Embora não conduzam mensagens nervosas, os diversos tipos de células da glia exercem funções variadas: sintetizam substâncias nutritivas e mielina, além de participar do sistema de defesa, fagocitando germes.

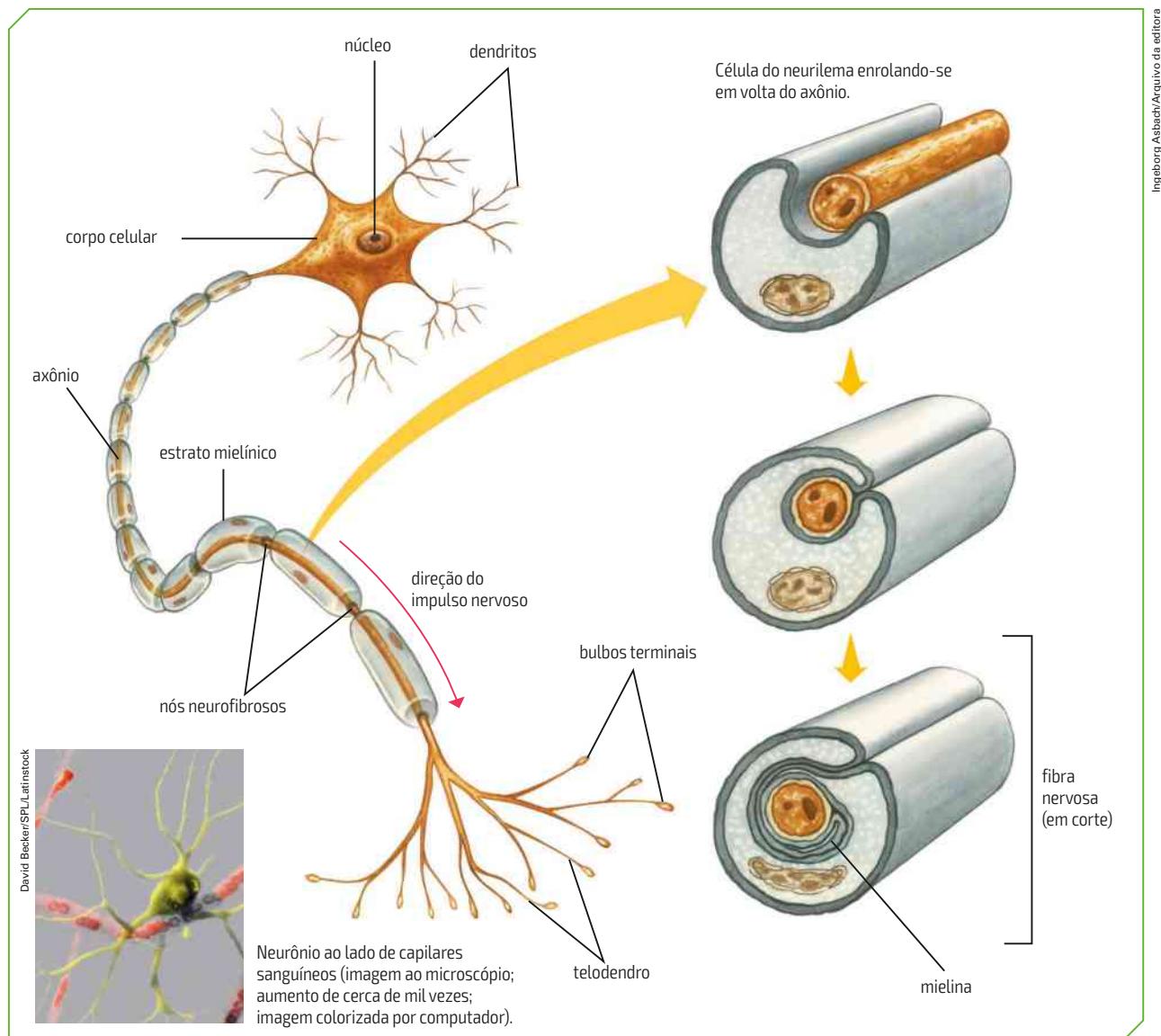


Figura 18.2 Estrutura do neurônio e formação do estrato mielínico (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia).



Números em revisão

[...] Hoje se sabe [...] que há 86 bilhões de neurônios no cérebro humano, e não os 100 bilhões de que se falava anos atrás. Também se pode afirmar com mais segurança que esses neurônios estão acompanhados de 85 bilhões de células da glia, o outro tipo de célula que compõe o cérebro. Um número bem inferior ao trilhão anunciado antes.

Não são apenas detalhes. Verificar com mais exatidão quantas são e onde estão as células cerebrais é importante para compreender como o cérebro funciona e tentar conhecer as estratégias adotadas pela natureza para construir um órgão tão complexo que, no caso humano, permitiu surgir a mente autoconsciente. Também pode ajudar a identificar características que distinguem um cérebro normal de outro doente. [...]

A contagem das células revelou que o cérebro humano tem, em média, 86 bilhões de neurônios. Esse número é 14% menor que o estimado antes e próximo ao proposto em 1988 por Karl

Herrup, da Universidade Rutgers. "Há quem diga que a diferença é pequena, mas discordo", diz Suzana [Herculano-Houzel, neurocientista]. "Ela corresponde ao cérebro de um babuíno ou a meio cérebro de um gorila, um dos primatas evolutivamente mais próximos dos seres humanos", explica a neurocientista, chefe do Laboratório de Neuroanatomia Comparada do ICB-UFRJ.

[...] Assim como nos roedores, a maior parte desses neurônios não está no cérebro, mas no cerebelo. O cérebro – mais especificamente o córtex cerebral, até pouco tempo atrás considerado o principal responsável por funções cognitivas como atenção, memória e linguagem – é a parte do encéfalo que mais se agigantou ao longo da evolução. No caso humano, tem 1 200 gramas e ocupa mais da metade do crânio, mas abriga apenas 16 bilhões de neurônios. Já o cerebelo, com seus 150 gramas, tem 69 bilhões. [...]

Revista Fapesp. Números em revisão. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/02/23/n%C3%BAmeros-em-revis%C3%A3o/>>.
Acesso em: 8 out. 2015.

2 Impulso nervoso

Os animais são capazes de captar estímulos do ambiente através de estruturas especiais chamadas **receptores**. Para cada forma de energia, há um receptor adequado: os olhos captam apenas luz; as orelhas reagem apenas às ondas sonoras. Contudo, qualquer que seja o receptor, sempre há em seu interior terminações nervosas (dendritos) e, por mais diversos que sejam os estímulos, todos têm uma única função: disparar o impulso nervoso.

Vejamos como é a sequência desse processo.

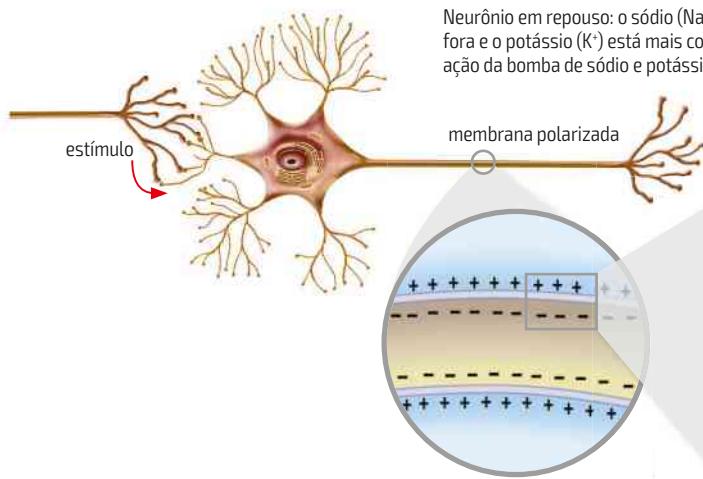
Como vimos no estudo da membrana plasmática, a bomba de sódio e potássio é responsável pela diferença de concentração desses íons dentro e fora da célula. Há trinta vezes mais íons potássio dentro da célula que fora dela e quinze vezes mais íons sódio fora que dentro.

Como a quantidade de íons sódio fora da célula é maior que a de íons potássio em seu interior, a face

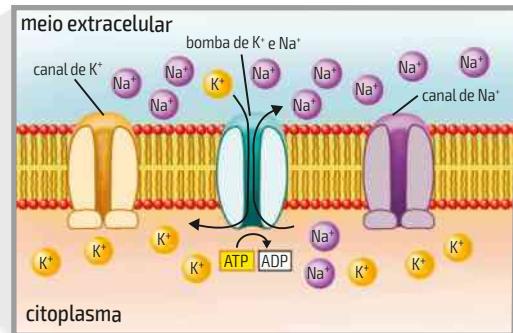
externa da membrana apresenta carga positiva e a interna, com maior concentração de íons fosfato, bicarbonato e proteínas, negativa (**figura 18.3**). Por causa dessa diferença, a membrana fica polarizada, com diferença de potencial – **potencial de repouso** – de cerca de 70 milivolts (mV). A diferença de potencial é uma grandeza estudada em Física. Ela surge quando há uma distribuição desigual de cargas elétricas, como ocorre na membrana do neurônio. Esse é um exemplo de como a Física nos ajuda a compreender importantes fenômenos biológicos.

Quando a membrana do neurônio é atingida por um estímulo de natureza química, elétrica ou mecânica, com um mínimo de intensidade, os canais (formados por proteínas da membrana) que estavam fechados para a passagem de íons sódio se abrem. Com isso, a membrana torna-se mais permeável a esses íons, que passam a entrar na célula por difusão, com velocidade maior que a dos íons lançados para fora pela bomba de sódio (**figura 18.3**).

1 Neurônio em repouso

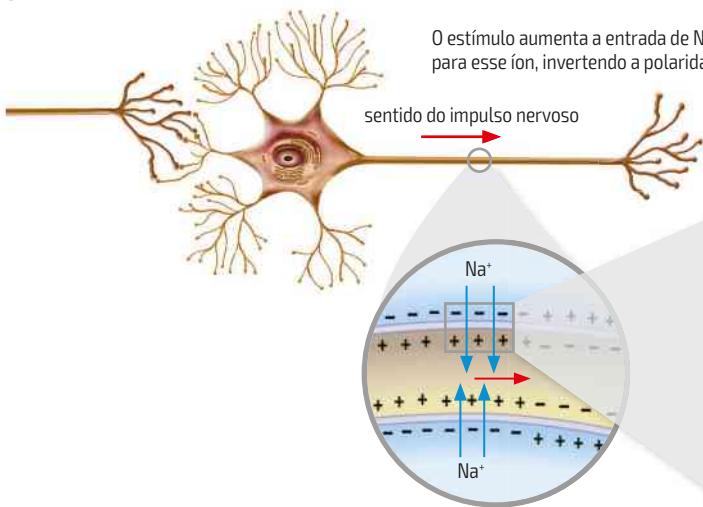


Neurônio em repouso: o sódio (Na^+) está mais concentrado fora e o potássio (K^+) está mais concentrado dentro devido à ação da bomba de sódio e potássio.

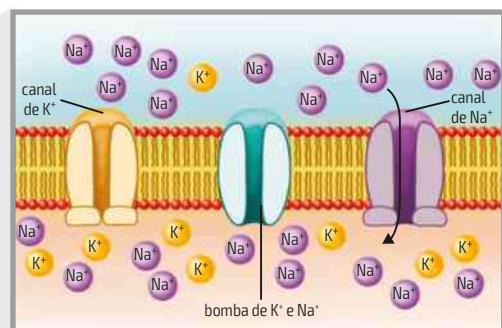


Ilustrações: Luis Moura/Arquivo da editora

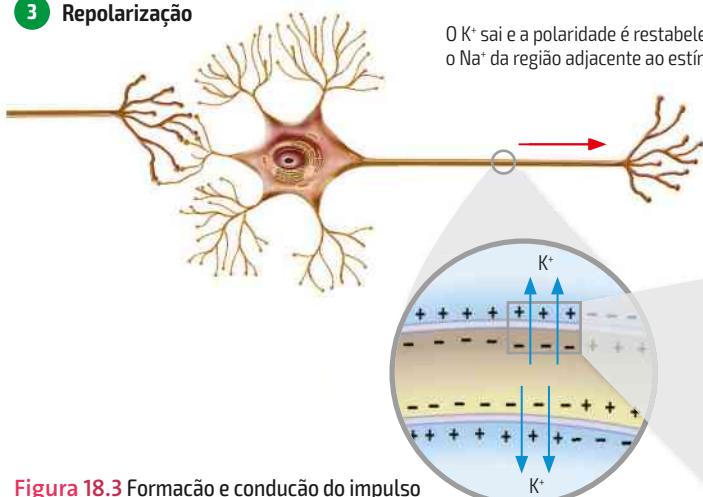
2 Despolarização



O estímulo aumenta a entrada de Na^+ através dos canais específicos para esse íon, invertendo a polaridade (despolarização).



3 Repolarização



O K^+ sai e a polaridade é restabelecida (repolarização); o Na^+ da região adjacente ao estímulo entra na célula.

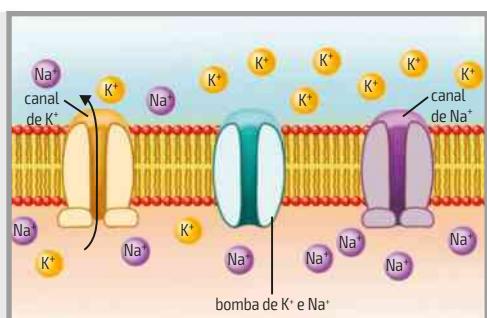


Figura 18.3 Formação e condução do impulso nervoso. (O diâmetro do axônio varia entre 0,2 μm e 20 μm ; os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

A entrada de sódio provoca inversão da carga elétrica na membrana que, então, fica negativa por fora e positiva por dentro. A diferença de potencial agora é de cerca de 35 mV. Dizemos que houve despolarização da membrana.

Essa alteração da carga elétrica – chamada **potencial de ação** – não se restringe à região estimulada do neurônio. Ela se propaga ao longo dele a uma velocidade entre 15 m/s e 120 m/s, dependendo do tipo de neurônio. Tal sequência de trocas de cargas elétricas propagando-se pelo neurônio constitui o impulso nervoso.

Logo após a entrada de sódio na célula, os canais de sódio se fecham e os de potássio se abrem. Assim, a membrana torna-se mais permeável ao íon potássio, que sai da célula, e volta a ficar positiva na face externa e negativa na interna. A diferença de potencial retorna aos 70 mV. Portanto, a saída de potássio provoca a **repolarização** da membrana, ou seja, restabelece a polaridade e o potencial originais. Desse modo, o neurônio torna-se apto a conduzir um novo impulso nervoso.

Alguns anestésicos, como a xilocaína, fecham os canais de sódio e potássio da membrana. Com isso, o impulso nervoso não se forma e a dor não é transmitida.

A velocidade de condução do impulso nervoso é maior nos axônios com estrato mielínico, como ocorre na maioria dos axônios de vertebrados, nos quais pode chegar a 120 m/s. Isso porque a mielina é um eficiente isolante elétrico, que não permite a troca de cargas elétricas entre o líquido extracelular e a

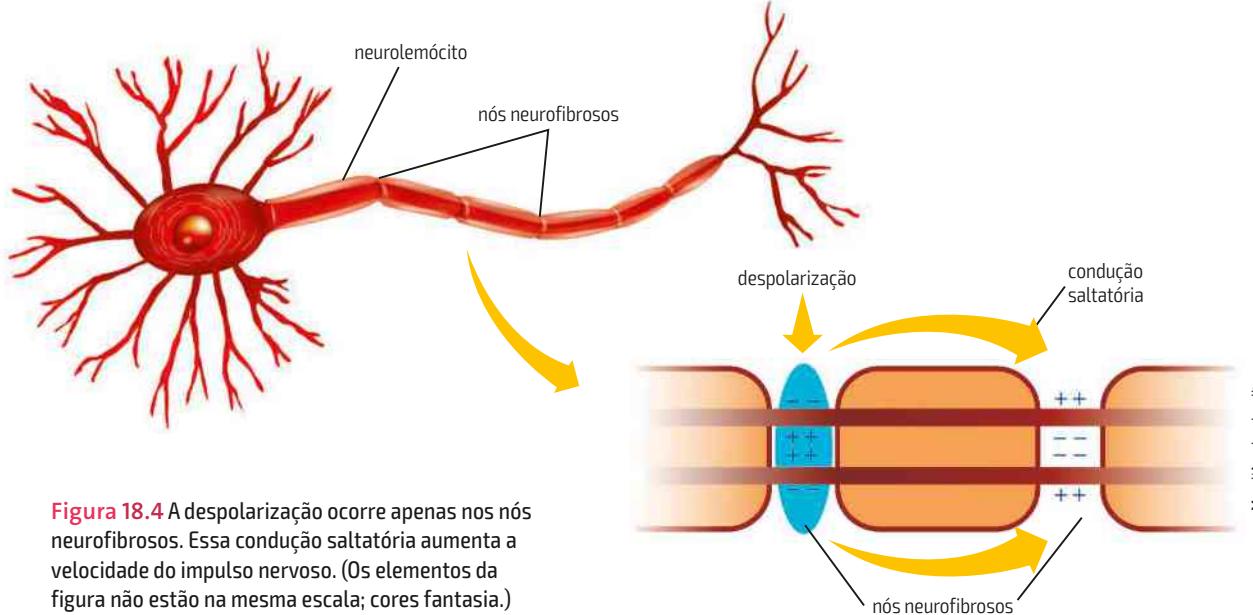
célula. Essa troca ocorre apenas nos nós neurofibrosos. Por isso, a condução é dita **saltatória** (figura 18.4).

Nos invertebrados, a condução pelos axônios (que não apresentam mielina) é contínua e mais lenta: cerca de 0,5 m/s. Mas devemos lembrar que esses animais, em geral, são menores que os vertebrados.

A entrada de sódio e a saída de potássio demoram em torno de 2 milésimos de segundo. Durante esse período, chamado **período refratário**, o neurônio não pode receber outros estímulos. Se um estímulo suceder outro em um intervalo menor que esse período, ele não deflagrará nenhum impulso nervoso.

Só estímulos com intensidade mínima, denominada **limiar excitatório**, podem provocar impulsos. Se o estímulo for muito fraco, com intensidade menor que o limiar excitatório, não haverá impulso nervoso. Acima do limiar, o potencial de ação será sempre o mesmo, qualquer que seja a intensidade do estímulo. Isso quer dizer que o neurônio obedece à lei ou princípio do tudo ou nada, isto é, ou o neurônio responde ao estímulo com capacidade máxima ou não há resposta.

Como o organismo distingue um estímulo forte (uma pancada) de um fraco (um leve toque)? Quando o estímulo é fraco, o número de neurônios estimulados é menor que quando o estímulo é forte. Além disso, o tempo de duração do estímulo forte é maior, o que aumenta a frequência de impulsos enviados ao cérebro.



Masp/Arquivo da editora

3 Passagem do impulso entre neurônios

Cada neurônio do cérebro humano está ligado a centenas ou milhares de outros. O ponto de contato entre dois neurônios, chamado **sinapse** (do grego *syn* = união; *apsein* = ato de tocar), é formado pela união entre o axônio de um neurônio e os dendritos ou o corpo celular de outro. Examinando a sinapse ao microscópio eletrônico, pode-se ver um pequeno espaço (**fenda sináptica**), de cerca de 30 nm, entre o axônio e os dendritos. Não há, portanto, continuidade anatômica entre os neurônios (figura 18.5).

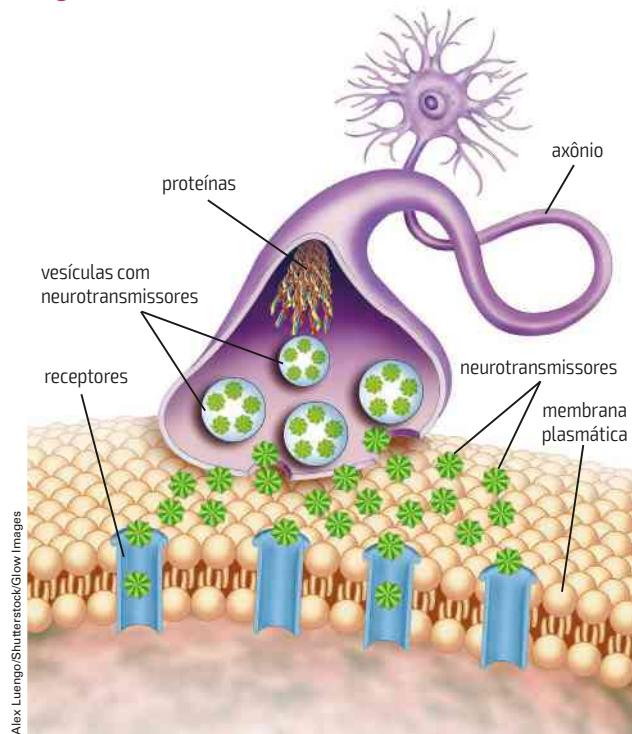


Figura 18.5 Condução do impulso nervoso pela sinapse. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Ao atingir as ramificações finais do axônio, o impulso nervoso provoca o esvaziamento (exocitose) de várias vesículas sinápticas, com a liberação de **neurotransmissores** (também chamados mensageiros químicos, mediadores químicos ou neuro-hormônios), substâncias químicas que se difundem pela sinapse e se ligam a proteínas da membrana (receptores) de outro neurônio (figura 18.6). A membrana torna-se mais permeável ao sódio e surge assim um potencial de ação, que se propaga pelo neurônio estimulado. Cerca de 2 a 3 milissegundos

depois, essas substâncias são destruídas por enzimas ou reconduzidas para o interior do neurônio que as liberou, fazendo cessar o estímulo.

Já se conhecem centenas de neurotransmissores; dentre eles, acetilcolina, adrenalina, noradrenalina, dopamina, serotonina, ácido gama-aminobutírico.

Como os mediadores químicos estão acumulados somente no final do axônio, a sinapse faz com que o impulso nervoso ao longo do neurônio siga um caminho único: entra pelo dendrito, passa para o corpo celular e sai pelo axônio.

Alguns neurônios conduzem o impulso até o músculo através da junção mioneural ou placa motora, na qual, da mesma forma que nas sinapses entre neurônios, são liberados mediadores químicos que desencadeiam a contração muscular. Processo semelhante ocorre entre os neurônios e as glândulas, que respondem secretando substâncias.

Na realidade, os neurotransmissores podem estimular ou inibir neurônios. Inibindo, facilitam a saída do potássio, tornando o neurônio mais polarizado e menos excitável. Como cada neurônio recebe mensagens de centenas de outros neurônios, a resposta final depende do somatório desses impulsos: se a soma total fornecer um estímulo igual ou maior que o limiar excitatório, o impulso nervoso será deflagrado.

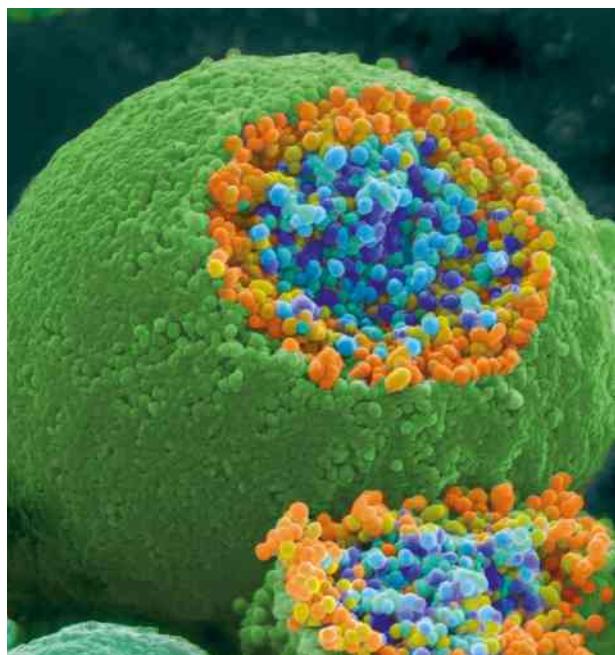


Figura 18.6 Porção final de um neurônio (bulbo terminal) aberto, revelando uma grande quantidade de vesículas (laranjas e azuis) que contêm neurotransmissores (microscópio eletrônico; aumento de 20 mil vezes; imagem colorizada por computador).



ATENÇÃO

Para mais informações,
procure orientação médica.

Problemas que afetam os neurotransmissores

Algumas doenças podem afetar os neurotransmissores. O botulismo, por exemplo, é uma intoxicação grave provocada pela bactéria *Clostridium botulinum*, que pode se desenvolver em alimentos enlatados. A bactéria produz uma toxina que impede a liberação de um neurotransmissor e consequentemente impede que o músculo se contraia. Há uma fraqueza muscular progressiva, que pode culminar em paralisia do diafragma e morte.

Para evitar o botulismo, os alimentos devem ser preparados e conservados adequadamente. Não se deve consumir alimentos com cheiro estranho ou que estejam enlatados em embalagens em mau estado de conservação ou estufadas.

O tétano é outra doença infecciosa que afeta os neurotransmissores. O tétano é causado pela bactéria *Clostridium tetani*, que pode penetrar no organismo por ferimentos na pele. A bactéria produz uma enzima que bloqueia a liberação de mensageiros químicos.

A doença de Huntington, também chamada coreia de Huntington, tem esse nome devido ao médico estadunidense George Huntington, que a descreveu em 1872. O termo "coreia" vem da

palavra grega para "dança", referindo-se aos movimentos involuntários e anormais que aparecem na doença.

Trata-se de uma doença hereditária rara que começa a mostrar os primeiros sintomas entre os 35 e os 50 anos, provocando degeneração progressiva do sistema nervoso, com perda de controle dos movimentos dos membros, dificuldade de fala, perda de memória e outros problemas. Isso acontece devido à destruição de neurônios de partes do cérebro que produzem o neurotransmissor GABA. Há medicamentos que diminuem os sintomas, mas não há cura.

Na doença de Parkinson, descrita inicialmente em 1817 pelo médico inglês James Parkinson (1755-1824), ocorre a degeneração progressiva de neurônios de uma região do cérebro que produz o mediador químico dopamina e que controla os movimentos e o equilíbrio. Assim, a doença provoca rigidez muscular ou tremores que dificultam a realização de movimentos voluntários. Há medicamentos que trazem a melhora dos sintomas, além da estimulação elétrica de alta frequência, por meio de eletrodos implantados no cérebro (**figura 18.7**).



Figura 18.7 Implante cerebral para tratamento da doença de Parkinson (fio claro; imagem por ressonância magnética em 3D; colorizada por computador; aplicada sobre radiografia de crânio). No detalhe, James Parkinson.

4

Arcos reflexos

Nos animais, os estímulos do ambiente são captados pelos órgãos sensoriais. Neles há dendritos de neurônios especiais – os **neurônios sensitivos** ou **aferentes** –, que recebem os estímulos e os transformam em impulsos nervosos.

Entretanto, apenas a captação de estímulos não é suficiente. Os organismos também devem ser capazes de emitir alguma resposta. Para que isso ocorra, o **neurônio sensitivo** leva o impulso até o **neurônio associativo** (ou **interneurônio**) no cérebro ou na medula. Daí, o impulso passa para outro neurônio – o **neurônio motor** ou **eferente**, que leva a resposta até um órgão efetor, representado por um músculo ou uma glândula (figura 18.8). Esse encadeamento de neurônios – chamado **arco reflexo** – é a base dos **atos reflexos**, respostas automáticas e involuntárias a certos estímulos.

Para testar nossos reflexos, por exemplo o do joelho (reflexo patelar), em geral os médicos dão uma pequena batida com um martelinho de borracha logo abaixo do joelho. Essa pancada comprime um tendão e provoca um ligeiro estiramento em um músculo, estimulando as terminações nervosas de um neurônio sensitivo, que leva o impulso até a medula. Nesta, o impulso passa para o neurônio motor e é levado até

o músculo, fazendo com que se contraia. Essa contração provoca na perna um movimento semelhante ao de um pontapé (figura 18.9). Nesse reflexo, há apenas dois neurônios encadeados, formando um **arco reflexo simples**. Em todos os outros, entre os neurônios sensitivo e motor há um ou mais neurônios associativos.

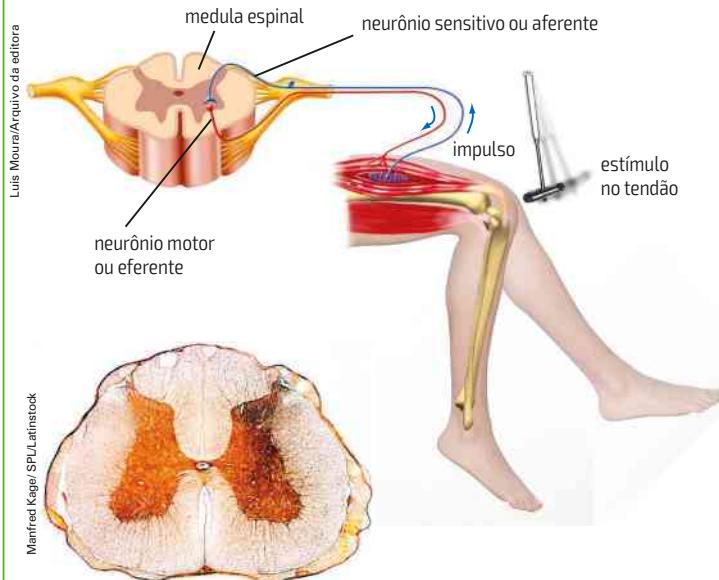


Figura 18.9 Representação de um arco reflexo simples (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, medula espinal vista em corte (microscópio óptico; aumento de cerca de 15 vezes; com uso de corantes) mostrando a substância cinzenta (no interior, região avermelhada onde ficam os corpos celulares dos neurônios), e a substância branca, com concentração de fibras.

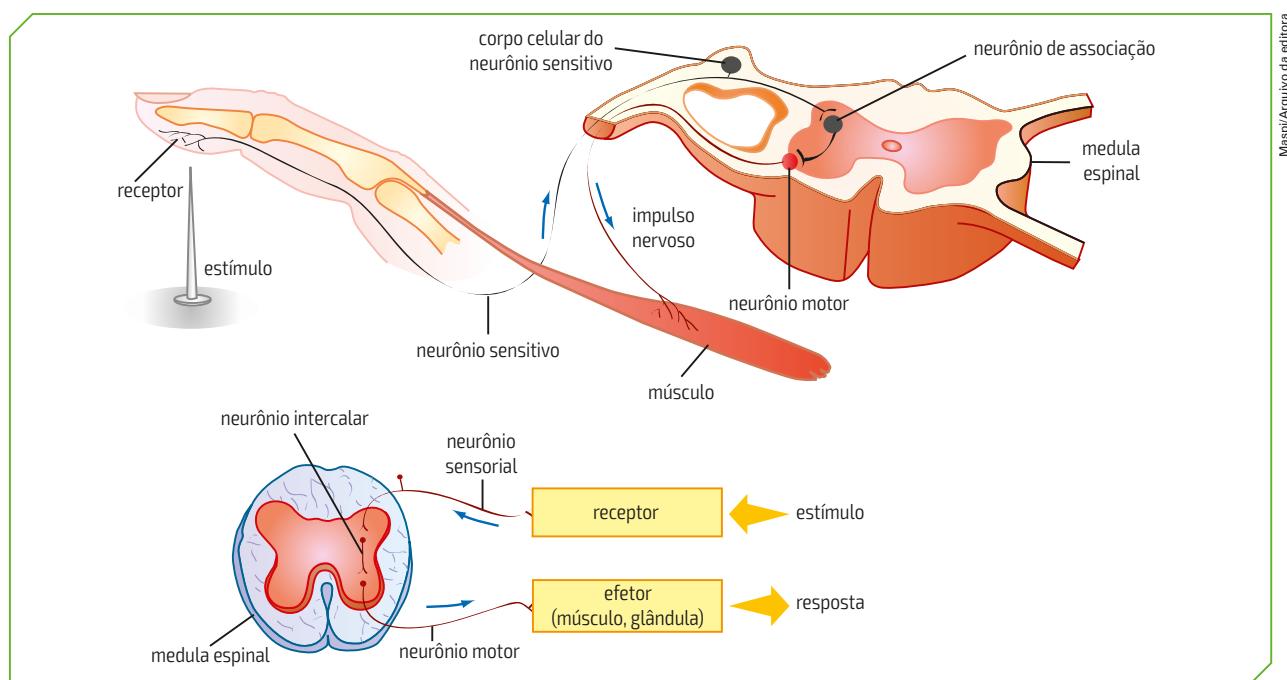


Figura 18.8 Esquemas do arco reflexo. (Um axônio tem entre 0,2 µm e 20 µm de diâmetro e de frações de milímetro até cerca de 1 m de comprimento; os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)



O álcool e os reflexos

O consumo de álcool diminui os reflexos e prejudica a coordenação motora de uma pessoa, além de poder provocar sonolência. Por isso, é muito perigoso dirigir veículos sob o efeito dessa substância. Essa mistura de álcool e direção é uma das principais causas dos acidentes com veículos. Estudos revelam que, do total de acidentes de trânsito que resultam em internação ou morte, entre 30% e 50% foram provocados por motoristas que consumiram álcool antes de dirigir.

Por causa disso, pessoas que dirigem depois de beber estão sujeitas às punições da lei. A partir de dezembro de 2012, a chamada "lei seca" determina que é crime "conduzir veículo automotor com capacidade psicomotora alte-

rada em razão da influência de álcool ou de outra substância psicoativa que determine dependência". Isso significa que o limite de 6 dg/L (decigramas por litro) de álcool no sangue, geralmente determinado pelo uso do bafômetro, passou a ser apenas uma das formas de comprovar embriaguez. Outros sinais que indiquem embriaguez, como a coordenação motora e o equilíbrio comprometidos, também podem ser usados como prova da contravenção.

Além do risco de detenção, a multa para os infratores dobra em caso de reincidência no período de um ano. O veículo é retido até a apresentação de um condutor habilitado.

Atividades

1. Por que se pode dizer que, na maioria dos casos, não há um verdadeiro contato entre dois neurônios?
2. Explique as seguintes afirmações com relação aos impulsos nervosos.
 - a) A passagem do impulso nervoso ao longo de um neurônio é um fenômeno elétrico.
 - b) Entre dois neurônios, a passagem do impulso é um fenômeno químico.
3. O curare, veneno que algumas populações indígenas usam em suas flechas, bloqueia os receptores de acetilcolina na membrana das células dos músculos esqueléticos, impedindo a passagem do impulso nervoso para esses músculos. Por que uma pessoa envenenada por curare acaba morrendo por asfixia?
4. A ilustração abaixo mostra partes de dois neurônios. Com os conhecimentos adquiridos neste capítulo, responda:

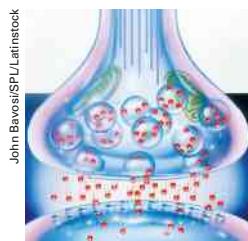


Figura sem escala.
Cores fantasia.

- a) A que correspondem as esferas vermelhas? Qual a sua função?
 - b) A parte de cima corresponde a que região do neurônio? Justifique sua resposta.
 - c) Como se chama esse ponto de encontro entre dois neurônios?
5. Nesta Unidade, você conheceu os tecidos que formam o corpo. Entre eles, encontram-se os tecidos epitelial, conjuntivo propriamente dito, adiposo, ósseo, muscular, nervoso e a cartilagem. Agora, no caderno, indique a qual tecido as características abaixo se referem:
 - a) Funciona como uma primeira barreira contra a penetração de microrganismos.
 - b) Têm a capacidade de se contrair.
 - c) Funciona como proteção contra o frio, dificultando a troca de calor pela pele.
 - d) Funciona como ponto de apoio para os músculos que movimentam o corpo.
 - e) Comanda a contração dos músculos.
 - f) Está localizado logo abaixo da epiderme.
 - g) Reveste o corpo e absorve alimentos no intestino.
 - h) É o principal tecido encontrado no cérebro.
 - i) Nas células desse tecido há vários prolongamentos, mas, em geral, um deles é mais longo que os outros.
 - j) Suas células estão bem unidasumas às outras e quase não há substância intercelular entre elas.

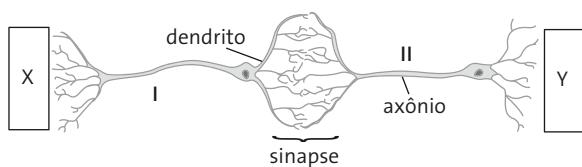


ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

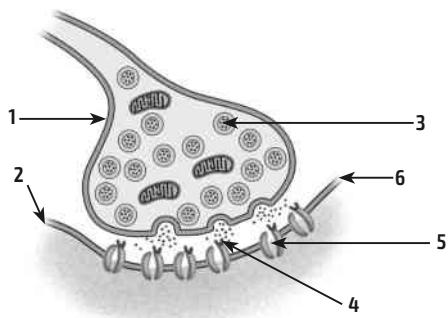
- k) É um tipo de tecido que acumula gordura.
 l) A substância intercelular é rica em sais de cálcio.
 m) Está relacionado com a capacidade de memorizar um número de telefone.
 n) Sustenta várias partes do sistema respiratório e possui substância intercelular flexível.

6. A fenda sináptica é muito importante na transmissão do impulso nervoso. Explique por quê.

7. (Fuvest-SP) O esquema abaixo representa dois neurônios contíguos (I e II) no corpo de um animal e sua posição em relação a duas estruturas corporais identificadas por X e Y.



- a) Tomando-se as estruturas X e Y como referência, em que sentido se propagam os impulsos nervosos através dos neurônios I e II?
 b) Considerando que, na sinapse mostrada, não há contato físico entre os dois neurônios, o que permite a transmissão do impulso nervoso entre eles?
 c) Explique o mecanismo que garante a transmissão unidirecional do impulso nervoso na sinapse.
- 8.** (UFPE) Na figura ilustra-se uma sinapse nervosa, região de interação entre um neurônio e uma outra célula.



- Com relação a esse assunto, é **incorreto** afirmar que:
- a) A fenda sináptica está compreendida entre a membrana pré-sináptica do neurônio (1) e a membrana pós-sináptica da célula estimulada (2).
 b) Na extremidade do axônio existem vesículas sinápticas (3), que contêm substâncias como a acetilcolina e a noradrenalina.
 c) Os neurotransmissores liberados pelo axônio ligam-se a moléculas receptoras (4) na membrana pós-sináptica.

- d) Canais iônicos (5), na membrana pós-sináptica, permitem a entrada de íons Na^+ na célula.
 e) A passagem do impulso nervoso pela sinapse é um fenômeno físico-químico; depende do número de vesículas.

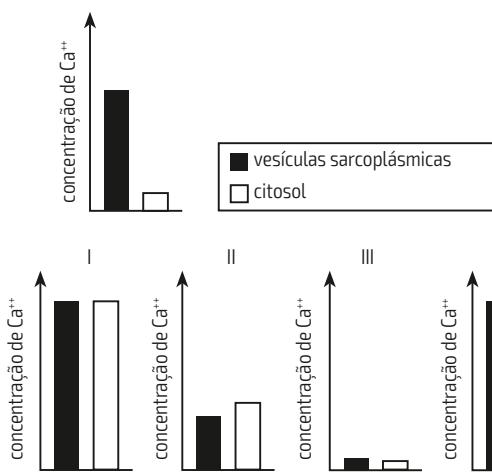
9. (Mack-SP) Alguns tipos de drogas, utilizadas no tratamento da esquizofrenia, agem bloqueando os receptores de dopamina, um tipo de neurotransmissor, nas sinapses.

- A respeito desse bloqueio, é correto afirmar que
- a) ocorre no axônio de um neurônio.
 b) provoca a destruição dos neurotransmissores.
 c) como consequência, não há impulso nervoso no neurônio pós-sináptico.
 d) atrasa a condução de um impulso ao longo de um neurônio.
 e) provoca a diminuição permanente da produção de ATP no neurônio pós-sináptico.

10. (Uerj) O aldicarb, conhecido popularmente como chumbinho, é uma substância de alta toxicidade, derivada do ácido carbâmico. Ele age inibindo a acetilcolinesterase, enzima que, hidrolisando o mediador químico acetilcolina, desempenha um papel importante no processo de transmissão do impulso nervoso em sinapses como as encontradas nas junções neuromusculares.

Observe a concentração de Ca^{++} medida em dois compartimentos de células musculares, em repouso, na ausência de aldicarb.

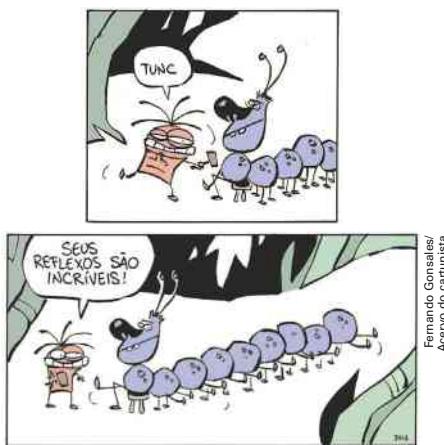
Nos gráficos I a IV, representados a seguir na mesma escala, observe algumas alterações na concentração de Ca^{++} nesses compartimentos:



O gráfico que mostra a ação do aldicarb, logo após sua penetração na junção neuromuscular, é o de número:

- a) I
 b) II
 c) III
 d) IV

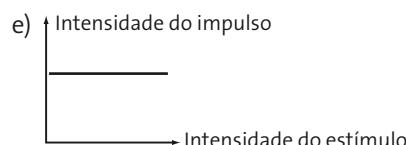
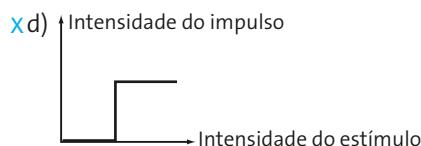
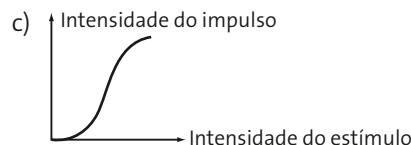
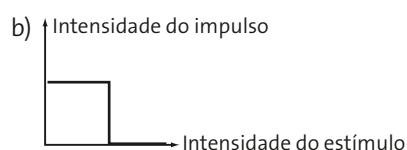
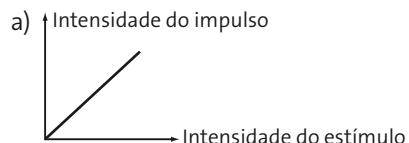
11. (PUC-SP)



O que é mostrado na tira, de forma espirituosa, é conhecido em humanos por reflexo patelar, sendo testado por um médico ao bater com um martelo no joelho de uma pessoa. Esse reflexo envolve

- a) um neurônio sensitivo que leva o impulso até a medula espinal, onde se conecta com um neurônio motor, que conduz o impulso até o órgão efetuador.
- b) vários neurônios sensitivos, que levam o impulso até a medula espinal, onde fazem conexão com inúmeros neurônios, que levam o impulso até o órgão efetuador.
- c) um neurônio sensitivo, que leva o impulso até o lobo frontal do cérebro, onde faz conexão com um neurônio motor, que conduz o impulso até o órgão efetuador.
- d) um neurônio sensitivo, vários neurônios medulares e um neurônio motor localizado no lobo frontal do cérebro.
- e) vários neurônios sensitivos localizados na medula espinal, onde se conectam com neurônios motores, que levam o impulso nervoso ao cérebro e, posteriormente, até o órgão efetuador.

12. (UFSC) Qual dos gráficos abaixo melhor representa a resposta de um único neurônio à variação da intensidade do estímulo sobre ele praticado?



13. (UFPE) No estudo da histologia animal, é muito importante conhecer as características das células. Assinale a alternativa que indica corretamente os tecidos em que as células descritas em 1, 2 e 3 são encontradas, nesta ordem.

Tecido	Características
1	células grandes, nucleadas, de formato irregular e que apresentam grande capacidade de fagocitar, sendo importantes no combate a elementos estranhos ao corpo.
2	células longas, com muitos núcleos dispostos na periferia e que apresentam estrias longitudinais e transversais, com disposição regular.
3	células que permitem ao organismo responder a alterações do meio e que apresentam um corpo celular de onde partem dois tipos de prolongamentos.

- a) conjuntivo, muscular estriado esquelético e nervoso.
- b) sanguíneo, muscular liso e ósseo.
- c) epitelial, muscular cardíaco e nervoso.
- d) epitelial glandular, muscular estriado esquelético e hematopoietico.
- e) conjuntivo frouxo, muscular cardíaco e conjuntivo reticular.

- 14.** (Enem) A cafeína atua no cérebro, bloqueando a ação natural de um componente químico associado ao sono, a adenosina. Para uma célula nervosa, a cafeína se parece com a adenosina e combina-se com seus receptores. No entanto, ela não diminui a atividade das células da mesma forma. Então, ao invés de diminuir a atividade por causa do nível de adenosina, as células aumentam sua atividade, fazendo com que os vasos sanguíneos do cérebro se contraiam, uma vez que a cafeína bloqueia a capacidade da adenosina de dilatá-los. Com a cafeína bloqueando a adenosina, aumenta a excitação dos neurônios, induzindo a hipófise a liberar hormônios que ordenam às suprarrenais que produzam adrenalina, considerada o hormônio do alerta.

Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br>>. Acesso em: 23 abr. 2010 (adaptado).

Infere-se do texto que o objetivo da adição de cafeína em alguns medicamentos contra a dor de cabeça é

- x a) contrair os vasos sanguíneos do cérebro, diminuindo a compressão sobre as terminações nervosas.
- b) aumentar a produção de adrenalina, proporcionando uma sensação de analgesia.
- c) aumentar os níveis de adenosina, diminuindo a atividade das células nervosas do cérebro.
- d) induzir a hipófise a liberar hormônios, estimulando a produção de adrenalina.
- e) excitar os neurônios, aumentando a transmissão de impulsos nervosos.

Atividade prática

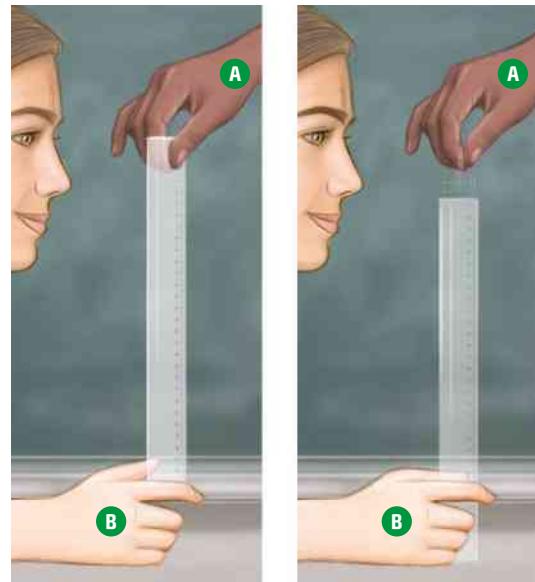
Veja este experimento para testar o tempo de reação das pessoas. Em duplas, façam o que se pede.

Um de vocês (pessoa A), em pé, segura uma régua de 25 cm a 30 cm por uma das extremidades, verticalmente, com o zero da régua voltado para baixo. O outro (pessoa B), sentado, deve manter o polegar e o indicador de uma das mãos esticados (com os demais dedos fechados), envolvendo, sem segurar, a outra extremidade da régua. Vejam a figura.

Então, de repente e sem avisar, a pessoa A solta a régua. A pessoa B deve fechar os dedos o mais rapidamente possível para tentar segurar a régua. A pessoa A anota em que ponto a pessoa B conseguiu segurar a régua.

Depois, troquem de posição e repitam os procedimentos. Em seguida, respondam:

- a) Em que ponto da régua cada um de vocês conseguiu segurá-la? O que esse ponto indica?
- b) Por que existe um tempo de reação entre a percepção de que a régua está caindo e o ato de segurá-la?



Mauro Nakata/Arquivo da editora

Sugestões de aprofundamento

Para ler:

- **Sexo, sexualidade e doenças sexualmente transmissíveis.** Ruth de Gouvêa Duarte. 6. ed. São Paulo: Moderna, 1997.

Para acessar:

- **Aids:** <www.aids.gov.br>
- **Anticoncepção de emergência:** <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/anticoncepcao_emergencia_perguntas_respostas_2ed.pdf>

- **Doenças sexualmente transmissíveis:** <www.dive.sc.gov.br/conteudos/publicacoes/manuais_cartilhas/Cartilha_de_DST.pdf>

Acesso em: 17 mar. 2016.

Para assistir

- **Meu país.** André Ristum. Brasil, 2011. 90 minutos. Personagens com uma vida convencional se deparam com a realidade de ter um parente em uma clínica psiquiátrica.

UNIDADE

5

Origem e história da vida

Como a vida surgiu em nosso planeta é uma questão intrigante, a que a ciência tenta responder com base em dados de Astronomia, Física, Química, Geologia e Biologia. Até agora, esses estudos indicam que o Sistema Solar surgiu de uma imensa nuvem de gás e poeira que se condensou sob a ação da gravidade. A Terra e os outros planetas formaram-se há 4,6 bilhões de anos. De acordo com estudos feitos em fósseis, os mais antigos deles, de cianobactérias, datam de cerca de 3,5 bilhões de anos. Nesta Unidade vamos estudar as principais teorias sobre a origem e a história da vida.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



Goiaba com larvas de moscas (cerca de 9 mm de comprimento) em seu interior.

Talvez você já tenha encontrado goiabas como a da foto, com os chamados bichos-de-goiaba. São larvas que se desenvolvem a partir de ovos de certas espécies de moscas que são depositados na fruta. As larvas, assim como todos os seres vivos, originam-se sempre de outros seres vivos.

Mas já houve uma época, há bilhões de anos, em que não existia nenhum ser vivo no planeta. Então, como surgiram os primeiros seres vivos?



- ◆ Você já se perguntou como surgiu o primeiro ser vivo?
- ◆ De onde vêm as mosquinhos que aparecem em bananas e outras frutas?
- ◆ O que faz com que os alimentos estraguem?

1 Teoria da geração espontânea e biogênese

Parece evidente para nós que um ser vivo vem sempre de outros seres vivos. Basta observar cães, gatos e outros mamíferos ao nascer ou aves ao sair do ovo. Mas será que todos surgem assim?

Da Antiguidade até pelo menos o início do século XVII, acreditava-se que pequenos seres vivos, como moscas e girinos (larvas de sapos), podiam nascer da matéria sem vida, também chamada matéria bruta. Afinal, ninguém ainda havia observado o desenvolvimento desses animais a partir de seus ovos.

Às vezes observava-se que larvas de moscas apareciam em carne podre. Pensava-se, por exemplo, que pequenos vermes surgiam da carne em decomposição; que sapos e outros animais saíam da lama dos pântanos; e que lombrigas apareciam espontaneamente no intestino humano.

A ideia de que a vida pode surgir regularmente da matéria sem vida era conhecida como **teoria da abiogênese** (do grego *a* = sem; *bios* = vida; *genesis* = origem) ou **geração espontânea**.

Experiência de Redi

Um dos primeiros cientistas a questionar a teoria da geração espontânea foi o médico italiano Francesco Redi (1626-1698). Ele estava familiarizado com os trabalhos do médico inglês William Harvey (1578-1657),

que, estudando pequenos embriões de mamíferos, supôs que os animais pudessem surgir de ovos tão pequenos que não seriam visíveis a olho nu.

Em 1668, Redi reparou que pequenos seres semelhantes a vermes apareciam em lugares onde moscas voavam e pousavam, como a carne em decomposição. O italiano supôs, então, que esses "vermes" eram, na realidade, provenientes de ovos depositados pelas moscas adultas. Para testar sua hipótese, Redi colocou carne, peixe e outros materiais orgânicos em oito vidros: quatro cobertos com gaze e os outros abertos. O que você acha que deve ter acontecido?

Após alguns dias, surgiram larvas apenas nos vidros que não foram cobertos com gaze (**figura 19.1**). Se a presença de matéria orgânica fosse suficiente para a formação de larvas, elas deveriam ter surgido nos oito vidros.

O fato de Redi ter usado dois grupos de frascos idênticos, que diferiam apenas por um fator – o fechamento ou não do vidro –, permitiu a comparação dos dois grupos e a conclusão de que as larvas vieram de ovos depositados pelas moscas, e não da simples transformação da carne estragada.

O grupo de frascos abertos serviu de grupo de controle, e o grupo de frascos fechados é chamado grupo experimental: um grupo no qual se faz alguma alteração para testar uma hipótese.

Como vimos no Capítulo 2, a comparação entre duas situações caracteriza um experimento controlado, característica importante da pesquisa científica.



Figura 19.1 Experimento de Redi (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia).

Renascimento da teoria da geração espontânea

Francesco Redi generalizou suas conclusões afirmando que todos os seres vivos vêm sempre de outros seres vivos. Assim nascia a **teoria da biogênese**.

Já no século XVII, com a descoberta dos microrganismos, a teoria da abiogênese renasceu. Afirmava-se que os microrganismos recém-descobertos eram tão simples que poderiam surgir da matéria sem vida.

Em 1745, o naturalista inglês John Needham (1713-1781) estava fazendo vários experimentos para tentar entender a origem da vida. Em um deles, Needham aqueceu e fechou hermeticamente vários recipientes cheios de caldo de carne. Ele observou que, mesmo com os vidros fechados, se desenvolvia no caldo de carne um grande número de microrganismos (bactérias). Segundo ele, isso demonstrava a existência de geração espontânea.

Vários cientistas da época questionaram essa conclusão. Ainda no século XVIII, o padre italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799) achava que, como a temperatura dos frascos de Needham não era alta o suficiente, nem todos os microrganismos haviam sido destruídos e por isso voltavam a se proliferar depois de um tempo. Partindo dessa hipótese, Spallanzani ferveu por longo tempo caldo de carne em vários frascos e manteve alguns abertos, enquanto o restante foi lacrado logo depois da fervura. Ao final da experiência, ele demonstrou que os microrganismos só apareciam nos frascos abertos, pois vinham do ar, e não do líquido interno. Ainda assim, Spallanzani foi criticado por Needham, que argumentou que a fervura prolongada teria destruído um “princípio vital” que existia no caldo de carne e que era necessário para a formação de organismos por geração espontânea.

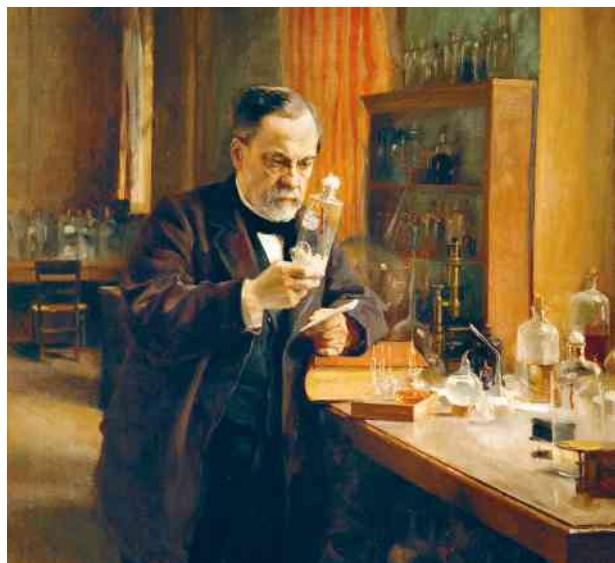
Até aquele momento, não se conseguia imaginar um experimento controlado no qual não houvesse interferência desses fatores: o ar e o princípio vital.

Experimento de Pasteur

Somente após mais de cem anos, em 1862, o cientista francês Louis Pasteur ([figura 19.2](#)) realizou um experimento que serviu de evidência importante contra a abiogênese. Ele ferveu caldo de carne em um vidro aberto – que deixava entrar o ar –, mas com o gargalo curvado em forma de S. O líquido permaneceu estéril (sem microrganismos) por muito tempo, pois, apesar de entrar ar, os microrganismos, vindos com o ar, ficavam depositados junto à poeira na curvatura do gargalo ([figura 19.2](#)).

Para demonstrar que a ausência de microrganismos não se devia à falta do suposto princípio vital, após alguns dias Pasteur quebrou o balão de ensaio de modo que o caldo estéril entrasse em contato com a poeira; depois de dezoito horas, o frasco estava cheio de bactérias.

As experiências de Pasteur e Redi deram apoio, portanto, à ideia da biogênese.



Erich Lessing/Album/Alamy Stock

Figura 19.2 Louis Pasteur (1822-1895) em seu laboratório. Abaixo, ilustração do experimento de Pasteur, que teve o objetivo de derrubar a ideia de que os microrganismos surgem por geração espontânea (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



2 Teoria de Oparin e Haldane

Todas as evidências apontavam na direção de que os seres vivos não surgem espontaneamente, mas sempre a partir de outros seres vivos. Então, como teria surgido a vida pela primeira vez?

Na década de 1930 dois cientistas, o russo Aleksandr I. Oparin (1894-1980) e o escocês John B. S. Haldane (1892-1964), trabalhando de forma independente, chegaram à mesma conclusão: nas condições da Terra primitiva, a vida poderia ter surgido da matéria sem vida. A partir de substâncias orgânicas, e ao longo de um grande período de tempo, teria se formado o primeiro ser vivo.

Com isso, eles não estavam defendendo que a abiogênese pudesse ocorrer nas condições atuais e com regularidade, como diziam os antigos defensores dessa teoria. Apenas em condições que não existem mais teria sido possível a formação de um ser vivo originado de matéria sem vida – e, mesmo assim, esse processo teria levado muitos milhões de anos para ocorrer.

A atmosfera primitiva e as primeiras moléculas orgânicas

Vulcões jorrando lava e gases; numerosos impactos de corpos sólidos, feitos de poeira cósmica e gelo, originados da formação do Sistema Solar; relâmpagos; radiações ultravioleta mais intensas que as atuais; e uma temperatura extremamente alta. Essas condições impediram a presença de vida na Terra por centenas de milhares de anos (**figura 19.3**).

Evidências geológicas, estudo comparado da atmosfera de outros planetas e análise química dos gases emitidos pelos vulcões atuais permitiram aos cientistas concluir que a atmosfera da Terra primitiva era composta de gases diferentes dos encontrados nela atualmente.

Figura 19.3 Ilustração da Terra primitiva, ainda sem vida. Podem ser vistos vulcões em erupção e meteoritos caindo sobre a Terra (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Júlio Dian/Arquivo da editora



Segundo Oparin, havia metano, amoníaco, hidrogênio e vapor de água. Observe que apenas quatro tipos de átomos constituem essas substâncias: carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio – justamente os elementos básicos da constituição de todos os seres vivos, como vimos nos capítulos anteriores.

Várias evidências indicam que o oxigênio livre estaria praticamente ausente da atmosfera primitiva (poderia haver uma quantidade muito pequena desse gás por causa da decomposição de moléculas de água pelos raios ultravioleta). Se estivesse presente em quantidades significativas desde o início, esse gás teria oxidado e destruído os primeiros compostos orgânicos, impedindo-os de se acumular e originar os primeiros organismos vivos.

Atualmente, os cientistas acham que parte do amoníaco teria sido decomposto em hidrogênio e nitrogênio pelos raios ultravioleta. Estudando os gases liberados por vulcões, concluíram que deve ter havido também monóxido de carbono, sulfeto de

hidrogênio e gás carbônico. De qualquer forma, os quatro elementos fundamentais estariam presentes.

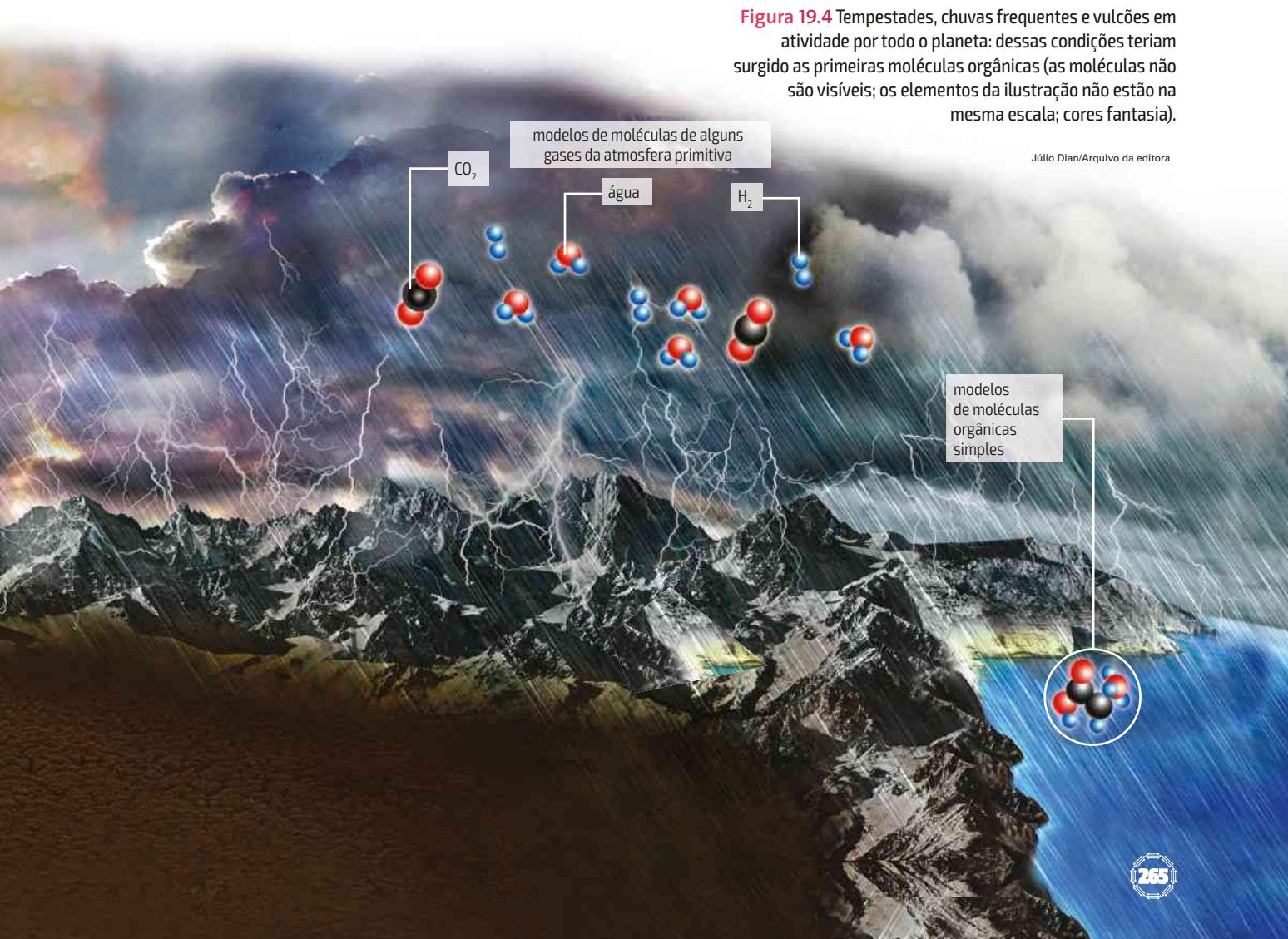
As fortes descargas elétricas das tempestades e a grande quantidade de raios ultravioleta teriam representado uma fonte de energia para promover as mais variadas reações químicas entre as substâncias da atmosfera. Como não havia seres vivos para consumir essas moléculas nem oxigênio livre em quantidade suficiente para oxidá-las, podemos supor que, ao longo de milhões de anos, uma incalculável quantidade e variedade de substâncias se formou (**figura 19.4**).

Os átomos de carbono, por exemplo, têm a propriedade de se combinar formando cadeias quando recebem energia. Esta fica armazenada nas ligações químicas que mantêm os átomos unidos na molécula. Assim, podem ter se formado moléculas orgânicas simples, como alcoóis, ácidos, aminoácidos, açúcares, bases orgânicas e nitrogenadas, constituídas por pequenas cadeias de carbono.

As moléculas orgânicas são estudadas em uma área da Química chamada Química orgânica.

Figura 19.4 Tempestades, chuvas frequentes e vulcões em atividade por todo o planeta: dessas condições teriam surgido as primeiras moléculas orgânicas (as moléculas não são visíveis; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Júlio Dian/Arquivo da editora



Testando a teoria de Oparin e Haldane

Como seria possível testar a hipótese de que as primeiras moléculas orgânicas teriam surgido dos gases da atmosfera primitiva?

Em 1953, Stanley Miller (1930-2007), estudante estadunidense da Universidade de Chicago, sob a orientação de seu professor Harold Urey (1893-1981), imaginou um modo de testar essa hipótese. Ele construiu um aparelho no qual colocou hidrogênio, vapor de água, amoníaco e metano. Essa mistura foi submetida a fortes descargas elétricas, ao mesmo tempo que recebia vapor de água condensado como chuva. Após uma semana de funcionamento, constatou, no líquido formado, a presença de compostos orgânicos, até mesmo de aminoácidos (**figura 19.5**).

Miller simulou as condições que, supunha-se, ocorreram na Terra primitiva e testou experimentalmente a hipótese de Oparin e Haldane para mostrar que as primeiras moléculas orgânicas poderiam ter sido formadas dos gases da Terra primitiva. No entanto, as moléculas formadas ainda eram muito simples, se comparadas com a complexidade das grandes moléculas que formam os seres vivos, como as proteínas e os ácidos nucleicos. Além disso, alguns cientistas questionam o experimento de Miller porque, entre outras razões, hoje se acredita que a atmosfera primitiva não tinha exatamente a mesma composição

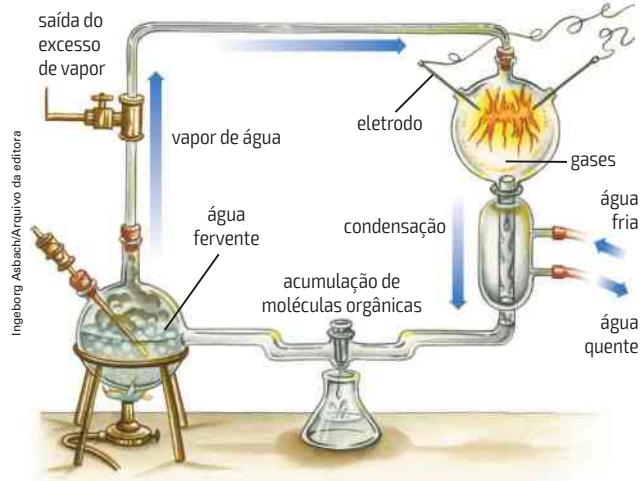


Figura 19.5 Na ilustração, o experimento de Miller (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, Miller com o aparelho que usou no experimento.

gasosa que ele usou em sua simulação. Experimentos muito semelhantes ao dele, mas com outra composição atmosférica e na presença de algumas substâncias que, acredita-se, estavam presentes nos mares primitivos, têm sido realizados. Em alguns casos foram produzidas moléculas orgânicas simples.

3 As primeiras células

Nas décadas de 1950 e 1960, o cientista norte-americano Sidney Walter Fox (1912-1998) mostrou que, em certas condições, aminoácidos podem se unir espontaneamente e formar pequenos peptídios. Posteriormente, outros cientistas mostraram que esse tipo de síntese poderia ter ocorrido com o auxílio de catalisadores minerais, como sulfetos metálicos e silicatos, na superfície de determinadas rochas ou da argila (sulfetos estão presentes em grande quantidade nas fendas hidrotermais, um possível local para a origem da vida, como veremos adiante). Essa síntese pode ter originado vários tipos de polímeros.

Fox também demonstrou que proteínas em solução em água quente poderiam, por resfriamento, produzir pequenas vesículas esféricas com cerca de 2 µm de diâmetro, chamadas **microsferas**.

Algumas microsferas podem reagir a variações osmóticas e absorver compostos orgânicos em sua superfície. Elas ainda apresentam complexidade muito inferior à do ser vivo mais primitivo, mas, se colocarmos em seu interior enzimas e seus substratos, começam a ocorrer reações químicas, surgindo, assim, uma espécie de metabolismo primitivo (**figura 19.6**).

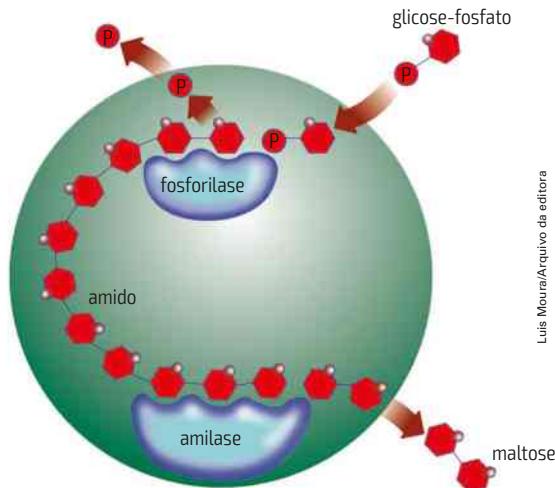


Figura 19.6 Ilustração de microsferas (cerca de 2 µm de diâmetro) com algumas enzimas, em que podem ocorrer reações químicas semelhantes a algumas reações do ser vivo (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia).

Outro tipo de aglomerado de moléculas orgânicas foi obtido por Oparin ao misturar ácido a uma solução de proteínas em água, chamada **coloide**. Com a mudança de acidez, várias moléculas de proteínas se aproximam, formando aglomerados visíveis ao microscópio, os **coacervatos**. É possível que muitos coacervatos tenham sido destruídos, enquanto outros evoluíram para uma forma mais complexa, com a adesão de moléculas de gordura à sua superfície. Essas moléculas poderiam ter formado uma espécie de membrana primitiva.

Os experimentos descritos mostram que muitos aglomerados de proteínas e outras moléculas poderiam ter se formado ao longo de muitos milhões de anos nos mares primitivos, na forma de coacervatos ou de microsferas. Contudo, esses aglomerados só deveriam ser considerados seres vivos primitivos se apresentassem as propriedades da vida: metabolismo, reprodução, hereditariedade, evolução, etc.

Uma célula primitiva ou protocélula poderia apresentar as propriedades de vida se estivesse protegida por uma membrana de lipídios, que, separando-a do ambiente, selecionaria as substâncias que entram na célula e saem dela, permitindo que seu interior tivesse composição química diferente do exterior e garantindo uma diferença entre o ser vivo e o ambiente; se houvesse em seu interior enzimas que tornassem possíveis as reações químicas do metabolismo; se tivesse alguma espécie de molécula com capacidade de se replicar e controlar a síntese das enzimas, como fazem os ácidos nucleicos.

No entanto, a duplicação do DNA e seu controle da síntese de proteínas são mecanismos muito complexos, que exigem a participação de grande número de enzimas. Por isso, é pouco provável que os primeiros genes fossem feitos de DNA.

Alguns cientistas acham mais provável que o primeiro gene tenha sido feito de RNA ou de alguma molécula semelhante e mais simples, uma espécie de pré-RNA (**figura 19.7**).

Na década de 1980, descobriu-se que, assim como as proteínas, as moléculas de RNA também podem funcionar como enzimas; elas foram chamadas **ribozimas**. Embora hoje nenhum tipo de RNA consiga se replicar sem o auxílio de enzimas, o químico norte-americano David Bartel e seus colaboradores conseguiram produzir em laboratório um RNA artificial capaz de catalisar a união de nucleotídeos e formar um trecho de outro RNA. Apesar de não pro-

var que algo semelhante tenha acontecido na origem da vida, isso encoraja pesquisas nesse sentido.

À medida que os primeiros seres vivos se replicavam, surgiam mutações ao acaso, incorporadas ao material genético. Algumas dessas mutações teriam aprimorado o processo de replicação e, assim, começava o processo de seleção natural: os seres que se reproduziam mais rapidamente ou que tinham enzimas mais eficientes para a obtenção de alimento e energia aumentavam de número ao longo das gerações. O resultado foi a evolução de sistemas vivos cada vez mais complexos, capazes de se duplicar e conseguir energia de forma mais eficiente.

O surgimento da molécula de DNA, mais estável, que passou a ocupar o lugar do RNA como material genético do ser vivo, pode ter sido consequência dessa evolução.

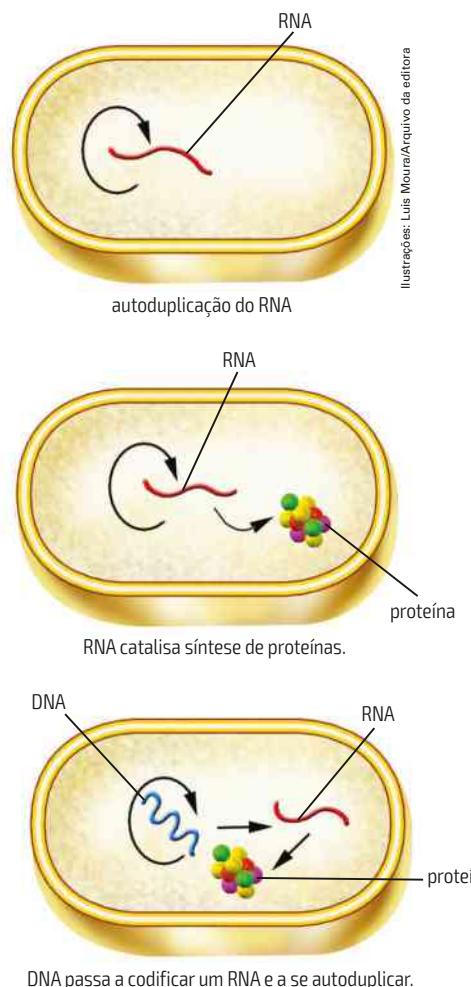


Figura 19.7 Um passo importante na origem da vida ocorreu quando uma molécula, talvez um RNA, passou a se duplicar e a orientar a fabricação de proteínas. As "protocélulas" (microscópicas) com melhor sistema de replicação começaram, assim, a aumentar de número por seleção natural. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Hipótese heterotrófica

Hoje sabemos que os seres heterotróficos precisam se alimentar de outros organismos para conseguir nutrientes. Então, como os primeiros seres vivos conseguiam moléculas orgânicas para seu crescimento? Qual a sua fonte de energia?

Para alguns cientistas, a nutrição autotrófica, em que os seres vivos sintetizam suas moléculas orgânicas a partir do alimento inorgânico, não era muito adequada aos organismos pioneiros (muito simples). A fotossíntese, por exemplo, é um processo bem complexo, que exige uma coleção enzimática variada.

Segundo a **hipótese heterotrófica**, os primeiros seres vivos deveriam apresentar **nutrição sapróbia**, ou seja, conseguiam alimento pela absorção de moléculas orgânicas simples dos mares primitivos.

A respiração aeróbia, utilizada hoje pela maioria dos seres vivos, exige a participação de oxigênio livre, para extrair energia da glicose, e de uma coleção enzimática muito ampla, pois o número de reações químicas é muito maior que na fermentação. Nos mares e na atmosfera primitiva não existia oxigênio, e a coleção enzimática dos seres pioneiros era pequena. Logo, é mais provável que os primeiros seres vivos conseguissem energia por meio de um processo anaeróbio, como a fermentação.

Mudanças no planeta

As condições ambientais da Terra foram se alterando com o passar do tempo. Veja algumas dessas alterações:

- A transformação dos gases da atmosfera em moléculas orgânicas simples. Desses gases, apenas o vapor de água é recuperável pela evaporação. A quantidade dos outros diminuiu e, consequentemente, a produção de moléculas orgânicas.
- O resfriamento da Terra reduziu a frequência de tempestades, o que dificultou a produção de moléculas orgânicas na atmosfera.
- O aumento da população dos organismos iniciais, que provocou consumo maior de moléculas orgânicas simples. Isso acarretou, com os fatores acima, escassez de alimento.

Vejamos como essas mudanças favoreceram a nutrição autotrófica.

Sucesso dos seres autotróficos

Enquanto o ambiente se modificava, os seres vivos sofriam mutações. As mais vantajosas, aos poucos, acumulavam-se. Dessa forma, podem ter aparecido alguns organismos capazes de obter alimento pela fotossíntese. Como não dependiam do alimento dissolvido no mar (cada vez mais escasso), esses seres teriam maior possibilidade de sobrevivência que os demais. Assim, pela seleção natural, eles eram cada vez mais numerosos; surgiam aos poucos os organismos autotróficos (**figura 19.8**).

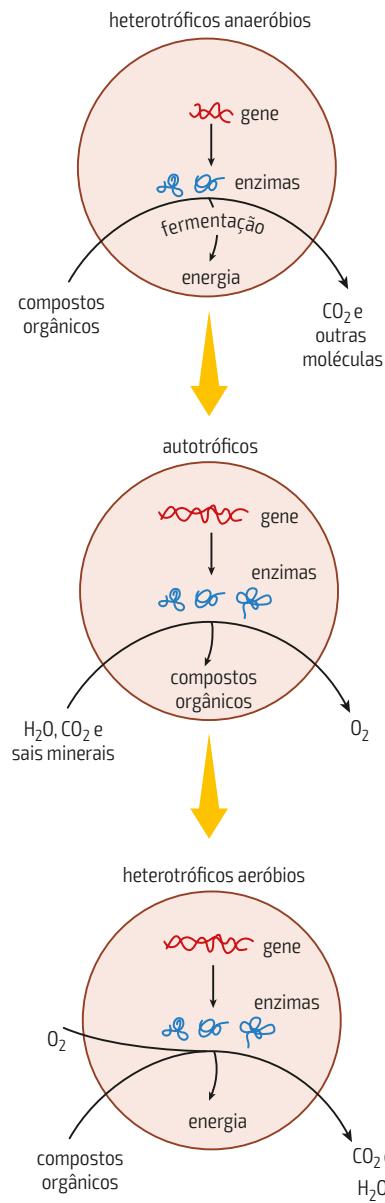


Figura 19.8 Ilustração de possível sequência na origem da vida: as primeiras protocélulas (microscópicas) teriam sido heterotróficas anaeróbias; depois, viraram as autotróficas. O aparecimento do oxigênio na atmosfera favoreceu os organismos aeróbios, cuja respiração tem maior rendimento energético que a fermentação. (Os elementos do esquema não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Ilustrações: Masp/Arquivo da editora

Para alguns cientistas, os primeiros organismos autotróficos deveriam ter sido bactérias primitivas que usavam gás sulfídrico como fonte de hidrogênio, em vez de água. Somente depois teriam aparecido aqueles que, por usarem água como doadora de hidrogênio, liberavam oxigênio livre na atmosfera.

Com o aumento do número desses autotróficos, que seriam os ancestrais das atuais cianobactérias, a concentração de oxigênio aumentou na atmosfera. Análises da composição química de rochas antigas mostram que o oxigênio já era um componente importante da atmosfera há 2,3 bilhões de anos. Parte desse oxigênio foi transformada em ozônio, que, com o tempo, formou uma camada no alto da atmosfera. Essa camada filtra os raios ultravioleta, representando uma proteção importante para os seres vivos atuais.

Sucesso dos seres aeróbios

A facilidade com que o oxigênio oxida as substâncias orgânicas deve ter ocasionado alguns problemas para os primeiros organismos. Os seres que, por mutação, foram capazes de provocar uma reação controlada do oxigênio molecular com hidrogênio ou outras substâncias do metabolismo, contornando o problema da oxidação, tiveram sucesso na luta pela sobrevivência.

Podemos supor que a respiração aeróbia surgiu, com sucesso, a partir dessa forma de defesa contra a ação oxidante do oxigênio. Surgiam, então, os seres aeróbios, que, por causa da maior eficiência metabólica, sobreviviam mais tempo e aumentavam gradativamente em número (reveja a figura 19.8).

Apesar de a respiração aeróbia ser mais eficiente que a fermentação, seu aparecimento só foi possível depois da produção de oxigênio pelos autotróficos. Além disso, somente após algum tempo relativo de evolução seria possível uma coleção enzimática bem variada, que permitisse realizar as reações necessárias para a quebra total da glicose. A respiração aeróbia possibilitou o aparecimento de organismos maiores e mais complexos, com necessidades energéticas mais altas.

A liberação de oxigênio pelos autotróficos teve outra consequência importante: a destruição das condições que permitiram o aparecimento da vida na Terra a partir da matéria bruta. Assim, mesmo que uma molécula orgânica se formasse hoje por processo semelhante ao que ocorreu na Terra primitiva, ela provavelmente seria destruída pelo oxigênio ou terminaria sendo absorvida por algum ser vivo.

De procariontes a eucariontes

Os fósseis mais antigos, encontrados na Austrália e na África do Sul, confirmam que os procariontes devem ter surgido antes dos eucariontes. Rochas com cerca de 3,5 bilhões de anos apresentam vestígios de células procarióticas. Eles são encontrados em rochas com várias camadas, chamadas **estromatólitos** (do grego *stroma* = tapete; *litos* = pedra). Essas rochas se formam pelo depósito e pela fossilização de microrganismos, principalmente cianobactérias, e dos produtos de seu metabolismo (figura 19.9). É possível que os primeiros seres vivos tenham sido ainda mais simples e tenham surgido antes desse período, entre 3,9 bilhões e 4 bilhões de anos. Durante 2 bilhões de anos, só havia procariontes no planeta. Depois, surgiram as células eucarióticas. Portanto, o tempo para surgir um eucarionte a partir de um procarionte foi maior que para surgir o primeiro ser vivo a partir da matéria sem vida.

Essa passagem deve ter acontecido de duas maneiras: por meio do desenvolvimento de dobras da membrana plasmática, que originaram o retículo, o complexo golgiense e outras vesículas e canais da célula; e pela endossimbiose. Essa associação pode ter ocorrido quando uma bactéria aeróbia foi fagocitada por outro procarionte anaeróbio maior e, em vez de ser destruída, passou a viver no interior dele, recebendo proteção e alimento, ao mesmo tempo que aumentava a eficiência energética da associação por meio da respiração aeróbia. Com o tempo, essas bactérias aeróbias originaram as atuais mitocôndrias dos eucariontes. Reveja a figura 6.9, na página 73.

Um processo semelhante teria ocorrido entre procariontes maiores e cianobactérias. Essa é a provável origem dos cloroplastos.



Luc Cuyvers/Corbis/LatinStock

Figura 19.9 Foto do estromatólito, rochas formadas pelo depósito de bactérias. Baía dos Tubarões, Austrália. Foto de 2013.

4 Reinos e domínios

Com os eucariontes, surge uma célula de complexidade maior, capaz de acumular maior coleção de genes e enzimas. A célula eucariota pode também reunir-se formando colônias com divisão de trabalho, abrindo caminho para a formação dos organismos multicelulares.

Essas colônias de seres unicelulares, formadas a partir de um agregado de células, podem ter originado seres pluricelulares, como as plantas, os fungos e os animais (**figura 19.10**).

Ao longo do tempo, foram propostos vários sistemas de classificação para organizar a imensa variedade de espécies atuais e indicar o grau de parentesco evolutivo entre elas, isto é, indicar o caminho da evolução.

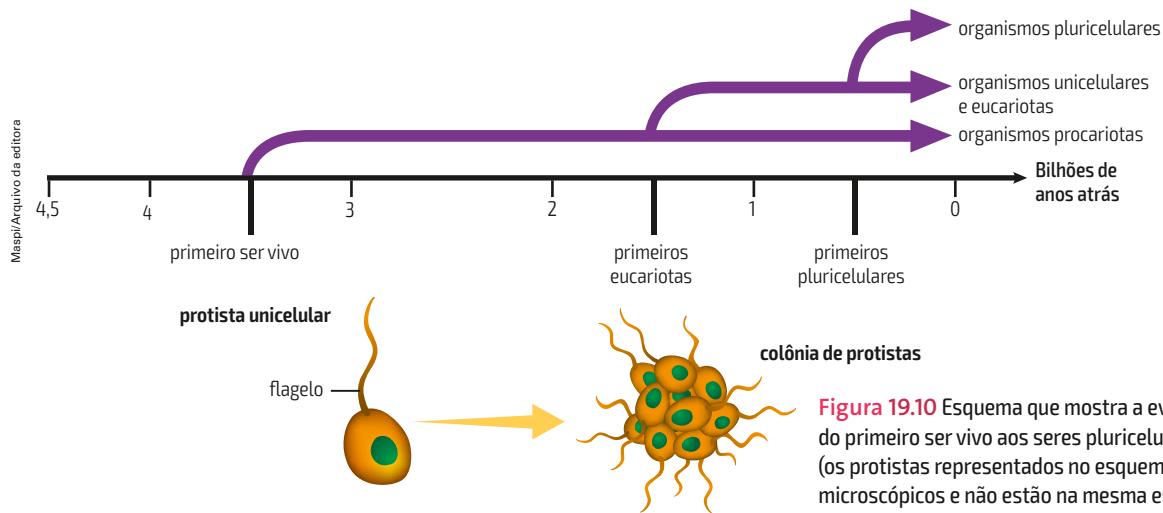


Figura 19.10 Esquema que mostra a evolução do primeiro ser vivo aos seres pluricelulares (os protistas representados no esquema são microscópicos e não estão na mesma escala; cores fantasia).

Processos evolutivos



A árvore da vida

Um conceito importante em Sistemática (disciplina que estuda a classificação dos seres vivos) é o de que a evolução dos seres vivos pode ser representada como uma “árvore”.

Na extremidade de cada ramo estão as espécies atuais; na origem ou base de cada ramo estão as espécies ancestrais, que originaram as atuais, mas não existem mais. Portanto, não se pode dizer que uma espécie é mais adaptada que outra. Cada espécie está adaptada a um ambiente, a um modo de vida (nicho) diferente.

O objetivo da Sistemática atualmente é formar grupos de seres que evoluíram a partir de uma única espécie, a qual não originou outras espécies em outros grupos. Em outras palavras, a ideia é formar grupos de organismos que tenham se originado de um antepassado comum exclusivo, um antepassado que originou apenas os grupos em questão.

Análises moleculares, por exemplo, indicam que os cães devem ter surgido há cerca de 30 mil anos por domesticação de antepassados dos lobos atuais (**figura 19.11**).

Lobo (1 m a 1,5 m de comprimento, fora a cauda).



Roy Nussbaumer Photography/
Alamy/LatinStock



Anyworks/Stock/Getty Images

Cão pastor-alemão (65 cm a 1 m de comprimento, fora a cauda).

Figura 19.11 Antepassados dos lobos atuais foram domesticados e deram origem aos cães.

O sistema de cinco reinos

Em 1969, o cientista Robert Whittaker agrupou os seres vivos em cinco reinos, com base na organização celular e no tipo de nutrição. Vejamos as características de cada um.

- **Monera** – formado pelas bactérias, organismos unicelulares procariontes; muitas são heterotróficas e algumas, autotróficas (como vimos no Capítulo 6, as cianofíceas ou cianobactérias também pertencem a esse reino);
- **Protista** – reúne os seres unicelulares eucariontes: os protozoários (heterotróficos), como a ameba; e a maioria das algas unicelulares (autotróficas), como as diatomáceas. Depois, o grupo passou a incluir também algas pluricelulares (algas verdes, vermelhas e pardas). Mais recentemente, foi proposta a substituição do reino protista por vários novos reinos;
- **Plantae ou Metaphyta** (plantas) – constituído pelas plantas terrestres, organismos eucariontes, pluricelulares e autotróficos. Alguns autores colocam aqui também as algas verdes, que possuem um ancestral comum com as plantas;
- **Animalia ou Metazoa** (animais) – compreende os eucariontes pluricelulares e heterotróficos por ingestão (ingerem moléculas orgânicas complexas retiradas do corpo de outros seres vivos);
- **Fungi** – inclui os fungos, seres eucariontes, unicelulares ou pluricelulares e heterotróficos por absorção (absorvem moléculas orgânicas simples do ambiente); a maioria vive da decomposição da matéria orgânica do ambiente.

Os três domínios

Mais recentemente, os seres vivos podem ser agrupados em três domínios (como se fossem “super-reinos”): **Archaea** (arqueas), **Bacteria** (bactérias) e **Eukarya** (eucariontes).

O domínio **Archaea** (do grego *arkhe* = primitivo) reúne procariontes encontrados em condições de temperatura, salinidade ou pH desfavoráveis à sobrevivência dos outros organismos.

No domínio **Bacteria** estão as bactérias, incluindo as cianobactérias.

No domínio **Eukarya** (do grego *eu* = bem; *karyon* = núcleo) estão as plantas, os animais, os fungos e os organismos que foram classificados como protistas.



Outras teorias sobre a origem da vida

Nem todos os cientistas acham possível que a Terra primitiva reunisse as condições necessárias para a síntese de matéria orgânica, como ocorre no experimento de Miller. Outras duas teorias – a das **fontes hidrotermais** e a da **panspermia** – concordem com a de Oparin e Haldane para explicar o maior número de dados coletados acerca da origem da vida.

A teoria das fontes hidrotermais postula que os primeiros seres vivos teriam aparecido no fundo dos oceanos, ao redor de fontes ou fendas hidrotermais, espécies de chaminés de água quente e compostos minerais aquecidos pelo magma, como se fossem pequenos “vulcões” submarinos. Essas condições poderiam ter oferecido a proteção necessária para que os primeiros seres vivos se formassem.

No entanto, essa teoria também apresenta problemas, pois as moléculas complexas poderiam ser degradadas ou hidrolisadas nas temperaturas altas das fendas. Em todo caso, se ela for verdadeira, os primeiros seres não eram heterotróficos, mas quimioautotróficos.

A ideia de que existe vida em outras partes do Universo e de que microrganismos ou esporos extraterrestres tenham originado a vida na Terra é conhecida como teoria da panspermia (do grego *pan* = todo; *sperma* = semente).

Uma variante dessa teoria defende a ideia de que a vida na Terra surgiu não a partir de microrganismos ou esporos, mas de compostos orgânicos trazidos por cometas e meteoritos. De fato, foram encontradas moléculas orgânicas em meteoritos que caíram na Terra. O problema é que é duvidoso que esses corpos celestes tenham trazido matéria orgânica suficiente para a evolução da vida até o aparecimento dos primeiros autotróficos.

Ainda não há uma teoria que possa ser considerada a melhor para explicar a origem da vida, mas os cientistas continuam a pesquisar e a buscar evidências a favor ou contra cada uma delas em vários campos.

O estudo sobre a origem da vida ilustra, portanto, algumas características importantes da investigação científica: a busca de evidências (por meio de observações ou experimentos) a favor ou contra hipóteses e teorias; o objetivo de conseguir teorias que expliquem o maior número possível de fatos; a complexa questão de avaliar qual teoria é a mais adequada para explicar os fenômenos – essas são apenas algumas das questões discutidas em História e Filosofia da Ciência.

Atividades



ATENÇÃO!
Não escreva
no seu livro!

1. Por que no experimento de Redi foi importante manter dois grupos de frascos: um aberto e um fechado?
2. Neste capítulo você conheceu um experimento que serviu de importante evidência contra a teoria da abiogênese, aquele em que Pasteur ferveu caldo de carne em um balão de vidro e conseguiu conservá-lo estéril por muito tempo. Por que, nesse experimento, foi importante manter a boca do gargalo do balão aberta?
3. Ao estudar as teorias sobre a origem da vida em nosso planeta, um estudante perguntou ao professor: “Então, se os primeiros seres vivos na Terra surgiram a partir da matéria sem vida, isso não significa que a teoria da geração espontânea defendida no século XVII estava correta?”. O que você diria a esse estudante? Explique.
4. Experimentos como o de Miller não provam que moléculas orgânicas foram, de fato, sintetizadas a partir dos gases da atmosfera primitiva. Por que, apesar disso, esses experimentos são importantes?
5. Muitos cientistas acreditam que, na história da vida no planeta, o RNA teria sido a primeira molécula com capacidade de se replicar, pois o DNA é uma molécula complexa, que só se replica com a ajuda de enzimas. Além disso, reforça essa hipótese o fato de o RNA possuir uma propriedade específica, que o DNA não apresenta.
Qual é essa propriedade?
6. Atualmente, os animais, que são organismos heterotróficos, nutrem-se ingerindo moléculas orgânicas do corpo de outros seres vivos. Suponha que os primeiros seres vivos tenham sido heterotróficos e responda:
 - a) Como eles conseguiriam moléculas orgânicas?
 - b) Que processo, provavelmente, utilizariam para retirar energia dessas moléculas e por quê?
7. Leia o texto abaixo e responda à questão.
No século XVII, a geração espontânea ainda era aceita por pesquisadores como o belga Jean Baptist van Helmont (1580-1644). Conhecido por suas experiências no campo da Fisiologia vegetal, ele costumava dizer: "Colocam-se em um canto sossegado e pouco iluminado camisas sujas e sobre elas espalham-se grãos de trigo. O resultado será que, em 21 dias, surgirão ratos".
Como você faria para mostrar que os ratos em questão não surgem por geração espontânea?
8. (Unicamp-SP) “Ouvintes de rádio em pânico tomam drama de guerra como verdade”. Com esta manchete, o jornal *The New York Times* de 1º de novembro de 1938 relatou o que aconteceu nos Estados Unidos na noite anterior, quando foi narrada pela rádio CBS uma história fictícia sobre a invasão por marcianos de uma pequena cidade do estado de Nova Jersey. Marte sempre fascinou os cientistas porque, mesmo que lá não existam homenzinhos verdes, esse planeta parece apresentar, entre os do Sistema Solar, as condições mais propícias à vida. Recentemente foram enviadas sondas espaciais para procurar indícios de vida em Marte.
 - a) Comparando com a origem da vida na Terra, indique que condições seriam fundamentais para o surgimento de vida em Marte.
 - b) Supondo que uma sonda espacial tenha trazido de Marte dois organismos, um deles classificado como pertencente ao Reino Monera e o outro ao Reino Protista, explique como os cientistas poderiam diferenciar esses dois organismos.
9. (Enem) Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea. Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que:
 - a) seres vivos podem ser criados em laboratório.
 - b) a vida se originou no planeta a partir de microrganismos.
 - c) o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo preexistente.
 - d) seres vermiformes e microrganismos são evolutivamente parentados.
 - e) vermes e microrganismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.
10. (Enem) Nas recentes expedições espaciais que chegaram ao solo de Marte, e através dos sinais fornecidos por diferentes sondas e formas de análise, vem sendo investigada a possibilidade da existência de água naquele planeta. A motivação principal dessas investigações, que ocupam frequentemente o noticiário sobre Marte, deve-se ao fato de que a presença de água indicaria naquele planeta:
 - a) a existência de um solo rico em nutrientes e com potencial para a agricultura.
 - b) a existência de ventos, com possibilidade de erosão e formação de canais.

- c) a possibilidade de existir ou ter existido alguma forma de vida semelhante à da Terra.
- d) a possibilidade de extração de água visando ao seu aproveitamento futuro na Terra.
- e) a viabilidade, em futuro próximo, do estabelecimento de colônias humanas em Marte.

11. (Enem) Na solução aquosa das substâncias orgânicas pré-bióticas (antes da vida), a catálise produziu a síntese de moléculas complexas de toda a classe, inclusive proteínas e ácidos nucleicos. A natureza dos catalisadores primitivos que agiam antes não é conhecida. É quase certo que as argilas desempenham papel importante: cadeias de aminoácidos podem ser produzidas no tubo de ensaio mediante a presença de certos tipos de argila. [...] Mas o avanço verdadeiramente criativo – que pode, na realidade, ter ocorrido apenas uma vez – ocorreu quando uma molécula de ácido nucleico “aprendeu” a orientar a reunião de uma proteína, que, por sua vez, ajudou a copiar o próprio ácido nucleico. Em outros termos, um ácido nucleico serviu como modelo para a reunião de uma enzima que poderia então auxiliar na produção de mais ácido nucleico. Com esse desenvolvimento apareceu o primeiro mecanismo potente de realização. A vida tinha começado.

(Adaptado de: LURIA, S. E. Vida: experiência inacabada. Belo Horizonte-São Paulo: Itatiaia-Edusp, 1979.)

Considere o esquema abaixo:

Tempo (anos)	Eventos importantes
atual	seres humanos
0,5 bilhão	plantas, répteis, pássaros, peixes
1 bilhão	respiração aeróbia consumo de oxigênio nas células
2 bilhões	fotossíntese produção de oxigênio nas células
3 bilhões	primeiras células
4 bilhões	primeiros ácidos nucleicos formação da Terra
5 bilhões	

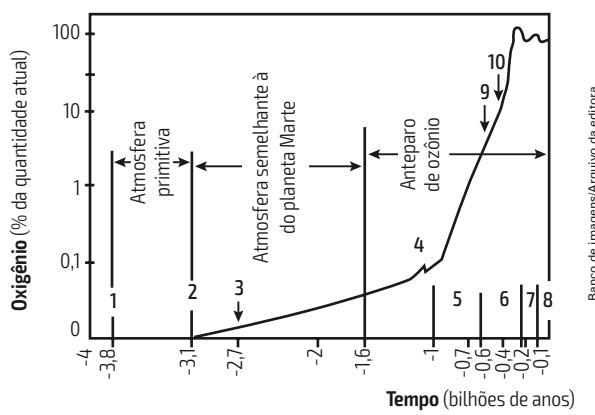
Adaptado de: Gepeq – Grupo de Pesquisa em Educação Química-USP. *Interações e transformações III – Atmosfera: fonte de materiais extractivos e sintéticos*. São Paulo: Edusp, 1998.

O “avanço verdadeiramente criativo” citado no texto deve ter ocorrido no período (em bilhões de anos) compreendido aproximadamente entre:

- a) 5,0 e 4,5.
- b) 4,5 e 3,5.
- c) 3,5 e 2,0.
- d) 2,0 e 1,5.
- e) 1,0 e 0,5.

- 12.** (Unicamp-SP) Considerando-se a composição da atmosfera primitiva, pode-se afirmar que
- a) o CO₂ presente na atmosfera primitiva pode ter se originado da degradação aeróbica da glicose.
- b) a matéria precursora da vida só poderia ter se formado se houvesse enzimas para catalisar as reações entre os gases presentes na atmosfera primitiva.
- c) as substâncias orgânicas formadas a partir dos gases presentes na atmosfera primitiva deram origem a proteínas e ácidos nucleicos.
- d) os aminoácidos formados na Terra primitiva surgiram do aumento da interação de moléculas de ácido nucleico com proteínas.

- 13.** (Enem) O gráfico abaixo representa a evolução da quantidade de oxigênio na atmosfera no curso dos tempos geológicos. O número 100 sugere a quantidade atual de oxigênio na atmosfera, e os demais valores indicam diferentes porcentagens dessa quantidade.



Banco de imagens/Arquivo da editora

Legenda:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 – Pneumatosfera primitiva | 6 – Primário |
| 2 – Aparecimento da vida | 7 – Secundário |
| 3 – Começo da fotossíntese | 8 – Terciário e Quaternário |
| 4 – Primeira célula eucarionte | 9 – Primeiros vertebrados |
| 5 – Pré-Cambriano | 10 – Conquista da Terra. |

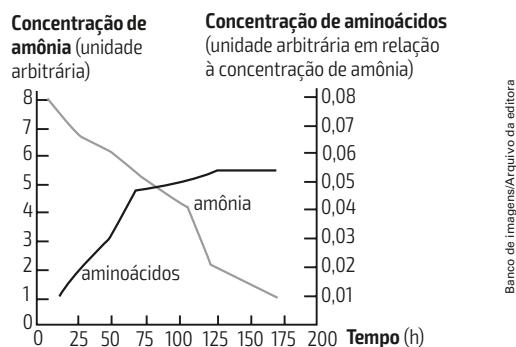
De acordo com o gráfico, é correto afirmar que:

- a) as primeiras formas de vida surgiram na ausência de O₂.
- b) a atmosfera primitiva apresentava 1% de teor de oxigênio.
- c) após o início da fotossíntese, o teor de oxigênio na atmosfera mantém-se estável.
- d) desde o Pré-Cambriano, a atmosfera mantém os mesmos níveis de teor de oxigênio.
- e) na escala evolutiva da vida, quando surgiram os anfíbios, o teor de oxigênio atmosférico já se havia estabilizado.

14. (Vunesp-SP) Segundo a teoria de Oparin, a vida na Terra poderia ter sido originada a partir de substâncias orgânicas formadas pela combinação de moléculas, como metano, amônia, hidrogênio e vapor de água, que compunham a atmosfera primitiva da Terra. A esse processo seguiram-se a síntese proteica nos mares primitivos, a formação dos coacervados e o surgimento das primeiras células. Considerando os processos de formação e as formas de utilização dos gases oxigênio e dióxido de carbono, a sequência mais provável dos primeiros seres vivos na Terra foi:

- a) autotróficos, heterotróficos anaeróbicos e heterotróficos aeróbicos.
- b) heterotróficos anaeróbicos, heterotróficos aeróbicos e autotróficos.
- c) autotróficos, heterotróficos aeróbicos e heterotróficos anaeróbicos.
- d) heterotróficos anaeróbicos, autotróficos e heterotróficos aeróbicos.
- e) heterotróficos aeróbicos, autotróficos e heterotróficos anaeróbicos.

15. (Unirio-RJ) Stanley Miller, no início da década de 1950, montou um experimento que hoje é um dos suportes da hipótese de origem da vida na Terra, expondo uma mistura de gases prováveis da atmosfera primitiva a descargas elétricas. Analisou, durante esse experimento, as concentrações de determinadas substâncias dentro do sistema. O gráfico abaixo mostra a relação entre algumas dessas substâncias.



A partir desses dados, Miller pôde concluir que:

- a) a célula pode ser criada atualmente a partir de compostos inorgânicos.
- b) a primeira célula era procariota, semelhante às bactérias atuais.
- c) a formação de compostos orgânicos depende da transformação da amônia.
- d) os primeiros seres vivos eram heterotróficos.
- e) na atmosfera primitiva não havia oxigênio.

16. (Vunesp-SP) Uma vez que não temos evidência por observação direta de eventos relacionados à origem da vida, o estudo científico desses fenômenos difere do estudo de muitos outros eventos biológicos. Em relação a estudos sobre a origem da vida, apresentam-se as afirmações seguintes:

- I. Uma vez que esses processos ocorreram há bilhões de anos, não há possibilidade de realização de experimentos, mesmo em situações simuladas, que possam contribuir para o entendimento desses processos.
 - II. Os trabalhos desenvolvidos por Oparin e Stanley Miller ofereceram pistas para os cientistas na construção de hipóteses plausíveis quanto à origem da vida.
 - III. As observações de Oparin sobre coacervados ofereceram indícios sobre um processo que se constituiu, provavelmente, em um dos primeiros passos para a origem da vida, qual seja, o isolamento de macromoléculas do meio circundante.
- Em relação a essas afirmações, podemos indicar como correta(s):
- a) I, apenas.
 - b) II, apenas.
 - c) I e II, apenas.
 - d) II e III, apenas.
 - e) I, II e III.

17. (UFPI) A Terra apresenta uma idade aproximada de 4,5 bilhões de anos, e o aparecimento dos seres vivos nesse planeta, segundo a opinião dos cientistas, causou enormes mudanças. Sobre o tema, é correto afirmar que: F-V-V-V

1. (✓) por volta de 4 bilhões de anos atrás, a Terra era envolvida por uma camada de gases chamada de atmosfera secundária, formada apenas por gás carbônico (CO_2).
2. (✓) a temperatura elevada da crosta terrestre facilitava a evaporação, a formação das nuvens e as tempestades torrenciais, que foram fundamentais para a formação dos oceanos.
3. (✓) os cientistas admitem que os primeiros seres vivos devem ter surgido a partir de matéria não viva, entre 3,5 e 4 bilhões de anos atrás.
4. (✓) experimentos, como os realizados por Stanley Miller & Harold Urey, dão sustentação à hipótese de que as substâncias precursoras da vida poderiam ter-se formado espontaneamente na Terra primitiva.

CAPÍTULO

20

◦ História da vida

Reprodução/Biblioteca Nacional, Paris, França.



Em 14 de julho de 1789, uma velha fortaleza chamada Bastilha foi tomada pela população francesa. Esse evento é tido como um dos símbolos da Revolução Francesa. *Tomada da Bastilha*, 1789. Jean-Pierre Hovél.

Tradicionalmente, os historiadores costumam dividir a história da humanidade em cinco períodos com diferentes durações. Para determinar o início e o fim de cada período, eles utilizam alguns marcos históricos convencionais, como a Revolução Francesa, que marca o fim da Idade Moderna e o início da Idade Contemporânea. De forma análoga, os cientistas que estudam a história da Terra a dividem em períodos marcados por grandes acontecimentos, como veremos neste capítulo.



- ◆ *Como se deu a história da vida na Terra?*
- ◆ *Que critérios os cientistas usam para classificar os seres vivos?*
- ◆ *Como surgiram as plantas e os animais que conhecemos hoje?*

1 Breve história da Terra

Para facilitar o estudo da evolução da vida, costuma-se dividir a história da Terra em **éons, eras, períodos e épocas**.

Veja o quadro abaixo (**figura 20.1**); a primeira era corresponde à atual, retrocedendo-se até a época em que a Terra se formou.

Éon	Era	Período	Época	Início (milhões de anos atrás)
Fanerozoico	Cenozoica	Quaternário	Holoceno (atual)	0,01
			Pleistoceno	2,6
		Terciário	Plioceno	5,3
			Mioceno	23
			Oligoceno	34
			Eoceno	56
			Paleoceno	65
	Mesozoica	Cretáceo		145
		Jurássico		200
		Triássico		251
	Paleozoica	Permiano		299
		Carbonífero		359
		Devoniano		416
		Siluriano		444
		Ordoviciano		488
		Cambriano		542
Pré-Cambriano	Proterozoico			2500
	Arqueano			4 000
	Hadeano			4 600

Figura 20.1 Divisão da história da Terra. Vale lembrar que essa divisão engloba intervalos de tempo imensos, muito maiores do que aqueles estudados pela História.

Os éons Proterozoico, Arqueano e Hadeano são reunidos na divisão conhecida como Pré-Cambriano. O éon Hadeano é uma divisão informal, ou seja, não oficial.

Desde o final da década de 1960, os cientistas sabem que a crosta da Terra é formada por várias placas que flutuam e se movimentam em um substrato pastoso. A maior parte dos processos geológicos, como a formação de cadeias de montanhas, a erupção de vulcões e os abalos sísmicos, é consequência desse movimento (**figura 20.2**).

Os continentes e também o fundo dos oceanos (o assoalho) fazem parte dessas placas. Há doze placas maiores e várias menores. Todas são chamadas **placas tectônicas** (do grego *tekné* = arte de construir).

Embaixo da crosta terrestre há uma camada denominada manto, com cerca de 2 900 quilômetros de espessura. O manto possui partes líquidas, formadas por rochas derretidas. O calor que vem do núcleo da Terra provoca correntes que movimentam lentamente as placas da crosta. E, como os

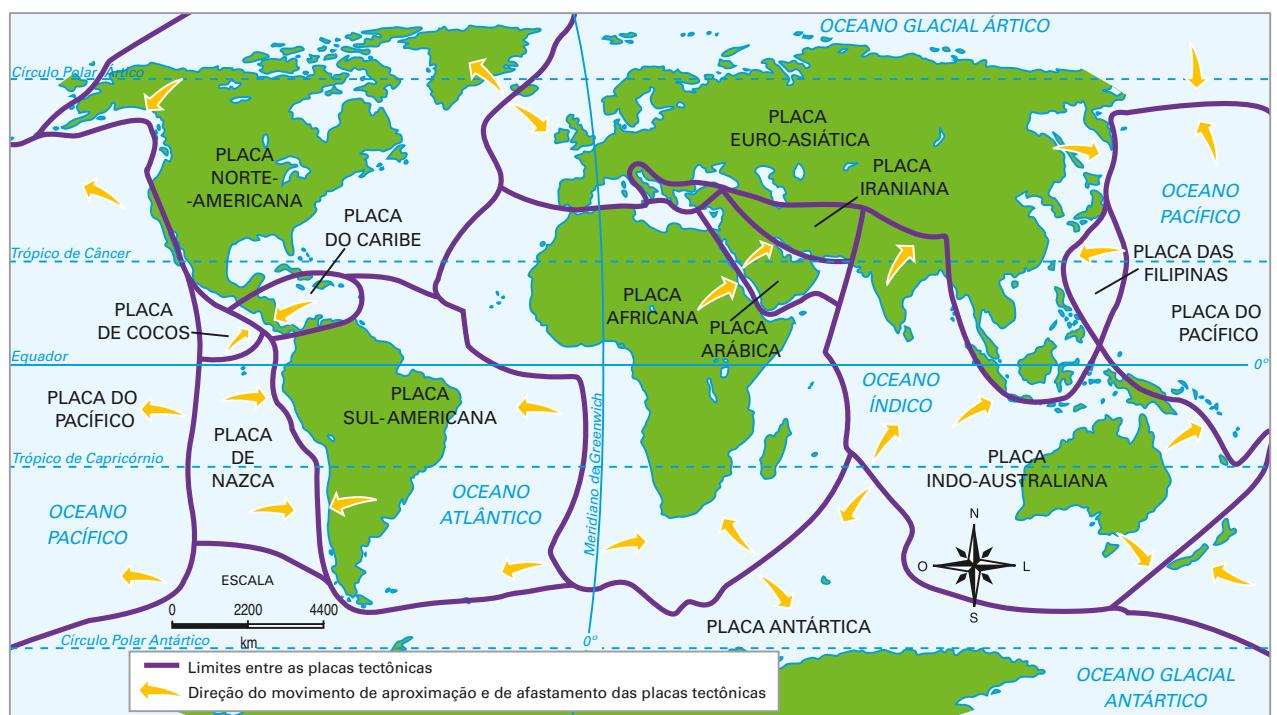
continentes estão apoiados sobre essas placas, eles acompanham esse movimento.

Esse e outros fatos são explicados por uma teoria da Geologia, a **tectônica de placas**, que, além do movimento dos continentes, explica o maior número de vulcões e terremotos em certos locais da Terra, a presença de fósseis e rochas semelhantes em continentes diferentes, entre vários outros fatos.

O movimento das placas pode provocar alterações climáticas e no nível dos mares, que inundam imensas áreas de terra e depois recuam. Além disso, vulcões que entram em erupção e meteoritos e asteroides vindos do espaço que se chocam contra a Terra também podem provocar mudanças climáticas.

Fenômenos climáticos alteraram a distribuição das espécies no planeta e provocaram, em certos momentos da história da Terra, a extinção de grande número de espécies em um curto intervalo de tempo (em termos geológicos, curto significa entre 10 e 100 mil anos) – são as chamadas **extinções em massa**.

Placas tectônicas



Adaptado de: IBGE. *Atlas geográfico escolar*. Rio de Janeiro, 2009.

Figura 20.2 Mapa com a distribuição das placas tectônicas. Os continentes e os oceanos ficam sobre placas. Observe que as placas não correspondem aos limites dos continentes. As setas amarelas indicam os movimentos das placas. (Cores fantasia.)

2 Classificação dos seres vivos

Dada a grande variedade de seres vivos, os cientistas os organizaram para facilitar o seu estudo e estabelecer uma **árvore filogenética**, isto é, um esquema com a possível sequência de origem dos diversos seres vivos. A árvore filogenética, portanto, é a representação de uma hipótese de **filogênese** (do grego *phylon* = grupo; *genos* = origem) ou **filogenia**, que é a história evolutiva suposta de cada grupo.

Desse modo, é possível descobrir o grau de parentesco evolutivo entre os diversos grupos de seres vivos. Para isso, os cientistas analisam certos tipos de semelhanças no desenvolvimento embrionário, na estrutura celular e bioquímica, na anatomia e na fisiologia de seres vivos atuais ou extintos (por meio de seus fósseis).

A parte da Biologia que identifica, nomeia e classifica os seres vivos é a **Taxonomia** (do grego *taxis* = arranjo, ordem; *nomos* = lei), e a que, além disso, estuda as relações evolutivas entre eles é a **Sistemática**.

O fundador da Taxonomia científica foi o médico sueco Carl von Linné (1707-1778; Lineu, em português). Lineu (**figura 20.3**) criou a **nomenclatura binomial** para as espécies, como veremos adiante. Além disso, ele agrupava as espécies de maneira hierárquica, em grupos (hoje chamados **táxons**) cada vez mais abrangentes: gêneros, ordens, classes e reinos.

No entanto, Lineu não agrupava as espécies de acordo com o parentesco evolutivo, mas sim pela semelhança anatômica. Isso estava de acordo com o pensamento da maioria dos naturalistas de sua época, que apoiavam a **teoria fixista** (ou **fixismo**), isto é, quecreditavam que as espécies eram imutáveis e não evoluíam.

Os sistemas de classificação que se baseiam em relações evolutivas são chamados **sistemas naturais**, enquanto os que não se baseiam nessas relações são **sistemas artificiais**.



Figura 20.3 Carl von Lineu

Categorias taxonômicas

A categoria taxonômica básica é a **espécie**, formada por um grupo de indivíduos capazes de se cruzar e originar filhos férteis, mas que não são capazes de cruzar com outros grupos. Por exemplo, todos os leões pertencem à mesma espécie, e isso também ocorre com todos os indivíduos da espécie humana e todos os gatos domésticos. Essa é uma das formas de definir espécie: é o chamado **conceito biológico de espécie**, muito utilizado no estudo da evolução. No entanto, essa definição tem limitações: não pode ser usada, por exemplo, para fósseis, visto que não podemos observar sua reprodução, nem para organismos que possuem apenas reprodução assexuada. Nesses casos, podemos identificar uma espécie por semelhanças na anatomia, na fisiologia ou no DNA de seus indivíduos.

As espécies são reunidas de acordo com o grau de parentesco evolutivo. Espécies que são parentes bem próximas formam um segundo grupo taxonômico, o **gênero**. Gêneros aparentados evolutivamente formam **famílias**, e estas são agrupadas em **ordens**, que são reunidas em **classes**. As classes, por sua vez, constituem os **filos** ou **divisões**, e estes, os **reinos**.

Regras internacionais de nomenclatura

Para que a classificação seja uniforme em todo o mundo e para que seja possível relacionar e identificar organismos descritos por pesquisadores de várias nacionalidades, foi convencionada uma série de regras que devem ser seguidas por todos os cientistas. Vejamos algumas das principais regras internacionais:

- Todos os nomes científicos devem ser escritos em latim. Se os nomes foram criados em outro idioma, devem ser latinizados. A justificativa para isso é a de que o latim não sofre modificações ao longo do tempo e, além disso, a nomenclatura passa a não privilegiar nenhuma nação atual.
- Os termos que indicam gêneros, famílias, ordem, classe, filo e reino devem ter inicial maiúscula. Apesar do nome do gênero e da espécie devem ser escritos em **italíco**, quando em texto impresso, ou **sublinhado**, quando escrito à mão.
- O nome das espécies é duplo (binomial) e escrito em **italíco**, quando em texto impresso, ou **sublinhado**, quando escrito à mão: *Homo sapiens* (ser humano), *Aedes aegypti* (mosquito transmissor da dengue e

de outras viroses), *Periplaneta americana* (barata). A primeira palavra indica o gênero, e a segunda, o **termo específico** (ou **epíteto específico**) escrito com inicial minúscula. Em um texto, como você verá no Volume 2 desta coleção, o nome da espécie pode ser abreviado a partir da segunda ocorrência. Por exemplo, neste texto, uma nova ocorrência do nome *Aedes aegypti* poderia aparecer assim: *A. aegypti*.

Sistemática filogenética

O sistema de classificação mais aceito atualmente é a **sistemática filogenética** (do grego *phylon* = tribo; *genos* = origem) ou **cladística** (do grego *klados* = ramo), proposta pelo entomologista (cientista que estuda insetos) alemão Willi Hennig (1913-1976).

A sistemática filogenética busca identificar grupos **monofiléticos** (do grego *monos* = um), isto é, que incluem todos os descendentes de um ancestral comum exclusivo (que não é ancestral de outros grupos). Por exemplo, o grupo dos vertebrados é um grupo monofilético: todos os seus descendentes herdaram uma coluna vertebral de um ancestral comum exclusivo deles. Um grupo de organismos em que todos são descendentes de um único ancestral comum é chamado **clado**.

Os clados menores são formados com todos os descendentes de um ancestral exclusivo que compartilham uma ou mais aquisições ou “novidades evolutivas”, também chamadas **condições derivadas** ou **caracteres derivados**. Por exemplo, a coluna vertebral está presente em peixes, anfíbios, répteis, aves

e mamíferos; mas, dentro do grupo dos vertebrados, só os mamíferos têm pelos. Portanto, a presença de pelos, estruturas exclusivas do grupo dos mamíferos, é uma condição derivada, enquanto a coluna vertebral é uma **condição primitiva**.

As relações filogenéticas entre os grupos podem ser apresentadas com diagramas na forma de árvores, as **árvores filogenéticas**. Um dos tipos mais comuns de árvore filogenética é o **cladograma** (figura 20.4). Nesses diagramas, as bifurcações (ou **nós**) indicam o processo em que uma espécie ancestral hipotética origina novas espécies (especiação) ou novos grupos, que ficam nos ápices dos ramos (ou **terminais**). A base de onde partem os ramos é a **raiz** do diagrama. Os ramos representam as relações entre os organismos.

O diagrama da figura 20.4 indica que chimpanzés e gorilas são os parentes evolutivos mais próximos da espécie humana. Os chimpanzés estão ainda mais próximos de nós do que os gorilas, como indicam análises de sequência de DNA. Mas, atenção: isso não quer dizer que o ser humano descende dos chimpanzés atuais, e sim que ele e os chimpanzés descendem de um mesmo ancestral. A linhagem que originou o ser humano e a que originou o chimpanzé podem ter se separado há cerca de 6 milhões de anos. A partir daí, ambos evoluíram separadamente e acumularam diversas modificações ao longo de todo esse tempo. Já a linhagem que daria origem ao gorila se separou da linhagem que daria origem ao chimpanzé e ao ser humano há cerca de 10 milhões de anos.

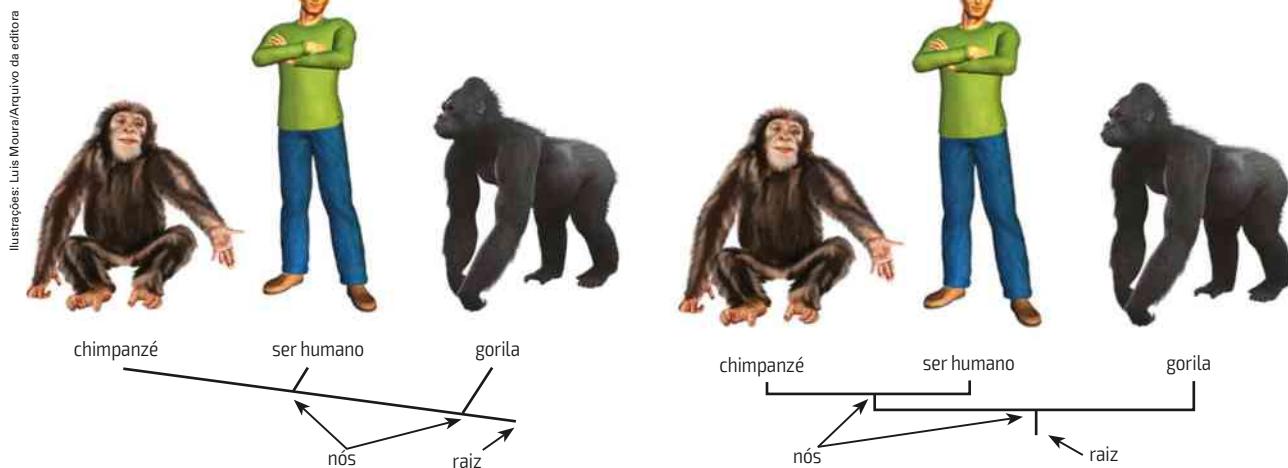


Figura 20.4 Duas formas de esquematizar um cladograma indicando o parentesco evolutivo entre a espécie humana, o chimpanzé (70 cm a 90 cm de altura) e o gorila (*Gorilla gorilla*; 1,30 m a 1,90 m de altura). Há duas espécies de chimpanzés: o chimpanzé comum (*Pan troglodytes*) e o bonobo (*Pan paniscus*). (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Além de mostrar as relações filogenéticas, as novidades evolutivas podem ser indicadas nos ramos dos cladogramas. Observe na **figura 20.5** que o lobo é um parente mais próximo, no sentido evolutivo, do jabuti do que do sapo-cururu ou dos

demais animais da figura. Isso porque ambos compartilham um ancestral comum mais recente. Dois grupos são tão mais aparentados filogeneticamente quanto mais recente for o último ancestral comum.

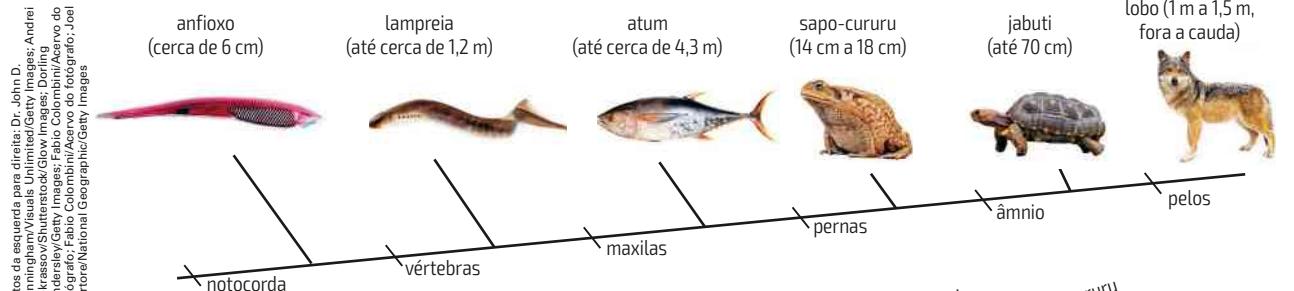
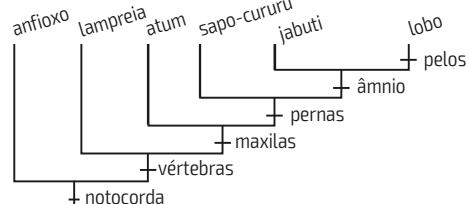


Figura 20.5 Diagramas simplificados representando relações filogenéticas entre alguns vertebrados (animais com coluna vertebral). Os vertebrados fazem parte do filo dos cordados, animais com notocorda, e possuem uma estrutura em forma de bastonete na região dorsal. O âmnio é uma bolsa com um líquido que protege o embrião contra choques e evita sua desidratação. (As medidas indicam o comprimento aproximado de cada animal.)



3 Vida na Terra

Os mais antigos fósseis de organismos pluricelulares com tecidos e órgãos, mas sem partes duras (esqueletos), aparecem no Pré-Cambriano, entre 635 milhões e 542 milhões de anos atrás.

No Ordoviciano (*ordovices* = antigo povo do País de Gales, onde foram realizados estudos desse estrato) há fósseis de esporos de plantas sem vasos condutores de seiva, como o grupo das briófitas. Essas plantas devem ter evoluído a partir de algas verdes e colonizado o ambiente terrestre.

No período seguinte, o Siluriano, aparecem os primeiros peixes com maxilas, os placodermos (do francês *plaque* = placa). Veja a **figura 20.6**. Possuíam uma armadura óssea protetora, que envolvia a região da cabeça, e a boca apresentava maxilas, derivadas do primeiro arco branquial (arco mandibular). O desenvolvimento de maxilas permitiu a eles atacar e morder animais de seu próprio tamanho.

No Siluriano as primeiras plantas com vasos condutores de seiva apareceram e se diversificaram.

No Devoniano (*Devon* = região no sudoeste da Inglaterra, onde foram realizados estudos desse estrato) apareceram as primeiras plantas com sementes.

Os artrópodes, grupo que inclui os insetos e os aracnídeos, por exemplo, foram os primeiros animais invertebrados a conquistar a terra, depois que algumas plantas já estavam estabelecidas nesse ambiente. Entre os artrópodes, os insetos são o grupo com o maior número de espécies descritas, e seus fósseis datam desse período.



Figura 20.6 Reconstituição artística de animais marinhos que viveram durante o Siluriano. O grande peixe à esquerda é do gênero *Dunkleosteus* (atingia até 6 m de comprimento), um predador do grupo dos placodermos que possuía placas ósseas protetoras na cabeça e no tórax. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Ainda no Devoniano, há fósseis de ostracodermos (do grego *ostrakon* = concha; *derma* = pele), peixes sem maxilas e nadadeiras, cujo corpo estava protegido por placas ósseas (figura 20.7).

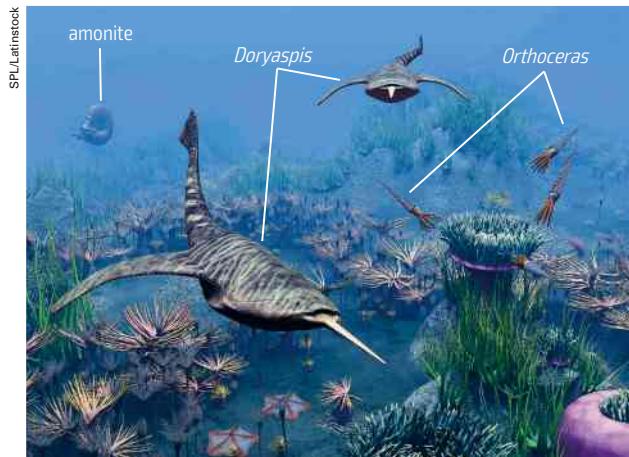


Figura 20.7 Reconstituição artística do Período Devoniano mostrando dois espécimes de *Doryaspis* (gênero de ostracodermos, cerca de 20 cm de comprimento), um amonite (molusco cefalópode, cerca de 5 cm de diâmetro) e alguns animais do gênero *Orthoceras* (também um molusco cefalópode, cerca de 5 cm de comprimento). (Ilustração sem escalas; cores fantasia.)

Nesse período os condriques (peixes com esqueleto de cartilagem, como o tubarão e a raia) e os osteíctes (peixes com esqueleto ósseo, representados pela maioria das espécies de peixes) se diversificaram e se espalharam pelo ambiente aquático. Os primeiros anfíbios, grupo ao qual pertencem os sapos atuais, surgiram ainda no Devoniano.

Os ancestrais dos anfíbios teriam surgido de peixes com nadadeiras musculosas, estrutura óssea semelhante à dos membros dos vertebrados terrestres, que poderiam ser usadas para a locomoção no ambiente terrestre, e um pulmão primitivo, além das brânquias, características que lhes permitiram invadir o ambiente terrestre. Esse processo evolutivo ocorreu entre cerca de 385 milhões de anos e 360 milhões de anos atrás.

No Carbonífero (do latim *carbone* = carvão), as plantas vasculares e sem sementes, como as pteridófitas, formaram imensas florestas, com muitos metros de altura (algumas espécies atingiram mais de 30 m de altura). Os fósseis dessas florestas formaram depósitos de carvão, ainda hoje utilizado como combustível (figura 20.8).

Foi no Carbonífero que surgiram as primeiras plantas com semente, que se espalharam e se diversificaram na Era Mesozoica. Esse domínio foi favorecido pelos climas mais secos dessa era, que acabaram selecionando plantas que não dependem da água para a reprodução. Essas plantas produzem grãos de pólen, que são transportados pelo vento. Além disso, a semente se encarrega da dispersão da planta.

Nesse período surgiram também os primeiros répteis, a partir dos ancestrais dos atuais anfíbios.

O Período Permiano (*Perm* = região da Rússia onde foram realizados estudos nessa área), frio e seco, favoreceu o domínio dos répteis, os primeiros

Ludek Pesek/SPL/Latinstock

Figura 20.8 Reconstituição artística do Período Carbonífero, em que as pteridófitas dominavam a paisagem da Terra (ilustração sem escala; cores fantasia).



vertebrados a resistir a climas secos. Essa adaptação se deve ao fato de seus pulmões serem bem desenvolvidos, com dobras que aumentam a superfície de contato com o oxigênio. Além disso, sua pele tem uma cobertura impermeável, que diminui a perda de água. A fecundação é interna e o ovo, provido de casca, fornece proteção, suporte e alimento ao embrião.

No fim do Permiano, houve a maior extinção em massa da história do planeta: cerca de 90% das espécies marinhas, 70% dos animais terrestres e a maioria das plantas desapareceram.

No início da Era Mesozoica (do grego *mesos* = meio; *zoon* = animal; *oikos* = ambiente), o nível dos oceanos voltou a subir e o clima ficou mais quente. Os répteis diversificaram-se e, no fim do Triássico (do latim *trias* = trindade), apareceram os primeiros dinossauros. No período seguinte, o Jurássico (o nome vem das montanhas Jura, nos Alpes franceses, onde há rochas desse período), surgiram os maiores dinossauros de todos os tempos. No Cretáceo (do latim *creta* = greda, tipo de calcário encontrado na região em que esse período foi estudado), surgiu um dos maiores carnívoros da Terra, o tiranossauro (**figura 20.9**).

Roger Harris/SPL/Latinstock

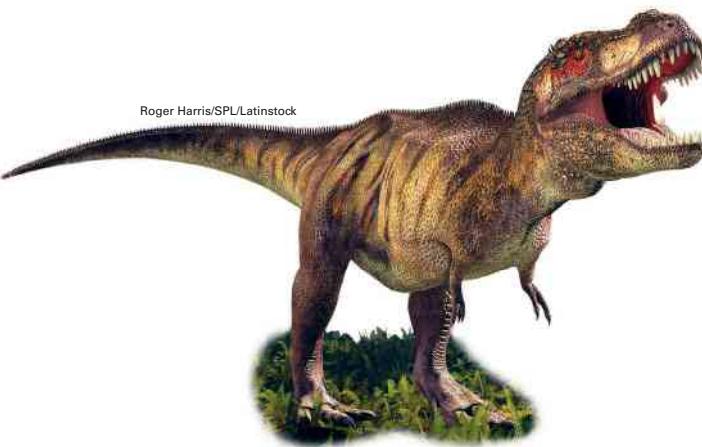


Figura 20.9 Representação do tiranossauro, um dos maiores carnívoros do Cretáceo, com 15 m de comprimento e 6 m de altura. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

No Cretáceo, surgiram também as angiospermas, que dominam o ambiente terrestre até hoje. O desenvolvimento de flores, a polinização por insetos, a adaptação a vários climas e a presença de frutos (que facilitam a dispersão das sementes) possibilitaram sua expansão no ambiente terrestre.

No fim do Cretáceo, ocorreu outra grande extinção em massa, eliminando cerca de 85% das espécies. O estudo dos fósseis parece indicar que no ambiente terrestre foram eliminadas as espécies com mais de 25 kg.

Saíram de cena várias espécies de invertebrados, algas e répteis, incluídos os dinossauros. Uma das teorias mais aceitas para essa extinção é a que supõe a queda na superfície da Terra de um asteroide com cerca de 10 km de diâmetro. Alguns estudos, porém, indicam que ela pode ter sido acelerada por erupções vulcânicas.

Estima-se que as aves tenham surgido de grupos de dinossauros bípedes (grupo dos terópodes), carnívoros e com penas, como evidenciam alguns fósseis, como o *Sinornithosaurus millenii*, com cerca de 125 milhões de anos, o *Sinosauopteryx* ou o *Protarchaeopteryx*, descobertos na China, com 145 milhões de anos. Embora não permitissem o voo, as penas ajudariam a reter o calor corporal. Outro fóssil, o *Archaeopteryx*, descoberto na Alemanha, com cerca de 150 milhões de anos, apresentava penas e um esqueleto semelhante ao dos dinossauros do grupo dos terópodes. Possuía dentes e uma longa cauda (**figura 20.10**).



Figura 20.10 Fóssil da espécie *Archaeopteryx lithographica* (fóssil com cerca de 150 milhões de anos) e reconstituição artística do arqueóptero (cerca de 50 cm de comprimento).

Os primeiros mamíferos surgiram no final do Triássico de um grupo de répteis, os terapsidas. Eram pequenos (menores que um rato), alimentavam-se de insetos e tinham hábitos noturnos. Foi somente a partir da extinção dos dinossauros, há 65 milhões de anos, que os mamíferos puderam espalhar-se pelos mais variados ambientes (**figura 20.11**).

Catmando/Shutterstock/Glow Images



Tigre-dentes-de-sabre (gênero *Smilodon*), com 3 m de comprimento e caninos com 20 cm.

Leonello Calvetti/Shutterstock/Glow Images



Mamutes (gênero *Mammuthus*), com 3 m a 4 m de altura.

Figura 20.11 Representação de algumas das formas que surgiram com a diversificação dos mamíferos, mas que hoje estão extintas (figura sem escala; cores fantasia).



Evolução da espécie humana

Chimpanzés, gorilas e orangotangos são os parentes evolutivos mais próximos da espécie humana, fazendo parte da ordem dos primatas (Primates). Isso quer dizer que nossa espécie e esses animais tiveram uma única espécie ancestral que, ao longo de muitos anos, deu origem a diferentes espécies.

De início, chimpanzés, gorilas e orangotangos eram classificados na família dos pongídeos, mas, atualmente, são classificados na família dos hominídeos (Hominidae), juntamente com a espécie humana.

Análises de sequências de DNA mostram que os chimpanzés são nossos parentes evolutivos mais próximos. Apesar das semelhanças, o ser humano não descende de espécies de macacos atuais, mas ele e os outros antropoides de hoje descendem de um mesmo ancestral. A linhagem

que originou o ser humano e a que originou o chimpanzé podem ter se separado entre 7 milhões e 5 milhões de anos atrás. A partir daí, ambos evoluíram separadamente e acumularam diversas modificações ao longo de milhões de anos (**figura 20.12**).

Uma das diferenças mais importantes entre o ser humano e os demais primatas é a capacidade characteristicamente humana de se apoiar e se locomover apenas sobre os membros posteriores (gorilas, chimpanzés e outros símios são incapazes de andar sobre dois pés por períodos prolongados), deixando as mãos livres para segurar e manipular objetos (recolher e transportar alimentos e filhos, pegar pedras e galhos que podem funcionar como armas, manusear instrumentos delicados de trabalho, etc.).

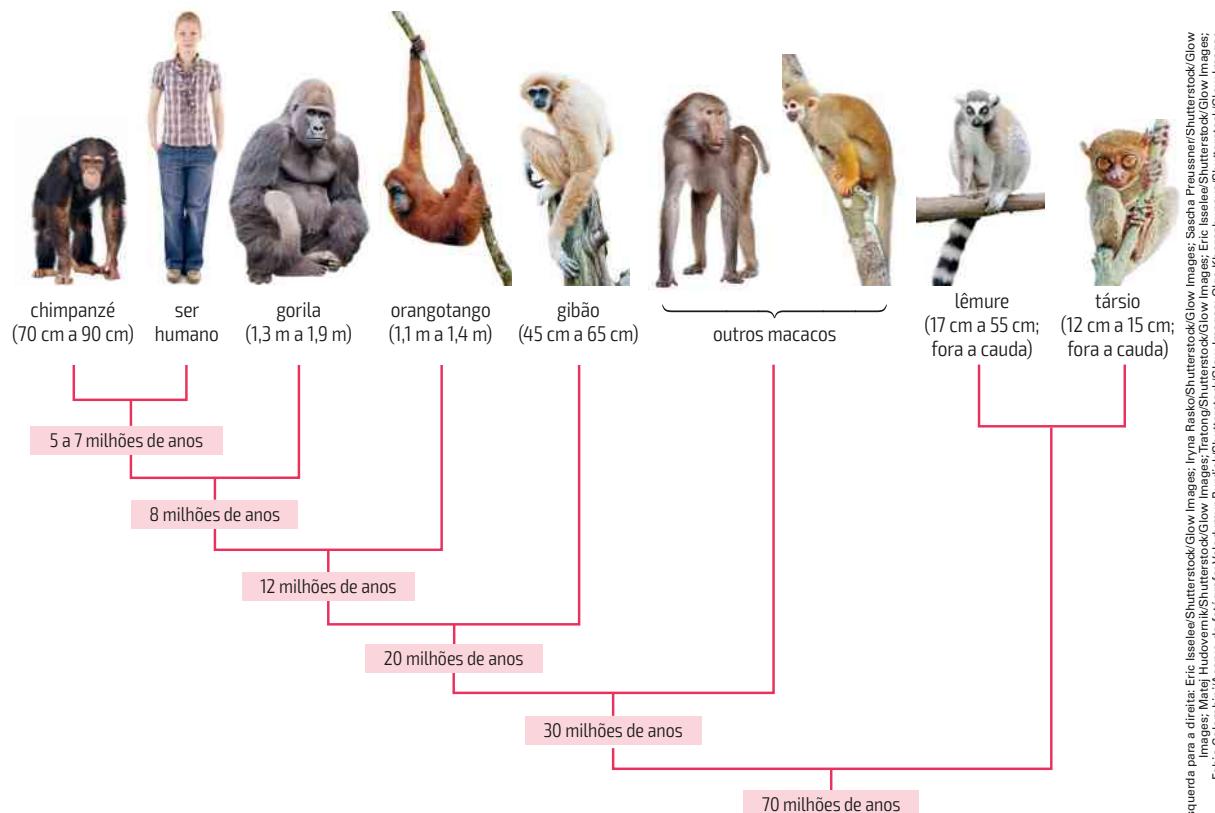
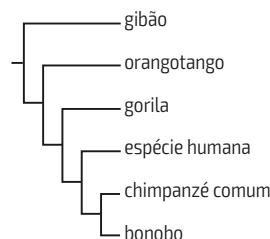


Figura 20.12 Árvore filogenética simplificada indicando o parentesco evolutivo entre a espécie humana e outros primatas. No grupo "outros macacos" estão representados o babuíno (cerca de 1 m) e o macaco-de-cheiro (aproximadamente 35 cm). Observação: há duas espécies de chimpanzés: o chimpanzé comum (*Pan troglodytes*) e o bonobo (*Pan paniscus*). (As medidas indicam o comprimento do animal.)

Atividades



1. A partir do cladograma abaixo, responda:



Qual é o parente evolutivo mais próximo do bonobo? E da espécie humana?

2. Classificar objetos facilita o nosso cotidiano. Por exemplo, se os livros de uma biblioteca estiverem organizados por assunto, título, autor ou algum outro critério fica mais fácil encontrar aquele que procuramos. A classificação dos seres vivos, porém, vai além da organização pura e simples, pois procura representar um fenômeno ocorrido ao longo da história da vida. Qual é esse fenômeno?

3. Veja a seguir os nomes comuns e científicos de alguns anfíbios (sapos, rãs e pererecas) brasileiros:

- sapinho-de-barriga-vermelha: *Melanophryniscus dorsalis*.
 - sapinho-narigudo-de-barriga-vermelha: *Melanophryniscus macrogranulosus*.
 - perereca: *Hyla cymbalum*, *Hyla izecksohni*.
 - perereca-verde: *Hylomantis granulosa*.
 - rãzinha: *Adelophryne baturitensis*, *Adelophryne maranguapensi*, *Thoropa lutzi*, *Thoropa petropolitana*.
- Quantos gêneros e espécies diferentes aparecem nessa lista?
 - Qual a vantagem da utilização, pelos cientistas, dos nomes científicos, em vez dos nomes comuns, para identificar as espécies?

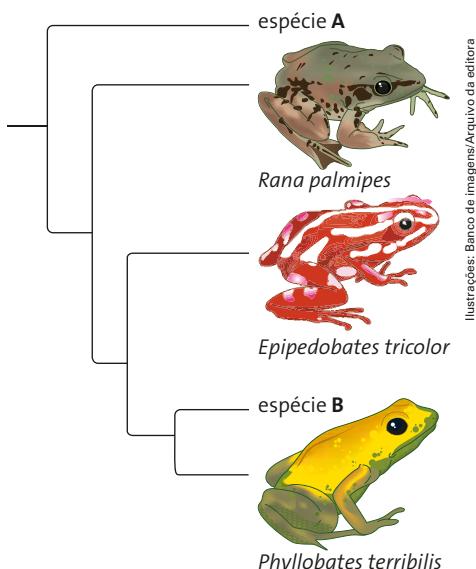
4. (UFRGS-RS) Considere os quatro táxons a seguir relacionados.

1. *Bufo dorbignyi*
2. *Lystrophis dorbignyi*
3. *Didelphis albiventris*
4. *Didelphis marsupialis*

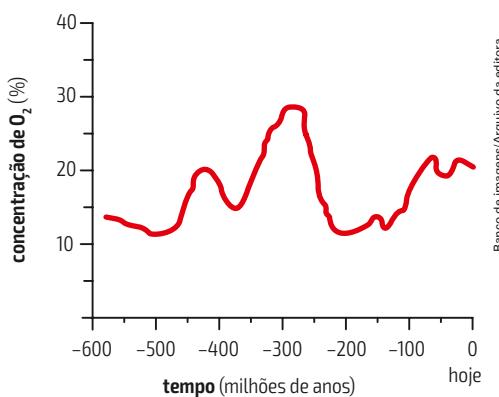
Em relação a eles, é correto afirmar que:

- todos pertencem à mesma espécie.
- há, entre os quatro táxons, apenas duas espécies diferentes.
- os táxons 1 e 2 são de gêneros diferentes, mas da mesma espécie.
- os táxons 3 e 4 são de espécies diferentes, mas do mesmo gênero.
- os táxons 1 e 2 são da mesma subespécie.

5. (UFRJ) Alguns anfíbios possuem venenos que têm por base compostos químicos alcaloides. Os alcaloides obtidos a partir dessas espécies vêm sendo utilizados em pesquisas biomédicas por causa de suas propriedades farmacológicas. Os cientistas acreditam que o conhecimento das relações evolutivas (filogenéticas) dos anfíbios pode auxiliar na escolha das espécies a serem estudadas na busca de novos alcaloides. A figura abaixo mostra as relações evolutivas entre cinco espécies de anfíbios. As espécies *Phylllobates terribilis* e *Epipedobates tricolor* apresentam alcaloides, e a espécie *Rana palmipes* não possui esse tipo de substância. Identifique qual das duas espécies, A ou B, deveria ser estudada primeiro pelos cientistas na busca por alcaloides de interesse farmacológico. Justifique sua resposta.



6. (Enem) Pesquisas recentes estimam o seguinte perfil da concentração de oxigênio (O_2) atmosférico ao longo da história evolutiva da Terra:



No Período Carbonífero, entre aproximadamente 350 e 300 milhões de anos, houve uma ampla ocorrência de animais gigantes, como, por exemplo, insetos voadores de 45 cm e anfíbios de até 2 m de comprimento. No entanto, grande parte da vida na Terra foi extinta há cerca de 250 milhões de anos, durante o Período Permiano. Sabendo que o O₂ é um gás extremamente importante para os processos de obtenção de energia em sistemas biológicos, conclui-se que:

- a) a concentração de nitrogênio atmosférico se manteve constante nos últimos 400 milhões de anos, possibilitando o surgimento de animais gigantes.
- b) a produção de energia dos organismos fotossintéticos causou a extinção em massa no Período Permiano por aumentar a concentração de oxigênio atmosférico.
- c) o surgimento de animais gigantes pode ser explicado pelo aumento da concentração de oxi-

gênio atmosférico, o que possibilitou uma maior absorção de oxigênio por esses animais.

- d) o aumento da concentração de gás carbônico (CO₂) atmosférico no Período Carbonífero causou mutações que permitiram o aparecimento de animais gigantes.
- e) a redução da concentração de oxigênio atmosférico no Período Permiano permitiu um aumento da biodiversidade terrestre por meio da indução de processos de obtenção de energia.

7. (UPE) Dentre as categorias taxonômicas apresentadas abaixo, assinale aquela na qual os indivíduos apresentam maior grau de características semelhantes.

- a) ordem
- b) classe
- c) família
- d) reino
- e) gênero

Trabalho em equipe

Vocês aprenderam que ao longo da história da Terra houve grandes mudanças climáticas provocadas pelo deslocamento das placas tectônicas, pelos vulcões, pelos asteroides vindos do espaço que se chocaram contra o planeta, entre outros fatores. Essas mudanças climáticas provocaram extinções em massa.

Para muitos cientistas, está acontecendo atualmente mais uma extinção em massa; muitas espécies estão desaparecendo em um ritmo de cem a mil vezes mais rápido que o da extinção natural, ou seja, aquela que ocorre fora dos períodos de extinção em massa.

Pesquiseem na internet artigos que discutam a possível extinção em massa atual e respondam:

- a) Quais são os argumentos levantados pelos cientistas que acreditam que estamos vivendo essa extinção?
- b) Existem argumentos contrários à teoria de que estamos vivendo uma extinção em massa?

A turma deve ser dividida em dois grupos para discutir os argumentos. Um dos grupos deve argumentar que estamos vivendo uma extinção em massa, enquanto o outro grupo deve defender que não há razão suficiente para afirmar isso. O resultado do debate deve ser exposto para a comunidade dentro e fora da escola.

Sugestões de aprofundamento

Para ler:

- **A evolução da vida na Terra.** Ingrid Biesemeyer Bellingshausen. São Paulo: DCL, 2006.
- **Evolução – a história da vida.** Douglas Palmer. São Paulo: Larousse, 2009.

Para acessar:

- **Breve história da Terra:** <www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Breve-Historia-da-Terra-1094.html>
- **História da Terra:** <www.ufrgs.br/projetoamora/atividades-integradas/atividades-integradas-2011/um-pouco-da-historia-da-terra>

• **Origem da vida:** <www.ib.usp.br/evosite/evo101/IIE2aOriginoflife.shtml>

• **Origens da vida e evolução:** <www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a21v2159.pdf>

Acesso em: 17 mar. 2016.

Para assistir:

- **Cosmos – Uma voz na sinfonia cósmica.** Carl Sagan e Ann Druyan. Episódio 2. Estados Unidos, 1980. 60 minutos.
- **Construindo o planeta Terra.** *National Geographic*. Estados Unidos, 2011. 130 minutos.
Documentário sobre a história do nosso planeta, desde sua formação até o surgimento dos seres humanos, totalmente gerado em computação gráfica.

Respostas das questões de múltipla escolha

Capítulo 1

17. d
18. c
19. a
20. b
21. e

Capítulo 2

7. b

Capítulo 3

9. c
10. d
11. b
12. $01 + 02 + 04 = 07$
13. c

Capítulo 4

7. e
8. d
9. $01 + 02 + 08 + 16 = 27$
10. c
11. a
12. e
13. e

Capítulo 5

11. c
12. $01 + 02 + 04 + 08 + 16 + 64 = 95$
13. e
14. c
15. a
16. V-F-F-V

Capítulo 6

10. c
11. b
12. c
13. e
14. b
15. e

Capítulo 7

11. $01 + 08 = 09$
12. a

13. b
14. b
15. b
16. e
17. d
18. c
19. e
20. c

Capítulo 8

17. a
18. c
19. c
20. a
21. d
22. d

Capítulo 9

5. e
6. a
7. d
8. b
9. d
10. d
11. d
12. d
13. e
14. a
15. c

Capítulo 10

11. d
12. c
13. b
14. d
15. b
16. c
17. a
18. c

Capítulo 11

8. b
9. d
10. c
11. $04 + 08 + 32 = 44$
12. e

13. e
14. e
15. d
16. b
17. b

Capítulo 12

4. b
6. b
7. d
8. b
9. d
10. b
11. b
12. a
13. a
14. a
15. a

Capítulo 13

7. c
8. e
9. e
10. d
11. d
12. b
13. c
14. d
15. e
16. a

Capítulo 14

7. b
8. $01 + 02 = 03$
9. c
10. $01 + 02 + 04 + 16 + 64 = 87$
11. b
12. c
13. a

Capítulo 15

11. b
12. d
13. c
14. $01 + 04 + 16 = 21$
15. b
16. c

Capítulo 16

5. d
6. c
7. a
8. e
9. c
10. d
11. c
12. c
13. c
14. a
15. d
16. c
17. c

Capítulo 17

8. a, b, e, f
9. c
10. a
11. $01 + 02 + 16 + 32 = 51$
12. a

Capítulo 18

8. e
9. c
10. b
11. a
12. d
13. a
14. a

Capítulo 19

9. c
10. c
11. b
12. c
13. a
14. d
15. c
16. d
17. F-V-V-V

Capítulo 20

4. d
6. c
7. e

Sugestões de leitura para o aluno

Uma visão geral da Biologia

Para ler:

- ♦ **A evolução da vida na Terra.** Ingrid Biesemeyer Bellinghausen. São Paulo: DCL, 2006.
- ♦ **Os 100 maiores cientistas da História.** John Simmons. Rio de Janeiro: Difel, 2002.

Para acessar:

- ♦ **Estação Ciência:** <www.eciencia.usp.br>.
- ♦ **Pontociência:** <www.pontociencia.org.br>.
- ♦ **Representação da Unesco no Brasil:** <www.unesco.org/new/pt/brasilia>.

A química da vida

Para ler:

- ♦ **A água e os seres vivos.** Massao Hara. São Paulo: Scipione, 1990.
- ♦ **Água.** Sônia Salem. São Paulo: Ática, 2009.

Para acessar:

- ♦ **Anorexia nervosa e bulimia:** <<http://drauziovarella.com.br/entrevistas-2/anorexia-nervosa-e-bulimia>>.
- ♦ **História da água engarrafada – Instituto Akatu:** <www.akatu.org.br/temas/agua/posts/Agua-engarrafada-custa-2-mil-vezes-mais-que-agua-de-torneira>.
- ♦ **Segurança alimentar e nutricional:** <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252010000400012&script=sci_arttext>.
- ♦ **Transtornos alimentares:** <www.abpcomunidade.org.br/site/?p=271>.

Célula: unidade da vida

Para ler:

- ♦ **Clonagem: benefícios e riscos.** Danielle Cabral Bonfim. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.
- ♦ **DNA, e eu com isso?** Francisco M. Salzano. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

Para acessar:

- ♦ **Centro de Pesquisa sobre o Genoma Humano e Células-Tronco:** <<http://genoma.ib.usp.br>>.
- ♦ **Estrutura celular – Fundação Oswaldo Cruz:** <www.invivo.fiocruz.br/celula/estrutura_celular.htm>.
- ♦ **Revista Biotecnologia, Ciência e desenvolvimento:** <www.bioteecnologia.com.br>.

Reprodução, desenvolvimento e tecidos

Para ler:

- ♦ **A dinâmica do corpo humano.** Cristina Leonardi. São Paulo: Atual, 2003.
- ♦ **A sexualidade e o uso de drogas na adolescência.** Caio Feijó. São Paulo: Novo Século, 2007.

Para acessar:

- ♦ **Câncer de pele:** <<http://drauziovarella.com.br/cancer/cancer-de-pele>>.
- ♦ **Fundação Pró-Sangue:** <www.prosangue.sp.gov.br>.
- ♦ **Laboratório Nacional de Células-Tronco Embrionárias (LaNCE-RJ):** <www.lance.ufrj.org>.
- ♦ **LGBT – Secretaria de Direitos Humanos:** <www.sdh.gov.br/assuntos/lgbt>.
- ♦ **Saúde do adolescente e do jovem:** <<http://portalsauda.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/sas/saude-do-adolescente-e-do-jovem>>.
- ♦ **Transmissão do vírus zika:** <<https://nacoesunidas.org/oms-esclarece-duvidas-sobre-a-transmissao-do-virus-zika-por-relacoes-sexuais>>.

Origem e história da vida

Para ler:

- ♦ **O que é vida? Para entender a Biologia do século XXI.** Antonio Augusto Passos Videira e Charbel Niño El-Hani. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.
- ♦ **O quinto milagre: em busca da origem da vida.** Paul Davies. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

Para acessar:

- ♦ **Aleksandr Ivanovic Oparin e a origem da vida – Revista eletrônica de ciências:** <www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_40/EraUmaVez.html>.
- ♦ **Origem da vida na Terra – Portal de Astronomia da UFMG:** <www.observatorio.ufmg.br/pas37.htm>.

Todos os sites foram acessados em: 24 mar. 2016.

Bibliografia

- ◆ ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H.; PILLAI, S. H. I. V. *Imunologia celular e molecular*. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- ◆ ALBERTS, B. et al. *Fundamentos da Biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- ◆ BELDA Jr., W. *Doenças sexualmente transmissíveis*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2009.
- ◆ BIZZO, N. *Ciências: fácil ou difícil?*. São Paulo: Ática, 1998.
- ◆ BONFIM, D. C. *Clonagem: benefícios e riscos*. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.
- ◆ BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 2006.
- ◆ _____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 1999.
- ◆ _____. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos PCN*. Brasília, 2002.
- ◆ CAMPBELL, M. K. *Bioquímica*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- ◆ COVAS, D. T.; ZAGO, M. A. (Org.). *Células-tronco: a nova fronteira da Medicina*. São Paulo: Atheneu, 2006.
- ◆ DE ROBERTIS, E. M. F.; HIB, J. *Bases da Biologia celular e molecular*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- ◆ DEVLIN, T. M. *Manual de Bioquímica com correlações clínicas*. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
- ◆ DRLICA, K. A. *Compreendendo o DNA e a clonagem gênica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- ◆ EL-HAHNI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (Org.). *O que é vida?: para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.
- ◆ FARAH, S. B. *DNA: segredos e mistérios*. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2007.
- ◆ FORTEY, R. *Vida: uma biografia não autorizada*. São Paulo: Record, 2001.
- ◆ FRANÇOSO, L. A.; GEJER, D.; REATO, F. N. de. *Sexualidade e saúde reprodutiva na adolescência*. São Paulo: Atheneu, 2001.
- ◆ GARCIA, S. M. L. de; FERNÁNDEZ, C. G. *Embriologia*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- ◆ GARTNER, L. P.; HIATT, J. L. *Tratado de Histologia em cores*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- ◆ GOODENOUGH, J.; MCGUIRE, B. *Biology of Humans: Concepts, Applications and Issues*. 5. ed. San Francisco: Pearson, 2013.
- ◆ JUNQUEIRA, L. C. V.; CARNEIRO, J. *Biologia celular e molecular*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.
- ◆ _____. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- ◆ KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.
- ◆ LOWE, J. N.; STEVENS, A. *Histologia humana*. 2. ed. Barueri: Manole, 2001.
- ◆ MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N. *Embriologia clínica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- ◆ NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- ◆ PASSOS, M. R. L.; ALMEIDA, G. *Atlas de DST e diagnóstico diferencial*. Rio de Janeiro: Revinter, 2002.
- ◆ RAVEN, P. H.; JOHNSON, G. B.; LOSOS, J. B.; SINGER, S. R. *Biology*. 7. ed. Boston: McGraw-Hill, 2005.
- ◆ REECE, J. B. et. al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- ◆ ROITT, I. M.; MALE, D.; BROSTOFF, J. *Imunologia*. 6. ed. Barueri: Manole, 2002.
- ◆ RUMJANEK, F. D. *Introdução à Biologia molecular*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2001.
- ◆ SADLER, T. W. *Langman: Embriologia Médica*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- ◆ SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN C.; MARTIN, D. W. *Biology*. 10. ed. Belmont: Brooks Cole, 2014.
- ◆ TIRAPEGUI, J. *Nutrição: fundamentos e aspectos atuais*. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013.
- ◆ TORTORA, G. J. *Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- ◆ WILMUT, I.; CAMPBELL, K.; TUDGE, C. *Dolly: a segunda criação*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2000.



**Manual
do Professor**

Biologia
VOLUME 1

Sumário

1	O ensino de Biologia nos dias atuais	291
2	Ciências da Natureza	292
3	Objetivos gerais da Coleção	293
4	Uma palavra com o professor: a prática pedagógica	295
5	Avaliação	298
6	Usando o livro-texto: uma orientação geral	300
7	Sugestões de leitura para o professor	307
8	Sugestões de <i>sites</i> de museus e outros espaços de Ciências	314
9	Sugestões de abordagem e comentários	315
10	Respostas das atividades	356
	Unidade 1 – Uma visão geral da Biologia	356
	Capítulo 1 – O fenômeno da vida	356
	Capítulo 2 – Como o cientista estuda a natureza	357
	Unidade 2 – A química da vida	359
	Capítulo 3 – Água e os sais minerais	359
	Capítulo 4 – Carboidratos e lipídios	360
	Capítulo 5 – Proteínas e vitaminas	361
	Unidade 3 – Célula: unidade da vida	362
	Capítulo 6 – Uma visão geral da célula	362
	Capítulo 7 – Membrana plasmática e citoplasma	363
	Capítulo 8 – Respiração celular e fermentação	364
	Capítulo 9 – Fotossíntese e quimiossíntese	367
	Capítulo 10 – Núcleo, ácidos nucleicos e clonagem	367
	Capítulo 11 – Cromatina, cromossomos e a divisão celular	369
	Unidade 4 – Reprodução, desenvolvimento e tecidos	370
	Capítulo 12 – Reprodução	370
	Capítulo 13 – Desenvolvimento embrionário dos animais	370
	Capítulo 14 – Tecido epitelial	371
	Capítulo 15 – Tecidos conjuntivos	372
	Capítulo 16 – Sangue, linfa e sistema imunitário	373
	Capítulo 17 – Tecido muscular	373
	Capítulo 18 – Tecido nervoso	374
	Unidade 5 – Origem e história da vida	375
	Capítulo 19 – Teorias sobre a origem da vida	375
	Capítulo 20 – História da vida	375
11	Significado das siglas de vestibular	376

1 O ensino de Biologia nos dias atuais

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96) diz, em seu artigo 22, que o Ensino Médio “tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”.

De acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCN), o Ensino Médio tem o objetivo de garantir a todos a oportunidade de consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, de aprimorar o educando como pessoa humana, de possibilitar o prosseguimento de estudos e de garantir a preparação básica para o trabalho e a cidadania.

Ainda de acordo com os PCN, deve haver contextualização do ensino. Isso significa abordar um assunto de forma a identificar a situação ou o contexto no qual ele está inserido. Ou seja, deve-se estabelecer uma relação entre o que o aluno aprende na escola e o que acontece na sociedade, referenciando histórica, política, econômica e socialmente os conteúdos. Com isso, é possível ampliar as possibilidades de uma aprendizagem que terá significado e relevância para os alunos, tanto individualmente como dentro dos grupos aos quais eles pertencem. A aprendizagem contextualizada capacita o estudante a fazer relações entre os temas discutidos na escola e sua vida: seu cotidiano, sua saúde, sua relação com a sociedade e com o ambiente, sua interação com as tecnologias, etc.

A contextualização dos conceitos é também um importante recurso para trazer à tona outras áreas do conhecimento relacionadas a um tema ou assunto. É, portanto, um dos possíveis caminhos para se atingir a *interdisciplinaridade*. Atualmente, temos clareza de que trabalhar com os alunos inter-relacionando o conhecimento das várias disciplinas contribui para que o estudante seja capaz de compreendê-los como uma construção humana que não ocorre de forma isolada, mas é influenciada, influencia e está ligada a todo um conjunto de outros conhecimentos. Assim, o cidadão em formação poderá compreender a integração entre as diversas áreas do conhecimento e da cultura, além de desenvolver múltiplas habilidades cognitivas, o que favorece o seu desenvolvimento global.

O trabalho interdisciplinar, assim como a própria contextualização dos assuntos e temas, pode estimular o aluno a desenvolver e consolidar uma série de com-

petências e habilidades, como compreender as Ciências da Natureza e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social. Dentro dessas competências, muitas habilidades podem ser desenvolvidas por meio do trabalho interdisciplinar. Entre elas, podemos citar a habilidade de confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo e em diferentes culturas. Ou seja, a abordagem interdisciplinar incentiva o pensamento crítico, a criatividade, a curiosidade, a capacidade de abstração, de trabalhar em equipe, de aceitar opiniões divergentes, de se comunicar e de pesquisar.

De acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais* – Ensino Médio, o desenvolvimento de múltiplas competências está em consonância com a capacitação do ser humano para atuar em três domínios: a vida em sociedade, a atividade produtiva e a experiência subjetiva. Assim, devem ser incorporadas, como diretrizes gerais e orientadoras da proposta curricular, as quatro premissas apontadas pela Unesco (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) como eixos estruturais da educação contemporânea. As quatro premissas são¹:

Aprender a conhecer

Considera-se a importância de uma educação geral, suficientemente ampla, com possibilidade de aprofundamento em determinada área de conhecimento. Prioriza-se o domínio dos próprios instrumentos do conhecimento, considerado como meio e como fim. Meio, enquanto forma de compreender a complexidade do mundo, condição necessária para viver dignamente, para desenvolver possibilidades pessoais e profissionais, para se comunicar. Fim, porque seu fundamento é o prazer de compreender, de conhecer, de descobrir.

O aumento dos saberes que permitem compreender o mundo favorece o desenvolvimento da curiosidade intelectual, estimula o senso crítico e permite compreender o real, mediante a aquisição da autonomia na capacidade de discernir.

¹ Brasil. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002, p. 15-16.

Aprender a conhecer garante o aprender a aprender e constitui o passaporte para a educação permanente, na medida em que fornece as bases para continuar aprendendo ao longo da vida.

Aprender a fazer

O desenvolvimento de habilidades e o estímulo ao surgimento de novas aptidões tornam-se processos essenciais, na medida em que criam as condições necessárias para o enfrentamento das novas situações que se colocam. Privilegiar a aplicação da teoria na prática e enriquecer a vivência da ciência na tecnologia e destas no social passa a ter uma significação especial no desenvolvimento da sociedade contemporânea.

Aprender a viver

Trata-se de aprender a viver juntos, desenvolvendo o conhecimento do outro e a percepção das interdependências, de modo a permitir a realização de projetos comuns ou a gestão inteligente dos conflitos inevitáveis.

Aprender a ser

A educação deve estar comprometida com o desenvolvimento total da pessoa. Aprender a ser supõe a preparação do indivíduo para elaborar pensamentos autônomos e críticos e para formular os seus próprios juízos de valor, de modo a poder decidir por si mesmo,

frente às diferentes circunstâncias da vida. Supõe ainda exercitar a liberdade de pensamento, discernimento, sentimento e imaginação, para desenvolver os seus talentos e permanecer, tanto quanto possível, dono do seu próprio destino.

Aprender a viver e aprender a ser decorrem, assim, das duas aprendizagens anteriores – aprender a conhecer e aprender a fazer – e devem constituir ações permanentes que visem à formação do educando como pessoa e como cidadão.

(Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio, p. 15-16).

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) vêm reafirmar a necessidade de organização do ensino a partir da articulação entre os componentes curriculares e as competências e habilidades, constituindo temas estruturadores que propiciam a compreensão das principais temáticas da Biologia em situações reais, que possam ser vivenciadas, problematizadas e interpretadas, para além dos domínios de uma única disciplina. Os seis temas estruturadores apresentados pelos PCN+ para a aprendizagem de Biologia são: a interação entre os seres vivos; a qualidade de vida das populações humanas; a identidade dos seres vivos; a diversidade da vida; a transmissão da vida, ética e manipulação gênica; e a origem e evolução da vida.

2 Ciências da Natureza

A estruturação da produção do conhecimento em diferentes áreas remonta aos séculos XVIII e XIX. Nesse momento, a denominada História Natural é a área que engloba diversas disciplinas relacionadas ao estudo das coisas vivas, abrangendo inclusive setores da Geografia, da Geologia e da Física.

No século XX, além do grande aumento na produção de conhecimento, é possível notar a ampliação das especificidades dentro das diferentes áreas do conhecimento que vão cada vez se setorizando mais. Assim, os cursos que ensinavam conteúdos de História Natural passaram a ser divididos nas disciplinas de Botânica, Zoologia e Biologia. O surgimento das Ciências Biológicas como denominação de uma área do conhecimento e dos cursos que vieram a substituir a chamada História Natural ocorreu no bojo dessas mudanças, influenciada também pelo aumento da democratização do ensino a partir da década de 1950.

Toda essa especialização e setorização das áreas de construção dos conhecimentos tiveram, por um lado, influência na própria produção destes, podendo ser alguns dos fatores da grande ampliação que têm ocorrido nesse processo nos últimos séculos. Por outro lado, ocorreram também consequências dessa especialização e setorização sobre o ensino de Ciências e Biologia, levando a uma maior valorização dos conceitos, fatos e especificidades de cada área em detrimento de uma visão mais geral, contextualizada e inter-relacionada dos conteúdos.

No Brasil, desde meados da década de 1960 é possível perceber um movimento preocupado com essas questões. Porém, poucas mudanças foram sentidas de fato, ocorrendo a manutenção de um modelo de ensino setorizado e embasado em conceitos. Já na década de 1980, ganham força os movimentos populares em prol da democratização da sociedade, e diversos países

e a Unesco assumem uma nova intenção a respeito da educação em Ciências sob o *slogan* “ciência para todos”, inserido no conceito de educação ao longo da vida. Assim, requer-se uma alfabetização científica, que exceda a compreensão de conceitos científicos, tornando os indivíduos críticos e participativos nas decisões em relação ao mundo natural, incluindo as interações humanas com o ambiente.

Nesse período e na década posterior, ocorre no Brasil a massificação do ensino. Diversos programas de ensino de Ciências e de Biologia são elaborados no país pelos órgãos ligados ao governo. A análise desse material mostrou, contudo, a permanência de um caráter descritivo, descontextualizado e pouco inter-relacionado dos conteúdos. Apenas no final da década de 1990, com a difusão dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), é possível notar uma valorização dos aspectos práticos e do cotidiano do aluno. Esses aparecem de forma ainda mais ampliada sob o viés dos *Temas transversais*, que procuram promover ainda outros aspectos relacionados aos valores, atitudes e discussão de questões sociais, no sentido do pleno exercício da cidadania.

Esses documentos incluíram os tópicos de Biologia em um conjunto mais amplo denominado Área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, na qual estão inseridas também as disciplinas de Física, Química e Matemática. Com isso, procura-se estimular um processo de ensino-aprendizagem mais amplo, que para além dos conteúdos específicos de cada disciplina,

possibilite conexões e inter-relações entre eles. A própria história da segmentação e especialização que levou ao surgimento dessas disciplinas nos permite denotar várias relações existentes entre elas, sugerindo daí uma série de elementos possíveis para se trabalhar com os alunos, via a contextualização dos temas.

Para além dessas conexões, a criação da área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias procurou também esclarecer as diversas competências, habilidades e procedimentos que são comuns às disciplinas dessa área, como a própria forma de produzir conhecimento científico por meio da criação de hipóteses, experimentação, possibilidade de repetição de experimentos, etc.; ou ainda procedimentos mais objetivos e que são amplamente utilizados nessas disciplinas, como a construção de gráficos. Desta forma, podemos identificar outros vários aspectos para que se efetive um trabalho interdisciplinar.

Por meio da contextualização e do trabalho interdisciplinar, procura-se efetivar um aprendizado que seja importante ao longo da vida do indivíduo, que o possa vivenciar o mundo do trabalho e a sociedade de maneira crítica, mas sendo capaz de conviver de maneira respeitosa com diversas pessoas, sem discriminação por conta de diferenças de gênero, idade, orientação sexual, etnia, etc. Essa formação e esse aprendizado também devem colaborar para que o estudante possa participar ativamente de decisões que envolvem a sociedade, exercendo de fato sua cidadania.

3 Objetivos gerais da Coleção

Procuramos, sempre que possível, relacionar os conceitos e as explicações científicas a fenômenos do cotidiano do estudante e a temas atuais nas áreas de tecnologia, saúde e ambiente. O objetivo dessa abordagem, em um primeiro momento, é promover uma conexão entre os conceitos que os alunos trazem para a escola (conceitos prévios) e os conceitos científicos importantes para a compreensão do mundo.

Essa abordagem também permite a compreensão de como o conhecimento científico e a tecnologia utilizam os recursos naturais. Esse uso traz imensos benefícios à humanidade, mas também causa impactos negativos – poluição, destruição dos ambientes naturais e perda de biodiversidade, entre outros. Por isso, consideramos fundamental estimular o estudante a refletir sobre as consequências da tecnologia para o equilíbrio da natureza.

Ao discutirmos a natureza, seguimos um enfoque evolutivo e ecológico, com ênfase nas características adaptativas dos organismos e nas relações entre eles, enfatizando a interdependência entre os seres vivos, inclusive o ser humano, e o ambiente.

Procuramos ao longo de todo o texto, das aberturas de capítulos e das atividades, estimular o questionamento, o debate e a busca de evidências, despertando assim o espírito crítico do estudante. Ao final de cada Unidade, os alunos são convidados a aprofundar mais seus conhecimentos por meio de dicas de livros, de sites e de filmes relacionados ao tema em questão.

Ao longo do texto e em boxes, a Coleção procura estabelecer um diálogo com outras disciplinas (Física, Química, Sociologia, Matemática, História e Filosofia da Ciência, etc.), contextualizando a Biologia e relacionando-a com as demais áreas do conhecimento.

O objetivo é ajudar o estudante a perceber, conhecer e compreender conexões existentes entre as diversas áreas do conhecimento. Com isso, o aluno pode, por exemplo, compreender a partir da contextualização de um determinado conteúdo que temas de outras disciplinas também foram produzidos em um mesmo momento histórico e por isso passaram por determinado processo de construção, de valorização e mesmo de substituição de conceitos e ideias. As conexões com outras disciplinas também podem ser feitas por meio do trabalho com competências, habilidades e procedimentos comuns, levando o aluno a identificá-las e se apropriar delas aplicando-as no aprendizado de diversos conteúdos. Esses elementos que buscam a interdisciplinaridade presentes no livro seguem a proposta de um aprendizado mais amplo e contextualizado que propicia ao aluno uma significação real dos conteúdos para sua atuação cidadã na sociedade e no trabalho.

Assim, com esta Coleção pretendemos proporcionar ao estudante uma aprendizagem que o ajude a:

- compreender os conceitos científicos básicos e relacionar o que aprende na escola com o cotidiano, a própria saúde, o ambiente, a sociedade e suas tecnologias;
- exercer a cidadania, combatendo a violência e a intolerância e buscando a igualdade de direitos entre as pessoas;
- adquirir competências que permitam seu progresso no trabalho e em estudos posteriores;
- compreender que a Biologia, assim como as demais ciências, é um conjunto de conhecimentos que se modifica ao longo do tempo e que não está definitivamente estabelecido;
- desenvolver o pensamento lógico e o espírito crítico, utilizados para identificar e resolver problemas, formulando perguntas e hipóteses, aplicando os conceitos científicos a situações variadas, testando, discutindo e redigindo explicações para os fenômenos, e comunicando suas conclusões aos colegas para que elas sejam debatidas;
- identificar as relações e a interdependência entre todos os seres vivos, inclusive da espécie humana, e os demais elementos do ambiente, avaliando como o equilíbrio dessas relações é importante para a manutenção da vida em nosso planeta;
- aplicar os conhecimentos adquiridos de forma responsável, de modo a contribuir para a melhoria das condições ambientais, da saúde e das condições gerais de vida de toda a sociedade;
- conhecer melhor o próprio corpo, valorizando hábitos e atitudes que contribuam para a saúde individual e coletiva;
- reconhecer, por meio da elaboração e teste de hipóteses, conexões entre as formas de produção do conhecimento científico em diferentes áreas e a possibilidade de repetição de experimentos;
- identificar habilidades, procedimentos e competências comuns à Biologia e às outras áreas do conhecimento;
- compreender a influência de determinado contexto histórico, político, econômico e social na produção de conteúdos de diferentes disciplinas;
- compreender a importância da divulgação científica para a própria produção do conhecimento nas diversas áreas, como também para a legitimação desses conhecimentos na sociedade.

Para que esses objetivos sejam atingidos, os livros da Coleção utilizam diferentes estratégias, que vão desde a seleção e a organização do conteúdo em textos e boxes até o uso de fotos, a diagramação e a composição de ilustrações, esquemas e modelos que facilitam a leitura e incentivam a participação ativa do aluno em seu próprio aprendizado.

Os boxes de contextualização e as seções de atividades foram especialmente pensados para estimular a participação do aluno como sujeito do próprio aprendizado. Entre as atividades, o **Trabalho em equipe** se destaca pela proposta de pequenos projetos em grupo que são, muitas vezes, interdisciplinares e convidam os alunos a pesquisar sobre temas e conceitos que vão além da Biologia. As propostas de apresentação dos resultados das pesquisas também ultrapassam os limites do formato científico, abrangendo várias outras formas de expressão. Sempre que for possível usar computadores, aparelhos de telefone celular e a internet, os alunos devem ser estimulados a produzir e divulgar o resultado de suas pesquisas fazendo uso dessas tecnologias. Além de já fazer parte da cultura de grande parte dos jovens, a internet pode propiciar a comunicação além da sala de aula e da comunidade escolar e contribuir para uma postura investigativa do aluno.

As **Atividades práticas** aproximam os alunos da realidade da ciência por meio da experimentação. Essas atividades estimulam diversos tipos de habilidades e

devem ser realizadas sempre que o professor julgar interessante e pertinente com a dinâmica de sua aula. Os boxes **Fique de olho!** são usados para chamar a atenção do aluno em diversas situações. Por vezes, esses boxes enfatizam algumas relações estabelecidas pelo texto, mas que não estão evidentes para o aluno; fornecem informações adicionais sobre o tema em questão; ou alertam o aluno, esclarecendo possíveis formas imprecisas de interpretação de alguns conceitos. A inserção dos boxes, de maneira geral, cria um dinamismo que facilita a interação do estudante com os temas abordados pelos capítulos.

Outras estratégias importantes para atingir os objetivos propostos estão presentes na seção *Sugestões de abordagem e comentários* deste Manual. Nela indicamos textos, questões e atividades – do próprio livro-texto ou de outras fontes – para serem trabalhados com os alunos. Destacamos também as possíveis conexões entre os temas tratados nos capítulos e temas de outros capítulos do mesmo Volume e dos outros Volumes da Coleção.

Na mesma seção, apresentamos textos teóricos e *sites* que podem ajudar o próprio professor a aprofundar seus conhecimentos tanto na área pedagógica como em questões conceituais abordadas na Coleção.

4 Uma palavra com o professor: a prática pedagógica

Não há uma estratégia única de ensino. Isso também se aplica à Biologia e às demais Ciências da Natureza. As estratégias mais adequadas variam e dependem do contexto em que se dá o processo de ensino-aprendizagem. Ainda assim, é possível adotar algumas ideias gerais que hoje parecem consolidadas.

É preciso, por exemplo, estimular a participação ativa do estudante no processo de aprendizagem, procurando torná-lo agente da sua construção de conhecimentos. Assim, é importante sempre possibilitar a interação e estabelecer diálogos com o estudante, de forma a estimular sua curiosidade e enfatizando a capacidade de resolver problemas utilizando os conhecimentos adquiridos. É fundamental também promover uma conexão entre os conceitos científicos e o ambiente, a sociedade plural, o mundo do trabalho, as tecnologias, o cotidiano do estudante e sua saúde.

Um importante aspecto para a melhoria da prática docente é a capacidade de refletir sobre ela, avaliando as várias formas de estabelecer as relações com os alunos no processo de ensino-aprendizagem. Estudos que vêm sendo feitos há muito tempo na área da Educação têm se debruçado a analisar criticamente a atuação do professor nesse processo, constatando que a transmissão passiva de conhecimentos está muitas vezes relacionada à ideia de que a informação será levada de um ponto a outro. Desta forma, o “receptor” é muitas vezes considerado um sujeito vazio e que vai receber conhecimentos de alguém que é detentor da

informação e que ocupa uma posição muito distante desse sujeito.

Atualmente sabemos que existem outras formas de ensino, em um processo de mediação que supera a simples transmissão de informação, negociando significados a partir daquilo que os alunos já conhecem, estabelecendo relações com a realidade deles e de forma contextualizada. Com isso, é possível fazer com que “a aprendizagem tenha significado, de forma que o aluno seja capaz de relacionar o que é apresentado na escola com a sua vida, a sua realidade e o seu cotidiano”².

Na prática, isso pode ser alcançado quando o professor se aproxima de seus alunos e passa a conhecer suas realidades e necessidades. Então, é possível propor atividades que funcionem como um desafio ao estudante, que o levem a aplicar o conhecimento adquirido a situações novas e que promovam a contextualização dos conteúdos. No que concerne especificamente à área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, é preciso ir além da mera transmissão de fórmulas ou nomes para serem decorados. Como dizia o físico Richard Feynman (*Surely you’re joking, Mr. Feynman!*, Londres: Allen and Unwin, 1985), “os estudantes decoram tudo, mas não sabem o significado de nada”. É preciso estabelecer uma conexão entre os abstratos conceitos científicos e as experiências do cotidiano – incluídas aquelas recebidas, por exemplo, por meio das notícias sobre ciência e tecnologia.

² Brasil. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006, p. 22.

Da mesma forma, é preciso atentar para as habilidades e procedimentos específicos da área e da disciplina, que também fazem parte do processo de construção do conhecimento de cada indivíduo. As habilidades e procedimentos aprendidos e desenvolvidos no aprendizado da Biologia têm papel fundamental para a compreensão de conceitos e permitem a conexão com outros assuntos e disciplinas, e com a realidade do estudante. Além disso, é preciso que, sabendo que os conhecimentos científicos estão em constante transformação, o aluno aprenda a pesquisar as informações pertinentes, analisando-as criticamente.

Como na maioria das profissões, o trabalho do professor também depende de uma diversidade de saberes advinda de diferentes áreas. Dessa forma, em sua prática, o professor precisará dos saberes da disciplina que ministra, dos saberes pedagógicos, dos saberes de sua formação profissional e dos saberes de sua experiência prévia. Espera-se, portanto, que na formação do professor de Biologia estejam contemplados não apenas os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de sua disciplina, mas também o conhecimento das principais estratégias metodológicas que poderão facilitar o processo de ensino-aprendizagem, cabendo ao professor escolher a metodologia mais apropriada para cada etapa ou situação específica desse processo.

O professor deve ainda compreender e trabalhar as interações entre a Biologia e a sociedade, assumindo uma postura ética, com o compromisso de participar da formação do aluno como cidadão. É preciso também que esteja sempre disposto a: acompanhar transformações da sociedade; aprender coisas novas; selecionar e adequar os conteúdos à especificidade do processo de ensino-aprendizagem; conhecer e dominar as novas tecnologias em Educação; e, finalmente, respeitar o saber de seus alunos, preparando-os para a apropriação do conhecimento científico.

O construtivismo

Um termo ainda muito em voga no ensino é *construtivismo*. Por isso, apresentamos a seguir um resumo de alguns conceitos básicos dessa abordagem pedagógica.

O construtivismo engloba uma série de pontos de vista acerca do conhecimento, da ciência e da aprendizagem, com implicações para a Filosofia, a Sociologia, a Psicologia e para a teoria e a prática pedagógicas.

Sua ideia central é que todo o conhecimento é construído ativamente, com o auxílio de modelos mentais que interpretam e organizam as experiências. A própria ciência seria uma construção ativa da mente humana, condicionada histórica e culturalmente. A partir daí surgem diferentes abordagens construtivistas, que variam de acordo com o enfoque psicológico ou social e também com a área de atuação das pesquisas (Epistemologia, Psicologia, teoria e prática pedagógicas, etc.).

Em relação à teoria e à prática pedagógicas, a abordagem construtivista enfatiza a participação do educando nesse processo e a importância de conceitos prévios na construção de novos conhecimentos. Isso significa que as ideias e as crenças que o educando traz para a escola terão forte influência na interpretação do que é ensinado, isto é, na construção de significados.

A teoria construtivista mais tradicional, originada pelo psicólogo e epistemólogo suíço Jean Piaget (1896-1980), propõe que a aprendizagem é um processo individual, psicológico, construído a partir da interação pessoal com o mundo. A teoria piagetiana pressupõe um sujeito ativo nesse processo de aprendizagem, que se dá em etapas ou estágios do desenvolvimento humano, comuns a todos os indivíduos. Em cada um desses estágios, o sujeito é capaz de construir uma série de significados de acordo com as possibilidades cognitivas (“maturação” biológica).

A teoria construtivista do russo Lev Vygotsky (1896-1934) e seus seguidores, conhecida por socioconstrutivismo, também considera o indivíduo como agente ativo no processo de construção de significados. No entanto, o socioconstrutivismo enfatiza a importância das interações sociais e condições de vida em sua comunidade como os elementos desencadeadores para a construção cognitiva do indivíduo. De acordo com a teoria de Vygotsky, os adultos servem de modelo para as crianças e têm um papel fundamental como mediadores nesse processo de construção. Pensando nisso, todos os funcionários da escola exercem alguma influência na formação dos alunos. As relações entre os funcionários da escola também são modelos para que os alunos construam suas próprias relações. Dessa forma, é imprescindível que o professor reflita sobre o seu papel como educador e sobre suas relações com os demais funcionários do ambiente escolar.

Outro pensador importante para o construtivismo foi o psicólogo estadunidense David Paul Ausubel (1918-2008). Ele defendia a ideia de que a aprendizagem

deve ser significativa – em oposição a uma mera aprendizagem mecânica ou repetitiva, em que o aluno apenas decora conceitos para a prova e logo os esquece. Para que a aprendizagem seja significativa, um novo conteúdo deve ter relação com o conhecimento prévio do aluno, passando assim a ter um significado para ele.

Outro ponto importante da abordagem construtivista é que os significados construídos podem ser diferentes dos pretendidos pelo professor. Isso acontece porque essa construção é um processo ativo por parte do educando, sendo influenciada por seus conhecimentos prévios. Nesse caso, o professor pode direcionar o processo de aprendizagem, selecionando as experiências apropriadas e encorajando o educando a construir seus significados, em vez de simplesmente apresentar ideias prontas. Após ter construído significados, o educando terá condições de avaliá-los, podendo aceitá-los ou rejeitá-los. Ele pode, por exemplo, construir o significado de um conceito ou de uma lei científica, mas deixar de aceitá-los como uma explicação adequada para os fenômenos.

Em resumo, a abordagem construtivista parte do conhecimento prévio dos alunos e procura ampliar esse conhecimento inicial desenvolvendo competências e habilidades por meio da contextualização e da interdisciplinaridade.

Vamos discutir a seguir uma abordagem construtivista que tem particular importância no ensino de conceitos científicos: a teoria da aprendizagem por mudança conceitual.

A aprendizagem por mudança conceitual

Um dos aspectos mais relevantes no ensino de Ciências da Natureza ocorre com certos conceitos e teorias científicas que são muito diferentes dos conceitos prévios do educando. Para serem incorporados, esses conceitos dependem de extensa reorganização dos conhecimentos prévios. É o que ocorre, por exemplo, com o conceito físico de força como causa de aceleração e não de velocidade, com a diferença entre calor e temperatura, com a ideia de adaptação por seleção natural em comparação com a adaptação lamarckista e com o conceito de mutações aleatórias. Nesses casos, a mudança necessária para que haja aprendizagem é chamada acomodação ou troca con-

ceitual, e os conceitos prévios são chamados de concepções alternativas.

Desenvolvida por vários pesquisadores (Posner, Hewson, Strike, Nussbaum, West, Vosniadou, etc.), a teoria da aprendizagem por mudança conceitual pretende facilitar a acomodação por meio de certos procedimentos, que devem ser adaptados sempre ao contexto específico de cada sala de aula. Veja alguns a seguir:

- Descobrir a concepção prévia do aluno e apresentar problemas (a partir de comentários, experimentos, observações, leituras de texto, perguntas presentes no livro-texto, etc.) significativos (do cotidiano ou do conhecimento científico já assimilado). A problematização deve provocar a curiosidade e alguma insatisfação com a concepção prévia (mostrando que ela não é capaz de resolver o problema ou de explicar adequadamente o fenômeno apresentado pelo professor).
- Apresentar a nova concepção de modo inteligível, por meio de comparações e analogias que facilitem sua aprendizagem.
- Salientar que ícones (por exemplo, as imagens, gráficos e mapas presentes no livro-texto) constituem artefatos cognitivos que propiciam e facilitam a descoberta e a aprendizagem do conhecimento científico, consistindo também em uma “leitura”.
- Mostrar que a nova concepção explica fenômenos não explicados pela concepção prévia, mostra relações entre fenômenos que não pareciam estar relacionados ou, ainda, tem a capacidade de explicar novos fenômenos e fazer novas previsões.

Portanto, de acordo com essa teoria, para que ocorra a mudança conceitual, deve-se provocar uma insatisfação do aluno com a concepção prévia, mostrar que a concepção científica é inteligível, plausível (coerente com outros conhecimentos adquiridos e capaz de resolver os problemas apresentados) e fértil (de modo que ele a considere útil para explicar novos fenômenos e resolver novos problemas). Isso significa que devemos fazer com que o *status* da concepção alternativa diminua e o da concepção científica aumente.

É preciso considerar, porém, que a substituição dos conceitos prévios do aluno pelos conceitos científicos não ocorre necessariamente de forma abrupta: ela pode se dar de forma gradual, por um longo intervalo de tempo. Além disso, podem ocorrer algumas idas e vindas nesse processo, o que quer dizer que talvez seja preciso que a substituição seja realizada mais de uma vez. Devemos ter em mente também que os

procedimentos anteriormente apresentados mostram-se adequados apenas quando há necessidade de uma reorganização profunda das ideias prévias dos estudantes.

É preciso estar muito atento ainda para que, durante o processo de mudança conceitual, os alunos tenham clareza de que as próprias ideias e conceitos científicos não estão totalmente acabados ou livres de críticas e substituições. O conhecimento científico é uma construção humana que ocorre dentro de um contexto histórico, político, econômico e cultural. Desta forma, é possível realizar um trabalho mais amplo que vá além das mudanças ou substituições conceituais, discutindo também características e visões que são atribuídas à ciência, como a neutralidade, imparcialidade, a ideia da ciência como verdade absoluta e inquestionável.

Assim como outras abordagens construtivistas, a teoria da aprendizagem por mudança conceitual também sofreu críticas e foi repensada com mudanças ou complementações. Apresentamos a seguir alguns dos pontos importantes que podem embasar uma adaptação individual do processo pelo professor, de acordo com sua linha metodológica, as características do grupo de alunos ou ainda do próprio conceito a ser trabalhado.

Uma das críticas à teoria da aprendizagem por mudança conceitual diz respeito à sequência apresentada. Para alguns, é melhor apresentar primeiro a teoria científica, independentemente das concepções prévias do

estudante, e somente depois compará-la com a concepção inicial do aluno.

Já uma proposta que pode vir a complementar a teoria é embasada na constatação de que a aprendizagem não é influenciada apenas por fatores cognitivos, mas também por componentes afetivos e socioculturais que precisam ser considerados. Por isso, é necessário estimular atividades em equipe e debates entre os estudantes e entre eles e os professores. Essas atividades podem trazer à tona outras questões que permeiam o processo, por exemplo, as visões de ciência que fazem parte das concepções dos estudantes.

Por fim, alguns educadores consideram que os conceitos prévios dos alunos não devem necessariamente ser abandonados ou substituídos pelos conceitos científicos. Ambos podem conviver, de modo que cada um seja utilizado em um contexto específico. Explicações científicas e cotidianas poderiam, assim, coexistir no aluno, sendo utilizadas, porém, em contextos diferentes. Nesse caso, o professor deve ajudar o aluno a compreender o conhecimento científico e a identificar qual a concepção apropriada em cada contexto.

Independentemente dessas divergências, é muito importante que os alunos sejam sempre estimulados a expressar suas concepções em um clima de respeito por suas ideias – mesmo quando elas não coincidam com as de seus colegas ou com as concepções científicas.

5 Avaliação

De acordo com uma visão tradicional, a avaliação está focada no controle externo do aluno mediante notas ou conceitos. Nessa perspectiva, ela tem como pressuposto a punição ou a premiação e serve para selecionar, definir o destino, classificar, julgar os sucessos ou fracassos do aluno ao final da exposição de um determinado conjunto de conteúdos. Ela é, portanto, denominada avaliação somativa ou classificatória.

Muitas vezes o professor destaca entre os seus objetivos de ensino o desenvolvimento da capacidade de pensar lógica, criativa e criticamente. No entanto, encontra-se preso a formas de avaliar, geralmente por meio de provas escritas, com questões que visam apenas verificar se o aluno é capaz de memorizar informações e fórmulas. De acordo com Miriam Krasilchik³:

O aluno, a partir desse dado, acertadamente conclui que o professor pretende mesmo é informar e não desenvolver raciocínio ou capacidade de análise crítica. Passa então a comportar-se em função do que o professor faz e não do que ele diz. O professor, por sua vez, age desavisada ou conscientemente da mensagem que transmite com o seu processo de avaliação, por não ter experiência na preparação de provas e instrumentos que possam analisar outros aspectos do desenvolvimento cognitivo e afetivo além da memorização de informações.

As propostas curriculares mais contemporâneas, assim como a Lei de Diretrizes e Bases, atribuem grande importância à avaliação. No entanto, esta passa a ser entendida como parte integrante e intrínseca ao processo educacional, devendo ser contínua, formativa e personalizada, e não simplesmente somativa ou classificatória.

³ KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008, p. 138.

Por ser *contínua*, a avaliação preconiza o acompanhamento do desempenho do aluno durante todo o ano escolar, e não de forma pontual na rotina artificial das situações de prova ou trabalho. O professor deve, sempre que possível, avaliar os alunos em situações cotidianas de aprendizagem, considerando tudo o que é realizado em sala de aula, ou mesmo em atividades extraclasses.

A avaliação *formativa* não visa classificar, selecionar, castigar ou premiar. Seus alicerces são os aspectos cognitivos, afetivos e relacionais do processo de aprendizagem. Ela pressupõe, portanto, uma avaliação *personalizada*, que reconhece as peculiaridades de cada aluno para aprender, e demanda que o professor ofereça uma diversidade de instrumentos e situações de avaliação. Essa diversidade permite avaliar as diferentes capacidades e conteúdos. A observação do aluno em atividades como as discussões em sala de aula, por exemplo, ou em trabalhos em grupo é muito eficiente para avaliar a dimensão atitudinal dos conteúdos. E isso dificilmente pode ser avaliado por meio de provas ou trabalhos escritos.

Diversos instrumentos de avaliação podem permitir que se contrastem os diferentes resultados obtidos nos mais variados contextos. Assim, com formas diversas de avaliação, é possível observar de forma mais justa e eficiente alunos que conseguem melhor desempenho em atividades como debates, apresentações orais e desenhos, mas têm dificuldade nas provas escritas. Por fim, destacamos que ao diversificar os instrumentos de avaliação, além de uma avaliação individualizada, o professor poderá construir junto ao aluno procedimentos que o permitam acompanhar seu próprio crescimento.

De acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais*, nesse processo, é fundamental a utilização de diferentes códigos – como o verbal, o oral, o escrito, o gráfico, o numérico, o pictórico –, de forma a se considerar as diferentes aptidões dos alunos. O aluno, muitas vezes, pode não dominar a escrita suficientemente para expor um raciocínio mais complexo sobre como comprehende um fato histórico, mas pode fazê-lo perfeitamente bem em uma situação de intercâmbio oral, como em diálogos, entrevistas ou debates.

Uma avaliação contínua, formativa e personalizada deve ter como finalidade:

- conhecer melhor o aluno – o que corresponde a uma avaliação inicial ou diagnóstica que visa resgatar o

conhecimento prévio do aluno, investigar quais são os seus ritmos e estilos de aprendizagem, por exemplo, saber se ele aprende mais por um canal visual, auditivo ou cinestésico (corporal);

- aferir o que está sendo aprendido – o professor continuamente registra informações, empregando diversos procedimentos metodológicos, julgando o grau de aprendizagem ora em relação a todo o grupo de estudantes, ora em relação a um aluno em particular;
- adequar o processo de ensino – o que deve ser feito tanto ao grupo de alunos quanto aos alunos que apresentam dificuldades, tendo em vista os objetivos propostos;
- julgar globalmente um processo de ensino-aprendizagem – ao finalizar uma Unidade, o professor deve analisar e refletir sobre o sucesso alcançado em função dos objetivos previstos e revê-los de acordo com os resultados apresentados.

Assim, pode-se dizer que as avaliações devem objetivar tanto a melhoria do aluno quanto do currículo, do professor e da escola. Destacamos a seguir alguns pontos relevantes acerca da avaliação para ajudar o professor na elaboração e planejamento de instrumentos e estratégias.

Devemos sempre lembrar que o ensino envolve valores e atitudes em relação aos problemas atuais. É importante ajudar o estudante a desenvolver uma atitude responsável e ética, de modo que ele possa contribuir para a melhoria das condições gerais da vida (condições sociais, ambientais e de saúde), de toda a sociedade e da defesa dos direitos humanos. Faz parte da formação do aluno, por exemplo, a convivência com as diferenças e o combate às mais variadas formas de discriminação.

Por isso, é importante avaliar não apenas a aprendizagem de conceitos, mas também a de *procedimentos e atitudes*, utilizando, além de tarefas escritas, exposições orais e observando o comportamento do aluno durante as atividades.

É importante ressaltar que, para uma avaliação contínua, formativa e personalizada, é necessário estipular critérios claros e bem definidos na preparação das atividades para que essa não se torne subjetiva demais, tanto para o professor quanto para os alunos. Além disso, é preciso um registro sistemático do desenvolvimento de cada aluno, para que seja possível avaliar o processo de aprendizagem, e não apenas o resultado final.

Nas atividades em grupo, por exemplo, o professor pode avaliar se o grupo utilizou os recursos disponíveis para a pesquisa, se cada aluno coopera com seus colegas, se todos do grupo estão aptos a responder às questões sobre o tema e se os expositores são capazes de apresentar suas ideias e defender seus pontos de vista com argumentos bem embasados, ao mesmo tempo em que ouvem e respeitam as ideias alheias.

No laboratório, é possível avaliar, por exemplo, como o estudante manipula o equipamento, se está zelando pelo patrimônio público; se está atento às regras de segurança e se, após a atividade, preocupa-se em limpar o local de trabalho e colocar em ordem os equipamentos utilizados, entre outros procedimentos e atitudes.

Ademais, ainda que o professor seja responsável pela avaliação, esta não deve ser considerada função exclusiva dele. Em determinados momentos, é preciso delegá-la aos alunos, sendo esta uma condição didática necessária para que construam instrumentos

de autorregulação para as diferentes aprendizagens. A *autoavaliação* constitui uma situação de aprendizagem em que o aluno desenvolve estratégias para analisar e interpretar suas produções e os diferentes procedimentos para se avaliar. Esse aprendizado não é importante apenas em si, uma vez que é central para a construção da autonomia dos alunos, mas também cumpre o papel de contribuir com a objetividade desejada na avaliação, pois esta só poderá ser construída com a coordenação dos diferentes pontos de vista, tanto do aluno quanto do professor.

Por fim, vale lembrar que a avaliação também deve permitir que o professor avalie seus objetivos, as atividades propostas, a sua mediação e os próprios instrumentos avaliativos utilizados. Desta forma, a avaliação adquire também um caráter de reflexão sobre a atividade docente e, quando realizada continuamente, permite a adaptação de vários fatores do processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais eficiente.

6 Usando o livro-texto: uma orientação geral

A Coleção está dividida em três Volumes, cada um deles constituído por cinco Unidades. No início de cada Volume, após a página de apresentação, há a seção *Conheça seu livro*, que faz uma breve explicação dos recursos utilizados para organizar os capítulos.

Em seguida, o *Sumário* apresenta as Unidades, os capítulos e os tópicos principais de cada capítulo, evidenciando ainda a localização das atividades. No final de cada Unidade, o aluno encontra recomendações de sites, livros e filmes para se aprofundar nos assuntos tratados.

No final do livro estão as *Respostas das questões de múltipla escolha* e mais algumas *Sugestões de leitura para o aluno*. Cada volume é finalizado com a *Bibliografia* utilizada. O conteúdo de cada Unidade está descrito a seguir:

Volume 1

- Na primeira Unidade (“Uma visão geral da Biologia”), apresentamos alguns dos principais fenômenos ligados à vida e os aspectos da atividade de pesquisa científica. Procuramos também estimular o interesse do estudante pela Biologia, mostrando como essa área do conhecimento é importante para a tomada de decisões que afetam sua saúde, seu futuro e sua participação na sociedade.

- A segunda Unidade (“A química da vida”) apresenta as principais substâncias que formam todos os organismos e alguns conhecimentos básicos da Química que serão essenciais para a Biologia. Ao compreender características dos compostos presentes nos seres vivos, os alunos percebem a inter-relação entre as características dos seres vivos e a estrutura química da matéria viva.

- A terceira Unidade (“Célula: unidade da vida”) traz uma visão atual dos conhecimentos a respeito das células e de alguns fenômenos que ocorrem dentro delas, como a respiração celular. Como alguns desses fenômenos podem ser um tanto abstratos para os alunos, procura-se, sempre que possível, relacionar os conhecimentos de Citologia com o cotidiano das pessoas e com temas atuais nas áreas de tecnologia e saúde.

- A quarta Unidade (“Reprodução, desenvolvimento e tecidos”) reúne os capítulos que tratam do elo entre o nível celular e o nível do organismo. São discutidos com detalhes a reprodução e o desenvolvimento humano, apresentando comparativamente também alguns aspectos do desenvolvimento dos animais. Nessa Unidade são apresentados assuntos altamente relevantes para os alunos, como as doenças sexualmente transmissíveis

e os métodos contraceptivos, com destaque para algumas questões éticas e sociais. No estudo dessa Unidade, o aluno também vai conhecer os tecidos do próprio corpo, compreendendo melhor o funcionamento de seu organismo e desenvolvendo uma consciência especialmente importante em relação à própria saúde.

- Na quinta Unidade (“Origem e história da vida”), apresentamos as principais teorias acerca da origem da vida em nosso planeta, levando o aluno a refletir sobre uma escala de tempo diferente daquela com a qual ele está acostumado, o tempo geológico. A apresentação das diferentes teorias e experimentos coloca o aluno em contato com aspectos fundamentais da ciência e estimula a percepção de um conhecimento sempre em construção. Esta última Unidade também apresenta conceitos de classificação e de evolução, preparando o aluno para o estudo dos grandes grupos de seres vivos, que serão estudados no Volume 2.

Volume 2

- Na primeira Unidade (“A diversidade da vida”), apresentamos os objetivos e os critérios da classificação dos seres vivos, discutindo alguns sistemas mais recentes de classificação, como a divisão em domínios (Archaea, Bacteria, Eukarya), e enfatizando a relação entre Sistemática e Evolução.
- Na segunda Unidade (“Vírus e seres de organização mais simples”), estudamos os vírus e os organismos de estrutura mais simples. No caso dos vírus, discutimos que ainda não há consenso sobre eles serem ou não seres vivos. Entre os seres de organização mais simples estão as bactérias, os protozoários, as algas e os fungos. A abordagem desses grupos enfatiza relações ecológicas, como o parasitismo, além de questões ambientais e de saúde.
- A terceira Unidade (“Plantas”), apresenta a classificação das plantas, enfatizando aspectos adaptativos. Quando seus ciclos reprodutivos são apresentados, por exemplo, há o enfoque nas novidades evolutivas que levaram as plantas a dominar o ambiente terrestre. O estudo das plantas também inclui a anatomia e a fisiologia das plantas com flores (angiospermas). A Unidade estimula sempre que possível a consciência sobre a necessidade de preservar a biodiversidade e os aspectos culturais envolvidos nas relações dos seres humanos com as plantas.
- Na quarta Unidade (“Animais”), são estudadas as características anatômicas e fisiológicas dos principais filos animais, procurando estabelecer relações entre forma e função, além de relações de parentesco entre os grupos. Outros aspectos assi-

nalados nessa Unidade são as relações ecológicas entre os organismos e o ambiente e a importância da manutenção da biodiversidade.

- A quinta Unidade (“Anatomia e fisiologia humanas”) analisa as funções vitais do organismo humano. É apresentado um estudo da fisiologia humana e de sua relação com a nossa saúde. Nessa Unidade também são discutidas algumas tecnologias que nos permitem detectar e resolver problemas que afetam o organismo humano.

Volume 3

- Na primeira Unidade (“Genética: o trabalho de Mendel”), apresentamos as leis de Mendel e sua importância para a genética. É apresentada a metodologia de estudo usada pelo monge Gregor Mendel e destaca-se como foi importante para a genética o conhecimento de Mendel sobre estatística para que ele conseguisse organizar os resultados que obteve nos cruzamentos de ervilhas.
- Na segunda Unidade (“A genética depois de Mendel”), apresentamos o desenvolvimento da Genética após os trabalhos de Mendel, procurando dar uma visão atualizada das mudanças que vêm ocorrendo nesse campo, especialmente em relação às tecnologias desenvolvidas na engenharia genética, e suas implicações éticas e sociais.
- Na terceira Unidade (“Evolução”), estudamos a construção de teorias evolucionistas em contrapartida a teorias fixistas, analisando algumas das evidências mais importantes que levam a teoria evolucionista a ser aceita para explicar fenômenos como a biodiversidade.
- Na quarta Unidade (“Ecologia”), estudamos conceitos importantes da Ecologia, que são fundamentais para que se entenda como os organismos e o meio ambiente estão intimamente relacionados e são interdependentes.
- Na quinta e última Unidade (“Biosfera e poluição”), enfatizamos a necessidade de preservar os ecossistemas naturais e a biodiversidade da Terra. Discutimos ainda como a ação humana tem ameaçado o equilíbrio dos ecossistemas ao longo da História, e apresentamos algumas medidas que podem ser usadas de forma coletiva ou individual para mitigar esses impactos.

No início de cada capítulo, há um conjunto de texto e imagem que faz uma conexão entre um tópico do capítulo e a saúde, o cotidiano, o ambiente, a tecnologia, a sociedade ou alguma informação que desperte o interesse do aluno porque faz parte de sua

cultura. Há também duas ou mais perguntas que levantam o conhecimento do aluno sobre as ideias que serão trabalhadas em seguida. O professor pode pedir ao aluno que leia o texto, observe a imagem e tente responder a essas questões no início do estudo, procurando despertar assim o interesse pelo conteúdo do capítulo, ao mesmo tempo que verifica o conhecimento prévio dos estudantes – mas sem cobrar ainda as respostas corretas. As respostas dadas nesse momento podem ser revisitadas após o estudo do capítulo.

Além de usar o texto e a imagem de abertura, o professor pode começar a aula apresentando uma situação-problema, isto é, uma ou mais questões que despertem a curiosidade do aluno e que o motivem a elaborar hipóteses. Essa situação-problema pode ser formulada pelo professor ou pode partir de questões extraídas do final do capítulo, de um experimento, da seção *Sugestões de abordagem e comentários* deste Manual, de uma notícia de jornal ou revista – o que o professor considerar pertinente ao tema que será exposto. É importante lembrar aqui que os PCN – *Ensino Médio* enfatizam que o trabalho do professor é o de mediador, assim, o professor deve apresentar problemas que desafiem os alunos a buscar por soluções⁴.

Essa parte inicial permite que o professor entre em contato com a concepção prévia dos estudantes. A partir daí ele poderá trabalhar com os conceitos básicos de Biologia demonstrando como esses conceitos são importantes para a compreensão dos fenômenos – inclusive aqueles ligados ao cotidiano e os veiculados nos meios de comunicação.

Ao longo do capítulo, procuramos relacionar os conceitos científicos a fenômenos do cotidiano, à vida em sociedade, à História e a temas atuais nas áreas de tecnologia, saúde e ambiente. Esses temas aparecem ao longo do texto e também são evidenciados em boxes (*Biologia e cotidiano*, *Biologia e saúde*, *Biologia e ambiente*, *Biologia e sociedade*, etc.). Com isso, pretendemos fazer com que os conceitos, procedimentos e habilidades estudados adquiram significado para o aluno, facilitando, assim, sua aprendizagem.

O boxe *História da ciência* ajuda na percepção de que a Biologia, assim como as demais ciências, é um processo de construção de conhecimento contínuo e

que depende de um contexto histórico. Nesses boxes são apresentados alguns processos de investigação e descobertas da Biologia, contribuindo para a compreensão do cotidiano do cientista e do contexto social envolvido na investigação científica.

No fim dos capítulos há algumas seções de atividades que permitem complementar a avaliação sobre o processo de aprendizagem. Mas as questões propostas nessas seções também podem ser utilizadas ao longo da aula, seja para despertar o interesse dos estudantes para o que será estudado, seja para avaliar os conhecimentos prévios.

Os tipos de atividades apresentados ao final de cada capítulo são os seguintes:

- As primeiras atividades envolvem ideias e conceitos básicos do capítulo. Se forem feitas depois da apresentação do conteúdo, possibilitam complementar a avaliação da aprendizagem dos alunos. Além disso, algumas dessas questões permitem que o estudante aplique o conhecimento adquirido em novas situações, diferentes das apresentadas no texto. As respostas dessas atividades aparecem apenas no Manual do Professor.

Em seguida, são propostas questões dissertativas e de múltipla escolha dos principais vestibulares do país e do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Na maior parte dos casos, foram selecionadas questões que vão além da memorização e exigem elaboração de hipóteses, análise de gráficos, experimentos ou tabelas. Assim, o aluno deverá aplicar sempre diferentes habilidades ou procedimentos. As respostas das questões de múltipla escolha são dadas para o professor ao lado de cada questão e para os alunos no fim do livro, contribuindo para o processo de autoavaliação dos estudantes.

- **Trabalho em equipe:** em vários capítulos são sugeridas algumas pesquisas em grupo. São fornecidos temas para os alunos pesquisarem e apresentarem suas conclusões em aula, para outras turmas, para funcionários da escola, ou mesmo para a comunidade. As pesquisas e trabalhos em grupo promovem a interação entre os indivíduos, além de reforçar a interação dos alunos com conhecimentos e habilidades diferentes, estimulando a socialização, a participação, o respeito mútuo e a cooperação.

Esse tipo de atividade é essencial para a construção de atitudes, valores e competências essenciais para a participação no mundo do trabalho e na sociedade em geral. Nas atividades em grupo o aluno pode

⁴ BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

vivenciar situações em que terá que aplicar diversos recursos cognitivos que serão posteriormente requisitados para exercer suas funções profissionais, mas que também serão fundamentais para poder atuar ativamente na sociedade.

O professor deve sempre orientar os alunos a buscar respostas em fontes de informação variadas. Ao entrar em contato com diferentes fontes de informação, o aluno deve ser capaz de perceber que a construção do conhecimento é um processo complexo e dinâmico. Como ressaltamos na seção sobre a avaliação, os trabalhos em equipe podem também ser excelentes momentos para avaliar atitudes e valores, realizar autoavaliação e avaliação de seus pares e avaliar procedimentos como a pesquisa escolar, diferentes formas de expressão – oral, pictórica, musical –, a adequação dos produtos à proposta inicial, etc.

Os PCN – Ensino Médio⁵ destacam características e conteúdos do trabalho em equipe que vão ao encontro das propostas aqui apresentadas:

Trabalhar em grupo produz flexibilidade no pensamento do aluno, auxiliando-o no desenvolvimento da autoconfiança necessária para se engajar numa dada atividade, na aceitação do outro, na divisão de trabalho e responsabilidades e na comunicação com os colegas. Fazer parte de uma equipe exercita a autodisciplina e o desenvolvimento de autonomia e automonitoramento.

Algumas atividades da seção **Trabalho em equipe** sugeridas têm caráter interdisciplinar: nesse caso, recomendá-se a integração de professores de várias disciplinas para a realização do projeto proposto. A interdisciplinaridade permite ao aluno perceber que a interação de diversas áreas do conhecimento é essencial para o complexo processo de construção do saber. Para que essa mobilização de outros professores e profissionais seja possível, é importante realizar um planejamento em que o grupo de professores possa elaborar os objetivos gerais do trabalho de forma mais ampla e sem “engessar” a proposta, permitindo assim que cada professor estabeleça objetivos específicos que certamente vão enriquecer o processo. O planejamento também é essencial para determinar um cronograma para execução das etapas e do acompanhamento de cada professor envolvido.

Há também, entre as propostas do **Trabalho em equipe**, sugestões para que os alunos realizem pesquisas em uma universidade, um museu ou outras instituições educativas que permitam visitas e que sejam localizadas na região. Com isso, é possível trabalhar com outros aspectos além do trabalho em equipe, por exemplo, aproximar os alunos das universidades, permitindo conhecer laboratórios e atividades de pesquisa desenvolvidas por elas, desenvolver o hábito de visita a diferentes instituições como centros culturais e de Ciências, museus, zoológicos, jardins botânicos, etc. Caso a visita a esses espaços não seja possível, os grupos poderão pesquisar em *sites* que possibilitem visitas virtuais. Muitos laboratórios de pesquisa de universidades e museus possuem *sites* com conteúdos acerca de suas atividades, pesquisas, acervo ou mesmo uma visita virtual. Alguns museus oferecem também material educativo sobre vários temas presentes nas exposições para *download*.

Em algumas das propostas de **Trabalho em equipe**, os alunos serão orientados a apresentar o resultado à comunidade (alunos, professores e funcionários da escola e pais ou responsáveis), por meio de diferentes formas, tais como palestras com convidados, debates, fóruns, exposições, etc. No caso das palestras, é interessante sempre orientar os alunos a elaborar um roteiro de perguntas para o convidado. Entre essas perguntas, sugere-se que os estudantes explorem o cotidiano do profissional em questão. Isso pode contribuir para a escolha profissional, que terão de fazer em breve nessa etapa da vida.

Essas propostas de trabalho em grupo são oportunidades para aproximar a comunidade e a escola, fortalecendo os vínculos entre os pais ou responsáveis e professores, além disso, pode permitir que os alunos, ao apresentarem sua produção, legitimem ou ampliem a importância do processo individual e coletivo de aquisição de conhecimentos. Uma das formas sugeridas para expandir o alcance da produção dos alunos é a divulgação dos resultados na internet, por meio de redes sociais. Essa forma de expressão já faz parte da cultura juvenil e pode aumentar o interesse dos alunos pela atividade.

- **Atividade prática:** em alguns capítulos são sugeridas práticas em laboratório ou situações que simulam observações ou experimentos científicos. Essas atividades práticas não precisam, necessariamente, ser realizadas ao final do estudo do capítulo. Iniciar

⁵ BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002, p. 56.

o estudo de um tema com uma atividade prática pode ajudar os alunos a estabelecer vínculos e investigar sua curiosidade sobre o assunto, levando a uma aprendizagem significativa.

Como essas atividades precisam obedecer a normas de segurança, os alunos devem ser orientados para que não as realizem sem a supervisão do professor. Ele deve acompanhar com atenção o trabalho dos alunos e verificar previamente os equipamentos de segurança da escola. As experiências com produtos químicos devem ser feitas em local apropriado e com proteção adequada; todos os frascos com reagentes devem ter etiqueta de identificação e a aparelhagem deve ser lavada antes e após seu uso e guardada em local apropriado. Por fim, é importante ter medicamentos e materiais de primeiros socorros na escola.

As seções de atividades apresentadas possibilitam muitas formas de avaliação (oral ou escrita, individual ou em grupo), que envolvem diversos tipos de competência. Vale enfatizar que o professor deve verificar não apenas o aprendizado do estudante sobre teorias, fatos e conceitos, mas também se ele é capaz de formular e criticar hipóteses e de aplicar o que aprendeu à resolução de problemas variados, transferindo o conhecimento para novas situações. E como foi dito no item *Avaliação*, na página 298, a avaliação formativa diz respeito também à aprendizagem de procedimentos e atitudes.

Visando a uma avaliação mais ampla, o professor poderá utilizar as atividades propostas após cada capítulo para avaliar seus alunos regularmente, ao longo dos tópicos desenvolvidos, e assim descobrir as coordenadas que deverão orientar os próximos passos no processo de ensino-aprendizagem.

Cabe lembrar que as atividades sugeridas no livro não esgotam as opções do professor, que poderá criar suas próprias atividades em função das condições específicas de cada turma.

Em resumo, o que a Coleção pretende é tornar a aprendizagem mais significativa para o aluno, apresentando textos, questões e atividades que despertem sua curiosidade e o estimulem a formular hipóteses para resolver problemas; que o levem a aplicar o que aprendeu a situações novas e a relacionar explicações científicas a fenômenos do cotidiano, à saúde, à tecnologia, ao ambiente, à questões sociais e éticas, questões, enfim, que afetam o bem-estar da sociedade; que o esti-

mulem a pesquisar, individualmente e em grupo, informações pertinentes a determinado tema; e que o ajudem a desenvolver uma atitude responsável em relação ao ambiente e à sociedade.

Recursos adicionais

Embora o livro-texto seja um instrumento importante para facilitar a aprendizagem, ele não deve ser o único recurso disponível para o professor. Há diferentes meios de aprendizagem no processo que visa à construção do conhecimento, o que acontece por meio da interação entre estudantes e professores. Dependendo dos recursos de cada escola, o professor pode se valer de atividades que envolvam a participação ativa do estudante e lancem novos desafios, levando o aluno a refletir sobre suas concepções e, com isso, desencadear perguntas relacionadas ao assunto abordado.

Trabalhar com diversas fontes de informação e diferentes formas de apresentá-las é também um recurso muito importante para que os alunos conheçam, ampliem ou fortaleçam habilidades e procedimentos de busca, pesquisa e leitura. Na área de Ciências da Natureza, há suportes específicos, como os periódicos ou artigos de divulgação científica, que podem ser mais voltados para a troca de conhecimentos entre os próprios pesquisadores, ou podem ser mais amplos e voltados para a sociedade em geral. Apresentaremos na seção *Sugestões de leitura* deste Manual alguns exemplos desse tipo de material.

Em todos os casos, é possível planejar atividades em que o uso desses recursos seja realizado, trabalhando para além dos assuntos tratados nos artigos, as características peculiares desse tipo de suporte. Com isso, o aluno pode ampliar seu repertório de acesso à informação sem perder de vista o contexto e a leitura crítica.

Sugerimos abaixo outras possibilidades:

- *Leitura* de artigos na internet, de notícias de jornal ou revistas, ou de textos paradidáticos. Como complemento das atividades realizadas em aula ou daquelas propostas pelo livro, o professor pode pedir aos alunos que, em grupo, discutam entre si o tema abordado, exponham o que compreenderam e apresentem questões e dúvidas que tenham permanecido. Nas atividades de leitura, o uso do dicionário deve ser incentivado pelo professor, que pode circular entre os

grupos e ajudar os estudantes nesse trabalho. Da mesma forma, é importante que o aluno conheça a estrutura e as características da construção de um jornal ou revista. Para isso, é possível propor atividades interdisciplinares com as áreas de linguagem.

- *Filmes, vídeos ou séries* também podem complementar o trabalho do professor. Um exemplo são as programações educativas, como a da TV Escola, canal de televisão do Ministério da Educação. Para saber mais sobre a TV Escola, acesse o site <<http://tvescola.mec.gov.br>> (acesso em: 18 fev. 2016). O trabalho com filmes e programas é também uma excelente oportunidade de estabelecer relações entre diferentes disciplinas. Uma estratégia interessante é propor atividades de debate coletivo com as turmas e professores após assistir a um filme. Ou ainda, utilizar um determinado programa educativo para a realização de diferentes atividades em duas ou mais disciplinas.
- *Pesquisas na internet* são uma valiosa ferramenta tanto para o professor como para os estudantes. No entanto, é importante verificar com antecedência se os computadores da escola estão em boas condições, se os alunos dominam os procedimentos básicos para sua utilização e se conhecem os cuidados que devem ter com o equipamento. Também é fundamental verificar se há programas de proteção (antivírus) e de controle de acesso a sites inadequados. O professor também deve ficar atento para a dispersão dos estudantes por causa do grande volume de sites e informações disponíveis e deve orientar os procedimentos de busca, ajudando os estudantes a identificar sites confiáveis. Por fim, é preciso definir como o resultado da pesquisa deve ser apresentado, por exemplo, na forma de um relatório, redigido pelos próprios estudantes. Seja qual for a forma de apresentação, é importante trabalhar com a inserção dos sites como fontes de pesquisa ou bibliografia, trazendo a identificação dos sites usados e das instituições responsáveis por eles.
- *Visitas presenciais ou virtuais a espaços culturais*. As visitas a museus, centros culturais e de Ciências, jardins botânicos, etc. são valiosas experiências para o aluno. Nesses locais os alunos podem encontrar objetos ou espécimes reais e podem estabelecer formas diversas de interação com o conhecimento. Além das possibilidades de acesso à informação, as visitas escolares são muitas vezes as únicas ou pri-

meiras experiências de acesso às instituições culturais, sendo assim ganham importância no sentido de incentivar os indivíduos a realizar visitas como parte de seu cotidiano. Para que as visitas sejam bem aproveitadas, é importante que o professor procure formas de trabalhar os conteúdos que serão vistos na exposição antes da visita e também fazer atividades após a saída, realizando um fechamento com a turma. Não se esqueça de entrar em contato previamente com a instituição e, se possível, realize uma visita antes de ir com o grupo. Algumas instituições oferecem palestras e materiais específicos para professores. Caso a visita presencial não seja viável, há a possibilidade de realizar visitas virtuais a partes de exposições ou ao acervo. Também há instituições que disponibilizam no site diferentes materiais sobre os assuntos tratados nas exposições.

- *Institutos de pesquisa e universidades* podem ser também recursos importantes no processo de ensino-aprendizagem. Algumas dessas instituições recebem visitas presenciais de grupos escolares, assim pode ser possível, por exemplo, visitar um laboratório de pesquisa real e em funcionamento. Em outros casos, as universidades oferecem muitas informações e materiais de pesquisa via sites. Da mesma forma que as visitas a instituições culturais, é importante o planejamento prévio por parte do professor para aproveitar melhor essa experiência.

Antes de apresentar aos alunos qualquer recurso adicional, o professor deve verificar se o material é adequado à faixa etária e/ou ao nível cognitivo dos estudantes. Veja as sugestões no item 7 deste Manual. Cabe ao professor também a pesquisa de informações complementares sobre o tópico abordado. Ao preparar a atividade, é interessante registrar os temas e as questões que devem/podem ser discutidos, a fim de facilitar aos estudantes a tarefa de estabelecer relações entre o tema do material e o conteúdo da disciplina e do livro-texto.

A atividade interdisciplinar

Como apresentamos no item *O Ensino de Biologia nos dias atuais*, a produção de conhecimento e o ensino passaram por um processo de setorização e especialização de áreas e disciplinas. Com isso, houve grande compartmentalização do conhecimento a ser ensinado, criando uma estrutura de

disciplinas que, muitas vezes, tratavam dos assuntos de forma individualizada e descontextualizada. A partir da década de 1960, críticas ao reducionismo e minimalismo desses modelos tradicionais começaram a repercutir em ações e diretrizes para o ensino. No Brasil, a presença da interdisciplinaridade em documentos oficiais se fortaleceu desde a criação da LDB de 1971, sendo muito mais presente nos PCN e PCN+.

Atualmente, temos em mente que muitos dos problemas que se apresentarão para o aluno ao longo de sua vida não poderão ser interpretados nem resolvidos satisfatoriamente sem um tratamento interdisciplinar. Portanto, a atividade pedagógica deve estimular essa forma de pensar. Nesse sentido, a interdisciplinaridade pode ser entendida como uma nova visão do mundo, propiciando ao aluno uma formação mais ampla e consciente, que lhe possibilite uma atuação cidadã frente à diversidade de situações complexas – sociais, econômicas, ambientais, etc. — presentes no mundo globalizado.

No livro do aluno, as atividades interdisciplinares aparecem muitas vezes na seção **Trabalho em equipe**. Essas propostas visam integrar o conhecimento de diferentes disciplinas por meio de uma participação ativa do estudante, estimulando uma postura reflexiva e crítica. O objetivo é que ele desenvolva atitudes e tenha iniciativa em relação a temas atuais.

A forma de apresentação dos projetos também é interdisciplinar, na medida em que trabalha com diferentes linguagens: elaboração de campanhas de conscientização da comunidade utilizando cartazes, vídeos, apresentação de *slides*, *slogans*, e, sempre que possível, as redes sociais da internet.

Acreditamos também que a interdisciplinaridade deva ser um objetivo do trabalho conjunto dos professores e da escola, criando condições para o estabelecimento de projetos e propostas em equipe. Desta forma, destacamos a necessidade, para além das iniciativas individuais e em cada disciplina, de um planejamento coletivo. Acerca disso, veja o que dizem os PCN – Ensino Médio⁶:

Assim, a consciência desse caráter interdisciplinar ou transdisciplinar, numa visão sistêmica, sem cancelar o caráter necessariamente disciplinar do conhecimento

científico mas completando-o, estimula a percepção da inter-relação entre os fenômenos, essencial para boa parte das tecnologias, para a compreensão da problemática ambiental e para o desenvolvimento de uma visão articulada do ser humano em seu meio natural, como construtor e transformador deste meio. Por isso tudo, o aprendizado deve ser planejado desde uma perspectiva a um só tempo multidisciplinar e interdisciplinar, ou seja, os assuntos devem ser propostos e tratados desde um compreensão global, articulando as competências que serão desenvolvidas em cada disciplina e no conjunto de disciplinas, em cada área e no conjunto das áreas.

Assim, as propostas de trabalho interdisciplinar da seção **Trabalho em equipe** podem proporcionar a participação de professores de diferentes disciplinas, atuando durante toda atividade por meio de um projeto conjunto, especialmente entre as Ciências da Natureza. Podem ser feitos, por exemplo, experimentos em laboratório com professores de Química e Biologia, debates a respeito de questões de gênero e sexualidade mediados por professores das Ciências Biológicas e Humanas, estudos de meio ambiente com professores de Biologia, Geografia e História para entendimento mais sistêmico do ambiente estudado.

Ou ainda, os professores podem trabalhar em equipes menores nas diferentes etapas da atividade: no planejamento (escolha do tema, objetivos, metodologias, recursos, etc.), na assistência ao estudante durante a elaboração do projeto, na avaliação, etc.

A atividade interdisciplinar pode ser dividida em tópicos e devem ser dadas sugestões e orientações para que o aluno considere grande parte das interações do tema com fatores e aspectos históricos, geográficos, físicos, químicos, biológicos, matemáticos, etc.

Como também já destacamos em outros pontos deste Manual, a interdisciplinaridade foi estimulada via os PCN por meio dos Temas Transversais. Esses têm como pressuposto o aprendizado de competências que dependem de conceitos, habilidades e procedimentos comuns a diversas disciplinas. Assim, os professores podem extrapolar as propostas presentes na seção **Trabalho em equipe**, aproveitando os conteúdos presentes nos tópicos do livro, as sugestões de leitura, experimentos, etc. para propor outras atividades interdisciplinares.

⁶ BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2000, p. 9.

O conhecimento biológico para a diversidade

O conhecimento científico foi utilizado muitas vezes para justificar a exclusão e a discriminação racial, de gênero, de sexualidade entre outros, por muito tempo. Alguns conceitos vindos da Biologia, especificamente, serviram de base para teorias como o darwinismo social. Apesar dessa denominação, essa teoria não foi desenvolvida por Charles Darwin, já que ele nunca afirmou que o princípio da evolução por seleção natural poderia ser transportado para estudos da sociedade. Assim, o uso de algumas ideias científicas fora de seu devido contexto acabou dando força à movimentos eugênicos, sendo o nazismo o mais lembrado entre diversos outros.

Por outro lado, desde o final do século XX, os conhecimentos de genética têm servido para contrarargumentar a existência de raças biológicas dentro da espécie humana. Para que seja possível afirmar que duas populações formam raças diferentes uma da outra, é necessário que exista um conjunto de características exclusivo em uma das populações ou, pelo menos, muito mais frequente em uma delas do que em outra. Na espécie humana isso não é observado: a constituição genética de todos os indivíduos é muito parecida. O que existe é apenas uma pequena porcentagem de genes que se diferenciam: aqueles

ligados à aparência física, à cor da pele, etc. Não há, portanto, justificativa biológica para a classificação da sociedade em raças.

É possível perceber, portanto, que as teorias desenvolvidas pela ciência podem ser poderosas e eficazes. Algumas delas podem levar ao desenvolvimento de tecnologias capazes de melhorar muito a qualidade de vida das pessoas. No entanto, o progresso científico não consegue resolver todos os problemas da sociedade. Quando mal interpretadas, por exemplo no caso do darwinismo social, algumas teorias científicas podem trazer consequências gravíssimas para a sociedade. As aplicações da ciência devem respeitar sempre os valores e os direitos humanos.

O Ministério da Educação (MEC) reconhece a importância do papel do docente na criação de sistemas educacionais inclusivos. Para isso, é necessário que o professor conheça maneiras de utilizar o conhecimento biológico para favorecer processos educativos emancipatórios e nunca para a segregação e discriminação. Foram selecionados livros, artigos, sites e referências, listados na seção *Sugestões de leitura para o professor*, que possibilitam uma leitura crítica do conhecimento biológico e podem fomentar debates e outros tipos de atividades que valorizem a compreensão de que esses conhecimentos contribuem para o reconhecimento e o posicionamento sobre os direitos humanos de respeito à pluralidade e à diversidade.

7 Sugestões de leitura para o professor

O êxito do processo de ensino-aprendizagem está muito ligado, entre outros fatores, ao nível de conhecimento do professor em relação aos temas que serão trabalhados com os alunos e também das estratégias pedagógicas que ele utilizará. Sendo assim, apresentamos a seguir uma série de livros, artigos e documentos que podem ajudar o professor a aprimorar seus conhecimentos, tanto na área pedagógica como nos temas de Biologia tratados nesta Coleção. É fundamental também que o professor se informe sobre temas ligados à diversidade e à pluralidade cultural para que consiga combater, junto aos alunos, qualquer tipo de discriminação e intolerância dentro e fora da sala de aula. Lembramos, no entanto, que – caso o professor deseje usar algum desses textos em aula – é imprescindível trabalhar as características desses textos com os alunos, ajudando na compreensão das informações ou ainda realizar a adequação ao nível cognitivo do aluno e ao processo específico de ensino-aprendizagem.

Sugestões gerais para a Coleção

Propostas do governo para o Ensino Médio

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. *Programa Ensino Médio Inovador: Documento Orientador*. Brasília: MEC-SEB, 2009.

_____. Ministério da Educação (MEC), Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Matriz de Referência para o Enem 2009*. Brasília: MEC-Inep, 2009.

Os documentos mencionados anteriormente estão disponíveis em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/materiais.html>> (acesso em: 12 abr. 2016).

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Especial (SEESP). *Educar na Diversidade*. Material de Formação Docente. Brasília: MEC/SEESP, 2006. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/educarnadiversidade2006.pdf>> (acesso em: 5 abr. 2016).

BRASIL, CNE/CP 003/2004. Ministério da Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais e para a Educação das Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira e Africana*. Brasília, 10 mar. 2004.

Interdisciplinaridade

CARLOS, J. G. *Interdisciplinaridade no ensino médio: desafios e potencialidades*. 2007. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) — Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FAZENDA, I. (Org.). *Práticas interdisciplinares na escola*. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

FLICKINGER, Hans-Georg. O Fundamento Hermenêutico da Interdisciplinaridade. In: AUDY, J. L. N.; MOROSINI, M. C. (Org.). *Inovação e interdisciplinaridade na universidade*. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2007, p. 123-138.

JANTSCH, A. P.; Bianchetti, L. (Org.) *Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito*. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

LUCK, H. *Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos*. 11. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.

MORIN, Edgar. Desafio da transdisciplinaridade e da complexidade. In: AUDY, J. L. N.; MOROSINI, M. C. (Org.). *Inovação e interdisciplinaridade na universidade*. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2007, p. 22-28.

Diversidade e pluralidade

ABRAMOWICZ, A.; SILVÉRIO, V. R. *Afirmando diferenças: montando o quebra-cabeça da diversidade na escola*. Campinas: Papirus, 2005.

ALVES, Branca Moreira; PITANGUY, Jacqueline. *O que é feminismo*. São Paulo: Brasiliense, 1985. (Primeiros Passos, n. 20).

AMBROSETTI, Neusa Banhara. O “eu” e o “nós”: trabalhando com a diversidade em sala de aula. In: ANDRÉ, Marli (Org.). *Pedagogia das diferenças na sala de aula*. 3. ed. São Paulo, p. 81-105.

ARAUJO, Luiz Alberto David. *Proteção constitucional das pessoas portadoras de deficiência*, 3. ed. Brasília: CORDE, 2003.

AUD, D. *Educar meninas e meninos*. Relações de gênero na escola. São Paulo: Contexto, 2006.

BARROSO, Carmen. *Mulher, sociedade e estado no Brasil*. Brasília, Unicef; São Paulo: Brasiliense, 1982. 190 p.

BELTRÃO, Kaizô Iwakami; ALVES, José Eustáquio Diniz. A reversão do hiato de gênero na educação brasileira no século XX. *Cadernos de Pesquisa*, v. 39, n. 136, p. 125-156, 2009.

BENTO, Berenice. *O que é transexualidade*. São Paulo: Brasiliense, 2008.

BEVERVANÇO, Rosana Beraldi. *Direitos da pessoa portadora de deficiência: da exclusão à igualdade*. Curitiba: CAOPPDI, 2001.

BORGES, Edson; MEDEIROS, Carlos Alberto; D'ADESKY, Jacques. *Racismo, preconceito e intolerância*. São Paulo: Atual, 2002.

BRUSCHINI, Cristina. *Mulher e trabalho: uma avaliação da década da mulher*. São Paulo: Nobel; CECF, 1985. 147 p. (Série: Década da Mulher).

_____. Trabalho doméstico: inatividade econômica ou trabalho não remunerado. In: ARAÚJO, C.; PICANÇO, F.; SCALON, C. *Novas conciliações e antigas tensões?: gênero, família e trabalho em perspectiva comparada*. São Paulo, Edusc: 2008, p. 21-58.

BUTLER, Judith. *Problemas de gênero: feminismo e subversão da identidade*. 8. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2015.

CANÇADO TRINDADE, Antônio Augusto. *Tratado de direito internacional dos direitos humanos*. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris, 1997. V. III.

CARNEIRO, Sueli; SANTOS, Thereza; COSTA, Albertina G. O. *Mulher negra: política governamental e a mulher*. São Paulo: Nobel; CECF, 1985. 141 p. (Série: Década da Mulher).

- CARVALHO, Marília P.; PINTO, Regina P. (Org.). *Mulheres e desigualdades de gênero*. São Paulo: FCC; Contexto, 2008. 208 p. (Série: Justiça e Desenvolvimento/IFP-FCC).
- CAVALLEIRO, E. *Do silêncio do lar ao silêncio escolar: racismo, preconceito e discriminação na educação infantil*. São Paulo: Contexto, 2000.
- COMPARATO, Fábio Konder. *A afirmação histórica dos direitos humanos*. São Paulo: Saraiva, 2008.
- COSTA, Albertina O.; SORJ, Bila; BRUSCHINI, Cristina (Org.). *Mercado de trabalho e gênero: comparações internacionais*. Rio de Janeiro: FGV, 2008. 420 p.
- D'ADESKY, J. *Pluralismo étnico e multiculturalismo: racismos e antirracismos no Brasil*. Rio de Janeiro: Pallas, 2001.
- DEBERT, Guita Grin. *A reinvenção da velhice*. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo: Fapesp, 1999.
- FERRARI, A. *Esses alunos desumanos: a construção das identidades homossexuais na escola*. Educação e Realidade, Porto Alegre, v. 1, n. 28, p. 87-111, jan./jul.2003.
- FOUCAULT, Michel. *História da sexualidade: a vontade de saber*. Trad. Maria Thereza da Costa Albuquerque e J. A. Guilhon Albuquerque. 9. ed. Rio de Janeiro: Graal, 1988. v. I.
- GÊNERO e diversidade na escola: formação de professoras/es em gênero, orientação sexual e relações étnico-raciais. Livro de conteúdo. Versão 2009. Rio de Janeiro: Cepesc, 2009. Disponível em: <www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/405_1447_GDEVOL2final.pdf> (acesso em: 6 abr. 2016).
- GONÇALVES, Luiz Alberto Oliveira; GONÇALVES E SILVA, Petronilha Beatriz. *O jogo das diferenças: o multiculturalismo e seus contextos*. Belo Horizonte: Autêntica, 1998.
- HENRIQUES, R. *Raça e gênero nos sistemas de ensino: os limites das políticas universalistas na educação*. Brasília: Unesco, 2002.
- LAQUEUR, Thomas. *Gênero, sexualidade e educação*. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2004.
- LIMA, Maria Nazaré Mota de (Org). *Escola Plural: a diversidade está na sala de aula*. Salvador: Cortez: Unicef – Ceafro, 2006.
- LOURO, Guacira (Org.). *O corpo educado: pedagogia da sexualidade*. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.
- _____, NECKEL, J. F.; GOELLNER, S. V. *Corpo, gênero e sexualidade: um debate contemporâneo na Educação*. Petropólis: Vozes, 2013.
- MADEIRA, Felícia R. (Org.). *Quem mandou nascer mulher? Estudos sobre crianças e adolescentes pobres no Brasil*. Rio de Janeiro: Record; Rosa dos Tempos, 1997. 402 p.
- MAZZEO, Carla Costa da Silva. *Preconceito e discriminação de gênero: conceitos, estigmas e educação para a construção de uma nova conduta social*. Curitiba: Juruá, 2015.
- MCLAREN, Peter, *Multiculturalismo crítico*. Instituto Paulo Freire. São Paulo: Cortez, 1997.
- MOURA, Glória. O direito à diferença. In: MUNANGA, Kabengele. *Superando o racismo na escola*. Secad/MEC, Brasília, 2005, p. 69-82.
- NADUR, Marcelo. *Síndrome de Down: relato de um pai apaixonado*. São Paulo: Global (Edição Digital), 2012.
- PAIVA, Luiz Airton de; VIEIRA, Tereza Rodrigues. *Identidade sexual e transexualidade*. São Paulo: Roca, 2009.
- PAIXÃO, M. J. P. *Desenvolvimento humano e relações raciais*. Rio de Janeiro: DP&A, 2003. (Políticas da Cor).
- PENA, S. D. J. *Humanidade sem raças?* São Paulo: Publifolha, 2008.
- ROSE, M. R. *O espectro de Darwin: a teoria da evolução e suas implicações no mundo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2000.
- SELL, Teresa A. *Identidade homossexual e normas sociais*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. (Histórias de vida).
- SILVA, Otto Marques da. *A epopeia ignorada: a pessoa deficiente na história do mundo de ontem e de hoje*. São Paulo: Cedas, 1986.
- TREVISAN, João Silvério. *Devassos no paraíso: a homossexualidade no Brasil, da colônia à atualidade*. 6. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Record, 2000.
- VIEIRA, Liszt. *Cidadania e globalização*. Rio de Janeiro: Record, 1997.

Sobre o processo ensino-aprendizagem em geral

- BAQUERO, R. *Vygotsky e a aprendizagem escolar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- BUSQUETS, M. D. et al. *Temas transversais em educação: bases para uma formação integral*. 4. ed. São Paulo: Ática, 1999.

- CASTORINA, J. A. et al. *Piaget e Vygotsky: novas contribuições para o debate*. São Paulo: Ática, 1995.
- CHERVEL, A. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa. *Teoria e Educação*, n. 2, p. 177-229, 1990.
- COLL, César. Contribuições da Psicologia para a Educação: teoria genética e aprendizagem escolar. In: LEITE, Luci B. *Piaget e a Escola de Genebra*. São Paulo: Cortez, 2012, p. 164-197.
- _____ et al. *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática, 2006.
- _____ et al. *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- DANIELS, H. (Org.). *Vygotsky em foco: pressupostos e desdobramentos*. 2. ed. Campinas: Papirus, 1995.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 11. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FREITAG, B. (Org.). *Piaget: 100 anos*. São Paulo: Cortez, 1997.
- GEELAN, D. R. Epistemological Anarchy and the Many Forms of Constructivism. *Science & Education*, v. 6, n. 1-2, p. 15-28, 1997.
- GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.
- HAYDT, R. C. *Avaliação do processo ensino-aprendizagem*. 6. ed. São Paulo: Ática, 1997.
- JANTSCH, A. P.; BIANCHETTI, L. (Org.). *Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito*. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.
- KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.
- LEITE, L. B. *Piaget e a Escola de Genebra*. São Paulo: Cortez, 2012.
- MATTHEWS, M. R. (Ed.). *Constructivism in Science Education: a Philosophical Examination*. Dordrecht: Kluwer, 1998.
- MOLL, L. C. *Vygotsky e a Educação: implicações pedagógicas da Psicologia sócio-histórica*. Porto Alegre: Artmed, 1996.
- OLIVEIRA, M. K. de. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo histórico*. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2010.
- PERRENOUD, P. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- _____. *Construir as competências desde a escola*. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- PIMENTA, S. G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. In: _____ (Org.). *Saberes pedagógicos e atividade docente*. São Paulo: Cortez, 1999, p. 15-34.
- SAVIANI, D. Os saberes implicados na formação do educador. In: BICUDO, M. A.; SILVA JUNIOR, C. A. (Org.). *Formação do educador: dever do Estado, tarefa da universidade*. São Paulo: Unesp, 1996, p. 145-155.
- SEBER, M. G. *Piaget: o diálogo com a criança e o desenvolvimento do raciocínio*. São Paulo: Scipione, 2006.
- TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários – Elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas consequências em relação à formação para o magistério. *Revista Brasileira de Educação*, Anped, São Paulo, n. 13, jan./abr. 2000, p. 5-24.
- _____ ; LESSARD, C.; LAHAYE, L. Os professores face ao saber: esboço de uma problemática do saber docente. *Teoria & Educação*, Porto Alegre, n. 4, p. 215-253, 1991.
- VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- _____. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2015.

Aprendizagem significativa

- AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: a Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1968.
- _____. *The Acquisition and Retention of Knowledge: a Cognitive View*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- _____. ; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. 2. ed. Brasília: Ed. da UnB, 2001.

- _____; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.
- NOVAK, J. D. *A Theory of Education*. Ithaca: Cornell University Press, 1977.
- _____; GOWIN, D. B. *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press, 1984.

Aprendizagem por mudança conceitual

- CAREY, S. Knowledge Acquisition: Enrichment or Conceptual Change? In: _____; GELMAN, E. (Ed.). *The Epigenesis of Mind*. Hillsdale: Erlbaum, 1991, p. 257-291.
- CHAMPAGNE, A. B.; KLOPFER, L. E.; GUNSTONE, R. F. Cognitive Research and the Design of Science Instruction. *Educational Psychologist*, n. 17, p. 31-53, 1982.
- CHI, M. Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science. In: GIERE, R. (Ed.). *Cognitive Models of Science: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Minneapolis: U. M. P., 1992, p. 129-186.
- CHINN, C. A.; BREWER, W. F. The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: a Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*, v. 63, n. 1, p. 1-49, 1993.
- COBERN, W. W. Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education. *Science Education*, v. 80, n. 5, p. 579-610, 1996.
- HEWSON, M.; HEWSON, P. W. Effect of Instruction Using Students' prior Knowledge in Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 20, n. 8. p. 731-43, 1983.
- HEWSON, P. W. A Conceptual Change Approach to Learning Science. *European Journal of Science Education*, v. 3, n. 4, p. 383-96, 1981.
- _____. The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design of Science Instruction. *Instructional Science*, n. 13, p. 1-13, 1984.
- _____; BEETH, M. E.; THORLEY, N. R. Teaching for Conceptual Change. In: TOBIN, K. G.; FRASER, B. J. (Ed.). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998, p. 199-218.
- _____; THORLEY, N. R. The Conditions of Conceptual Change in the Classroom. *Int. J. Sci. Educ.*, n. 11, p. 541-543, 1989. (Special Issue).
- LIMÓN, M.; MASON, L. (Ed.). *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

MORTIMER, E. F. Conceptual Change or Conceptual Profile Change? *Science & Education*, v. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.

_____. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? In: *Investigações em ensino de Ciências*. UFRGS, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NUSSBAUM, J.; NOVICK, N. Alternative Frameworks, Conceptual Conflict, and Accommodation: Toward a Principled Teaching Strategy. *Instructional Science*, n. 11, p. 183-200, 1982.

PFUNDT, H.; DUIT, R. *Bibliography of Students' Alternative Frameworks and Science Education*. 3. ed. Kiel: University of Kiel, Institute for Science Education, 1991.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-27, 1982.

STRIKE, K. A. Misconceptions and Conceptual Change: Philosophical Reflection on the Research Program. In: HELM, H.; NOVAK, J. (Ed.). *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca: Cornell University, 1983, p. 67-78.

_____; POSNER, G. J. A Revisionist Theory of Conceptual Change. In: DUSCHL, R. A.; HAMILTON, R. J. (Ed.). *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*. Albany: State University of New York, 1992, p. 147-176.

_____. Conceptual Change and Science Teaching. *European Journal of Science Education*, v. 4, n. 3, p. 231-240, 1982.

VILLANI, A. Conceptual Change in Science and Science Education. *Science Education*, v. 76, n. 2, p. 223-237, 1992.

VOSNIADOU, S. Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, v. 4, p. 45-69, 1994.

WEST, L.; PINES, A. (Ed.). *Cognitive Structure and Conceptual Change*. New York: Academic Press, 1985.

Ensino de Ciências e Biologia

AXT, R.; MOREIRA, M. A. (Org.). *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre: Sagra, 1991.

BIZZO, N. *Ciências: fácil ou difícil?*. São Paulo: Biruta, 2010.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações*. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

FAGUNDES, S. M. K. *Experimentação nas aulas de ciências: um meio para a formação da autonomia?* In: GALIAZZI, M. C. et al. *Construção curricular em rede na educação em Ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula*. Ijuí: Unijuí, 2007, p. 317-336.

FRANCELIN, M. M. Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 33, n. 3, p. 26-34, set./dez. 2004.

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S.; AMORIM, A. C. (Org.). *Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa*. Niterói: Eduff, 2005.

MATTHEWS, M. R. *Science Teaching: the Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

NARDI, R. (Org.). *Questões atuais no ensino de Ciências*. São Paulo: Escrituras, 2001.

WEISSMAN, H. (Org.). *Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões*. Porto Alegre: Artmed, 1988.

Biologia em geral

COSTA, V. R. da; COSTA, E. V. da (Org.). *Biologia: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. v. 6. (Coleção Explorando o Ensino).

EL-HAHNI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (Org.). *O que é vida?: para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.

RAVEN, P. H. et al. *Biology*. 7. ed. Boston: McGraw-Hill, 2005.

REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

SADAVA, David et al. *Vida: a ciência da Biologia. Célula e hereditariedade*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. v. 1.

_____. *Vida: a ciência da Biologia. Evolução, diversidade e Ecologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. v. 2.

_____. *Vida: a ciência da Biologia. Plantas e animais*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. v. 3.

SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, C.; MARTIN, D. W.; BERG, L. R. *Biology*. 10. ed. Belmont: Brooks Cole, 2014.

Metodologia, História e Filosofia da ciência

ALVES, R. *Filosofia da ciência*. São Paulo: Loyola, 2000.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1999.

ANDERY, M. A. et al. *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*. 14. ed. São Paulo: Educ, 2003.

CHALMERS, A. *A fabricação da ciência*. São Paulo: Unesp, 1994.

DUTRA, L. H. de A. *Introdução à teoria da ciência*. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2009.

HENIG, R. M. *O monge no jardim: o gênio esquecido e redescoberto de Gregor Mendel, o pai da Genética*. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

JACOB, F. *A lógica da vida: uma história da hereditariedade*. Rio de Janeiro: Graal, 2001.

KNELLER, G. F. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar; São Paulo: Edusp, 1980.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. 8. ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

LAUDAN, L. *Science and Relativism: Some Key Controversies in the Philosophy of Science*. Chicago: The University of Chicago Press, 1990.

MAYR, E. *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Brasília: Ed. da UnB, 1998.

OLIVA, A. *Filosofia da ciência*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

RONAN, C. A. *História ilustrada da ciência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Cambridge University-Jorge Zahar, 2002. 4 v.

SAGAN, C. *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência como uma vela no escuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

VIEIRA, S.; HOSSNE, W. S. *Metodologia científica para a área de saúde*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

Sugestões específicas para o Volume 1

Bioquímica

CAMPBELL, M. K. *Bioquímica*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DEVLIN, T. M. *Manual de Bioquímica com correlações clínicas*. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

NELSON, K. Y. et al. *Princípios de Bioquímica*. 6. ed. São Paulo: Sarvier, 2014.

Nutrição

ESCOTT-STUMP, S. *Nutrição relacionada ao diagnóstico e tratamento*. 6. ed. São Paulo: Manole, 2011.

FRANCO, G. *Tabela de composição química dos alimentos*. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

TIRAPEGUI, J. *Nutrição: fundamentos e aspectos atuais*. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013.

Citologia

ALBERTS, B. et al. *Fundamentos da Biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

BONFIM, D. C. *Clonagem: benefícios e riscos*. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

BROWN, T. A. *Clonagem gênica e análise de DNA: uma introdução*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

CAUDY, A. A. et al. *DNA recombinante*. Porto Alegre: Artmed, 2008.

DAVIES, K. *Decifrando o genoma*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

DE ROBERTIS, E. M. F.; HIB, J. *Bases da Biologia celular e molecular*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

DESALLE, R.; LINDLEY, D. *Jurassic Park e o mundo perdido ou Como fazer um dinossauro*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

DRLICA, K. A. *Compreendendo o DNA e a clonagem gênica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

FARAH, S. B. *DNA: segredos e mistérios*. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2007.

FERREIRA, R. *Watson & Crick: a história da descoberta da estrutura do DNA*. São Paulo: Odysseus, 2003.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Biologia celular e molecular*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

KELLER, E. F. *O século do gene*. Ribeirão Preto: Ed. da Sociedade Brasileira de Genética, 2009.

LEITE, M. *O DNA*. São Paulo: Publifolha, 2003.

LEWONTIN, R. *A tripla hélice*. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

LORETO, E. L. S.; SEPEL, L. M. N. *Atividades experimentais e didáticas de Biologia molecular e celular*. 2. ed. Ribeirão Preto: Ed. da Sociedade Brasileira de Genética. 2003. v. 1.

PENA, S. D. J. *Humanidade sem raças?*. São Paulo: Publifolha, 2008.

PEREIRA, L. da V. *Clonagem: fatos & mitos*. São Paulo: Moderna, 2002.

_____. *Sequenciaram o genoma humano: e agora?*. São Paulo: Moderna, 2002.

RIDLEY, M. *Genoma: a autobiografia de uma espécie em 23 capítulos*. Rio de Janeiro: Record, 2001.

RUMJANEK, F. D. *Introdução à Biologia molecular*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 2001.

SALZANO, F. M. *DNA, e eu com isso?*. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

WATSON, J. D. BERRY, A. *DNA: o segredo da vida*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

WILMUT, I.; CAMPBELL, K.; TUDGE, C. *Dolly, a segunda criação*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2000.

Histologia humana

GARTNER, L. P.; HIATT, J. L. *Tratado de Histologia em cores*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

LOWE, J. N.; STEVENS, A. *Histologia humana*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

Imunologia

DELVES, P. J. et al. *Fundamentos de imunologia*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

LICHTMAN, A. H.; POBER, J. S.; ABBAS, A. K. *Imunologia celular e molecular*. 8. ed. São Paulo: Elsevier, 2015.

ROITT, I. M.; MALE, D.; BROSTOFF, J. *Imunologia*. 6. ed. Barueri: Manole, 2002.

Sexualidade, métodos anticoncepcionais e DSTs

- BARROSO, C.; BRUSCHINI, C. *Sexo e juventude: como discutir sexualidade em casa e na escola*. São Paulo: Cortez, 2002.
- BELDA Jr., W. *Doenças sexualmente transmissíveis*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2009.
- FORMIGA, J. F. N.; OCAMPO, H. T. *Guia clínico de anticoncepção*. São Paulo: Thesaurus, 2007.
- FRANÇOSO, L. A.; GEJER, D.; REATO, L. de F. N. *Sexualidade e saúde reprodutiva na adolescência*. São Paulo: Atheneu, 2001.
- PASSOS, M. R. L. *Atlas de DST e diagnóstico diferencial*. 2. ed. São Paulo: Revinter, 2011.
- PETTA, C. A.; ALDRIGHI, D. M. *Métodos anticoncepcionais*. São Paulo: Atheneu, 2004.
- PINTO, W. P. *Conviver com a Aids*. São Paulo: Scipione, 2002.

Reprodução e embriologia

- COVAS, D. T.; ZAGO, M. A. (Org.). *Células-tronco: a nova fronteira da medicina*. São Paulo: Atheneu, 2006.

GARCIA, S. M. L. de; FERNÁNDEZ, C. G. *Embriologia*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N.; TORCHIA, M. G. *Embriologia clínica*. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

SADLER, T. W. *Langman: Embriologia médica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

Origem da vida

EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (Org.). *O que é vida?: para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.

FORTEY, R. *Vida: uma biografia não autorizada*. São Paulo: Record, 2000.

RIDLEY, M. *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

STEARNS, S. C.; HOEKSTRA, R. F. *Evolução: uma introdução*. São Paulo: Atheneu, 2003.

ZIMMER, C. *À beira d'água: macroevolução e a transformação da vida*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.

_____. *O livro de ouro da evolução: o triunfo de uma ideia*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2003.

8 Sugestões de sites de museus e outros espaços de Ciências

A seguir há *sites* de museus, exposições e outros espaços de Ciências que podem ser indicados pelo professor para serem visitados pelos alunos, complementando a visita presencial (acessos em: 27 abr. 2016).

- Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciências <www.abcmc.org.br/publique1/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>
- Bosque da Ciência – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) – Manaus, AM <<http://bosque.inpa.gov.br/>>
- Casa da Descoberta – Universidade Federal Fluminense – Niterói, RJ <www.uff.br/casadadescoberta/index.html>
- Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) – Universidade de São Paulo – São Carlos, SP <www.cdcc.sc.usp.br>
- Espaço Ciência – Secretaria e Tecnologia (Sectec) – Olinda, PE <www.espacociencia.pe.gov.br>

- Espaço Ciência Viva – Rio de Janeiro, RJ <www.cienciaviva.org.br>
- Museu Arqueológico do Rio Grande do Sul (Marsul) – Secretaria do Estado da Cultura – Taquara, RS <www.sedac.rs.gov.br>
- Museu de Astronomia e Ciências Afins (Mast) – Ministério da Ciência e Tecnologia – Rio de Janeiro, RJ <www.mast.br>
- Museu de Ciência e Tecnologia – Universidade do Estado da Bahia – Salvador, BA <www.uneb.br/mct>
- Museu de Ciências da PUC-RS <<http://www.pucrs.br/mct/>>
- Museu de Ciências da Universidade de São Paulo <<http://biton.uspnet.usp.br/mc/>>
- Museu de Geologia – Serviço Geológico do Brasil – Porto Alegre, RS <www.cprm.gov.br>

- Museu Geológico Valdemar Lefèvre – Instituto Geológico – São Paulo, SP
<www.mugeo.sp.gov.br>
- Museu Virtual de Ciências e Tecnologia da Universidade de Brasília – Distrito Federal
<www.museuvirtual.unb.br/index.htm>
- Planetário – Universidade Federal de Goiás – Goiânia, GO
<www.planetario.ufg.br>
- Planetário Aristóteles Orsini – Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – São Paulo – SP
<<http://www.parqueibirapuera.org/equipamentos-parque-ibirapuera/planetario-ibirapuera-prof-aristoteles-orsini/>>
- Planetário Espaço Cultural – Espaço Cultural José Lins do Rego – João Pessoa, PB
<www.funesc.pb.gov.br> (Entre em espaço cultural e, em seguida, em Planetário)
- Planetário de Londrina – Universidade Estadual de Londrina – Londrina, PR
<www.uel.br/planetario>
- Projeto Escolas da Ciências – Biologia e História – Vitória, ES
<www.vitoria.es.gov.br/seme.php?pagina=escola_biolohistoria>
- Seara da Ciência – Universidade Estadual do Ceará – Fortaleza, CE
<www.seara.ufc.br>

9 Sugestões de abordagem e comentários

Apresentamos a seguir sugestões de abordagem de cada capítulo, comentando também algumas novidades e controvérsias atuais da Biologia.

CAPÍTULO 1: O fenômeno da vida

Neste capítulo apresentamos algumas diferenças entre o ser vivo e a matéria sem vida, e também uma visão geral de alguns conceitos importantes da Biologia. Convém o professor esclarecer aos estudantes que os principais conceitos deste capítulo serão trabalhados com mais detalhes ao longo dos Volumes da Coleção. Nos Capítulos 8 e 9 deste Volume, por exemplo, serão aprofundados os conceitos de respiração e fotossíntese, e, no Capítulo 12, será aprofundado o conceito de reprodução dos animais. Já o conceito de hereditariedade e a teoria da evolução serão vistos com maior profundidade no terceiro Volume da Coleção.

Antes de abordar os tópicos do capítulo, o professor pode propor aos alunos a questão: “Por que é importante estudar Biologia?”. Depois de ouvir as respostas, ele pode pedir aos alunos que leiam a abertura da Unidade 1. Nela, algumas respostas a essa questão são apresentadas. Depois da leitura, o professor pode perguntar novamente a opinião dos alunos sobre a importância de estudar Biologia. Especial atenção deve ser dada ao fato de que nossa vida é muito influenciada pela tecnologia e que, por isso, um conhecimento básico de Biologia nos permite analisar criticamente o mundo à nossa volta.

Como forma de exemplificar as áreas de atuação da Biologia, pode ser interessante apresentar aos alunos as diferentes especialidades dessa ciência. O texto a seguir pode servir como um roteiro para essa conversa.

As divisões da Biologia

A Biologia estuda todos os níveis de organização dos seres vivos e pode ser dividida nas seguintes especialidades:

- Citologia (do grego *kytos* = célula; *logos* = estudo): estuda as células, sua composição química, seu estado físico e a forma e função de suas estruturas internas.
- Histologia (do grego *histos* = tecido): estuda os tecidos.
- Anatomia (do grego *anatomé* = corte, dissecação) e Fisiologia (*physis* = natureza, função): estudam a estrutura e o funcionamento dos órgãos e sistemas.
- Embriologia (do grego *embryon* = embrião): estuda a formação e o desenvolvimento do embrião.
- Genética (do grego *genetikós* = que gera): estuda as leis da hereditariedade.
- Evolução (do latim *evolutione* = ação de desenrolar): estuda as transformações das populações e das espécies ao longo do tempo.
- Ecologia (do grego *oikos* = casa, ambiente): estuda as relações entre o ser vivo e o ambiente.
- Taxonomia (do grego *taxis* = arranjo, ordem; *nomos* = lei) e Sistemática: estudam a classificação dos organismos e as relações de parentesco evolutivo entre eles.



- Paleontologia (do grego *palaios* = antigo; *ontos* = ser): estuda os fósseis.

A Biologia também pode ser dividida de acordo com o tipo de organismo estudado. Nesse caso, temos:

- Zoologia (do grego *zoon* = animal): estuda os animais.
- Botânica (do grego *botanikós* = relativo às ervas): estuda as plantas.
- Microbiologia (do grego *mikrós* = pequeno; *bios* = vida): estuda os microrganismos.

Para trabalhar mais essas questões ligadas à compreensão que o aluno tem do mundo, a seção **Trabalho em equipe** reforça a importância da Biologia e permite uma maior interação entre os alunos e deles com os membros da comunidade escolar.

Nos primeiros trabalhos de pesquisa, sugerimos que o professor dedique mais tempo na orientação e direcionamento dos alunos. É importante reforçar a importância de utilizar fontes confiáveis, como *sites* de universidades e órgãos públicos.

O texto que abre o capítulo prepara o estudante para a compreensão de que os organismos vivos têm características comuns, apesar de serem bastante diferentes em alguns aspectos.

Para abordar os tópicos do capítulo, o professor pode utilizar a questão inicial do capítulo (“Você sabe quais são as principais características de um organismo vivo?”) ou fazer perguntas, como: “Qual a diferença entre um ser vivo e aquilo que não é vivo?”, “O que todos os seres vivos têm em comum?”, “Por que podemos afirmar com segurança que uma rocha não é um ser vivo?”. Espera-se que os alunos mencionem características como reprodução, hereditariedade, nutrição, etc. No entanto, é preciso sempre considerar que, na realidade, a pergunta não é fácil de ser respondida. O problema é que, mesmo do ponto de vista biológico, não é fácil definir vida: lembremos o problema dos vírus, que para alguns cientistas é vivo e para outros não. (os vírus serão estudados com mais detalhes no Volume 2 desta Coleção).

A tentativa mais comum de responder àquelas perguntas é elaborar uma lista de características que, em conjunto, ajudam a separar os seres vivos da matéria sem vida. Devemos observar, porém, que cada uma dessas características isoladas não é suficiente para definir um ser vivo, e que a definição, afinal, vai depender da abordagem escolhida.

Segundo uma abordagem darwinista, por exemplo, as propriedades de vida surgiram a partir do momento em que algumas moléculas passaram a produzir cópias de si mesmas (a se replicar) e a partir do momento em que essas cópias possuíam variações que influíam no sucesso dessa replicação. Isso significa que as características dos seres vivos surgiram a partir do processo de evolução por mutação e seleção natural. Assim, a vida poderia ser definida pelas propriedades que permitem a certas entidades sofrer evolução por seleção natural: multiplicação, hereditariedade, variação.

No entanto, é importante saber que outras definições de vida são possíveis, dependendo da ênfase que se dá a outras características dos seres vivos. É o caso da teoria da autopoiése, proposta por Humberto Maturana e Francisco Varela. Nesse caso, a ênfase está na capacidade dos processos do metabolismo de gerar uma organização própria, um sistema capaz de produzir seus próprios componentes.

Uma discussão interessante sobre a definição de vida está em *O que é vida?*: para entender a Biologia do século XXI (organizado por C. N. El-Hani e A. A. P. Videira. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000), *O que é vida* (de L. E. Margulis e D. Sagan, Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 2002) e *O que é vida?: 50 anos depois* (de M. P. Murphy e L. A. J. O'Neill. São Paulo: Unesp e Cambridge University Press, 1997).

Ao apresentar os diversos níveis de organização estudados em Biologia, o professor pode comentar que em cada nível surgem novas propriedades. Por exemplo: se simplesmente misturarmos moléculas de clorofila e outras moléculas presentes em uma célula da folha em um tubo de ensaio, a fotossíntese não ocorre. O processo só ocorre quando essas moléculas estão organizadas de uma forma bem específica no cloroplasto da célula. Da mesma forma, uma célula não é capaz de voar, mas o organismo inteiro de um pássaro, sim. Em outras palavras, cada um dos sistemas apresentados possui propriedades emergentes, que dependem da interação e organização de todo o sistema.

No boxe *Biologia e sociedade* (p. 20), o professor pode aprofundar questões relativas à hereditariedade e à relação com o ambiente. É possível enfatizar que “a genética” de um indivíduo representa muitas vezes apenas uma predisposição, uma propensão, que age sempre em interação com o ambiente e a cultura. É importante que, ao longo do curso, o professor apresente elementos para que o aluno não assuma a crença em um determi-

nismo genético, isto é, a crença de que exclusivamente os genes determinam as características dos organismos. Assim, também é interessante discutir que consequências nossas atitudes têm sobre nosso corpo e o ambiente em que vivemos. A questão 13 da seção **Atividades** ajuda o estudante a compreender esse ponto.

Esse tópico será retomado com mais detalhes no Volume 3 desta Coleção, nas Unidades que tratam da Genética.

Ao longo do estudo do capítulo, o professor pode desafiar o estudante com questões do tipo: “O que significa dizer que há uma divisão de trabalho entre nossas células?”; “Por que, apesar de um coelho comer muita cenoura, por exemplo, ele não se ‘transforma’ em cenoura; de certa forma, são as cenouras que se ‘transformam’ em coelho?”; “Uma planta pode crescer em direção à luz, mas será que ela teria a capacidade de ‘aprender’ a crescer em direção a um som?”.

Uma vez que os conceitos apresentados neste capítulo serão aprofundados ao longo do Ensino Médio, o professor deve avaliar, de acordo com as especificidades de suas turmas (o tempo disponível ou a etapa do processo de ensino-aprendizagem, por exemplo), o grau de profundidade com que cada tópico deve ser abordado. Isso se aplica, por exemplo, a conceitos como átomo, molécula, ligação química, reação química, respiração e fotossíntese. Esses e outros conceitos serão estudados com mais detalhes ao longo dos próximos capítulos e também em Química. É importante que o professor chame então a atenção do aluno para a frase: “Você pode perceber, portanto, que para entender processos como a fotossíntese e a respiração é necessário um conhecimento básico de Química” (p. 17). É fundamental que os alunos entendam que as disciplinas estão todas relacionadas.

Neste momento, ainda não se espera do estudante uma compreensão profunda dos processos evolutivos, que, de mais a mais, serão abordados em maior profundidade no terceiro Volume desta Coleção. No entanto, é importante trabalhar o conceito de adaptação e a relação entre forma e função, e sempre ter em mente que a evolução norteia tanto a pesquisa como o ensino de Biologia.

Se achar conveniente, o professor pode pedir que os alunos se organizem em equipes e pesquisem sobre a evolução das baleias (tema que será abordado com maior aprofundamento no Capítulo 11 do Volume 3). Durante a pesquisa, os alunos irão se deparar com descobertas de diversos fósseis: os mais antigos seriam de antepas-

sados das baleias que ainda tinham pernas (dianteiras e traseiras), mas cujo crânio já era semelhante ao das baleias atuais; fósseis mais recentes apresentam cauda e coluna longa e flexível (além das pernas); e fósseis ainda mais recentes já apresentam nadadeiras, no lugar das pernas dianteiras, e membros posteriores muito reduzidos. Essas e outras evidências suportam a hipótese de que as baleias descendem de mamíferos terrestres que, ao longo da história evolutiva, adaptaram-se à vida aquática. O professor pode perguntar também qual seria a vantagem adaptativa de algumas dessas transformações (mutantes com nadadeiras se deslocavam melhor na água e poderiam escapar mais facilmente de eventuais predadores, assim teriam mais chances de sobreviver e se reproduzir, aumentando de número na população).

Para mais informações sobre esse tema, podem ser consultados, entre outras fontes, o livro e o site a seguir:

- PROTHERO, D. R. *Evolution: what the fossils say and why it matters*. New York: Columbia University, 2007. p. 318-322.
- <<http://www.ucmp.berkeley.edu/mammal/cetacea/cetacean.html>> (em inglês; acesso em: 22 mar. 2016).

Na figura 1.16 aparecem alguns exemplos de adaptações. O professor pode complementar esse tópico pedindo aos estudantes que pesquisem adaptações de outros animais – por exemplo, morcegos e tamanduás – relacionadas à obtenção de alimentos ou à camuflagem. Os alunos poderão encontrar algo sobre a ecocalização dos morcegos, que ajuda no deslocamento e na localização de presas em ambientes pouco iluminados; já os tamanduás apanham insetos alojados em ninhos subterrâneos (formigueiros e cupinzeiros) devido às garras dos membros anteriores – que os ajudam a escavar a terra –, ao focinho comprido e à língua longa recoberta de saliva pegajosa.

O boxe *Biologia e tecnologia* (p. 22) apresenta uma aplicação prática do conhecimento científico sobre os processos evolutivos ao apresentar o controle biológico como alternativa sustentável e eficaz para o controle de pragas na agricultura.

Compreender e valorizar aspectos da agricultura são atitudes importantes na formação de um cidadão consciente, capaz de perceber como diferentes contextos culturais influenciam nossa relação com o meio ambiente.

Uma vez que o uso irrestrito de inseticidas pode levar à formação de gerações resistentes, o professor pode fazer uma analogia com o uso de antibióticos sem prescrição, discutindo as informações do texto a seguir com os alunos.

Não tome antibióticos sem receita médica!

Tomar antibióticos sem orientação médica é perigoso para a saúde. Esses medicamentos são eficientes só quando usados por certo intervalo de tempo e na dosagem correta – o que apenas o médico pode determinar. Além disso, em certos casos, os antibióticos podem causar problemas ao organismo, que terão de ser diagnosticados e tratados pelo médico.

O uso de antibióticos sem controle pode levar à seleção de bactérias resistentes ao medicamento. Isso significa que um antibiótico pode deixar de fazer efeito na segunda utilização.

Essa advertência vale para qualquer medicamento: apenas o médico pode dar a orientação correta para o tratamento de uma doença.

As questões 4 e 5 da seção **Atividades** podem ser usadas para avaliar o conhecimento prévio sobre as diferenças entre nutrição autotrófica e heterotrófica. Elas também podem ser utilizadas ao final da exposição para verificar se o aluno é capaz de aplicar o que aprendeu em situações novas.

O professor ainda pode relacionar características gerais de animais e plantas ao tipo de nutrição (autotrófica e heterotrófica), ou deixar para fazer isso posteriormente, durante o estudo da Anatomia e Fisiologia desses grupos, no Volume 2 desta Coleção. Se quiser discutir nesse momento, pode perguntar, por exemplo: "Que vantagens o deslocamento traz aos animais, relacionando essa capacidade à busca de alimentos, fuga de predadores e à reprodução?". "Como as plantas realizam essas mesmas atividades sem se deslocar?". O professor deve, também, chamar a atenção para o fato de que alguns animais aquáticos são fixos e promovem correntes de água que trazem até eles seres microscópicos utilizados em sua alimentação. Nesse momento, é especialmente importante ficar atento à concepção errônea que as pessoas geralmente têm de que as plantas não reagem a estímulos. O item 4, "Reação e equilíbrio", e a questão 7 de **Atividades** podem ser utilizados na investigação dessa concepção.

O professor pode comentar também que a movimentação da maioria dos animais depende não só de um sistema muscular que gera o movimento em si, mas também de órgãos sensoriais que permitam que o animal perceba o ambiente ao seu redor; e de um sistema nervoso que registre e interprete as informa-

ções recebidas, coordenando as contrações musculares e permitindo que o animal realize movimentos relevantes. Os vegetais não possuem sistema muscular nem sistema nervoso, mas nem por isso estão menos adaptados que os animais, já que a matéria-prima e a energia extraída do ambiente estão sempre em contato com a planta, ou próximas a ela.

Outra adaptação encontrada nos animais em geral é a forma compacta, que facilita o movimento de busca do alimento. Para os vegetais, que são fixos, em princípio, é mais vantajosa a forma ramificada com folhas, o que confere grande superfície de absorção da luz, e com raiz, permitindo absorção de água e sais minerais do solo.

CAPÍTULO 2: Como o cientista estuda a natureza

O texto de abertura deste capítulo ajuda o aluno a compreender que o progresso do conhecimento científico depende do trabalho realizado por toda uma comunidade científica ao longo de muitos anos. É interessante que o professor reforce a ideia principal do texto esclarecendo que o trabalho de Newton, assim como o de outros cientistas, baseou-se no conhecimento obtido por pensadores que vieram antes dele.

Para ilustrar o uso de modelos em ciência, o capítulo compara o modelo atômico de Thomson com o de Rutherford-Bohr, apresentado no capítulo anterior. O professor deve ressaltar o fato de que esses e outros modelos de átomos serão estudados com maior aprofundamento em Química.

O teste de hipótese é uma necessidade da pesquisa em Ciências da Natureza. Espera-se então que os alunos compreendam a importância do grupo de controle durante a realização desses testes. Para avaliar o aprendizado do aluno a esse respeito, o professor pode se valer da questão 1 de **Atividades**. Os alunos precisam compreender que não basta colocar uma ou mais plantas no escuro para demonstrar a importância da luz para o crescimento. É necessário um grupo de controle formado por plantas do mesmo tipo e nas mesmas condições, mas recebendo luz. Sem esse grupo, a falta de crescimento pode ser atribuída, por exemplo, a alguma doença ou à falta de algum sal mineral. O grupo controle diminui a chance desse tipo de conclusão, embora, como qualquer teste, não possa dar certeza absoluta sobre as conclusões: esse é um caráter essencial do conhecimento científico, que é sempre conjectural.

O texto a seguir pode ser utilizado para aprofundar a ideia de teste controlado. O tipo de teste

apresentado é comumente descrito como “randomizado, duplo-cego e controlado por placebo”. Isso significa que os participantes são selecionados de forma aleatória (randomizada) para receber medicamento ou placebo e ninguém sabe quem está consumindo de fato o medicamento, nem os voluntários nem o médico que acompanha os testes (duplo-cego).

A pesquisa de novos medicamentos

O teste de um novo medicamento pode demorar vários anos e deve seguir as leis que regulamentam esse tipo de experimentação. Primeiro, o medicamento precisa ser administrado a animais de laboratório para verificar se não provoca efeitos prejudiciais. Depois, é dado em pequenas doses a voluntários sadios a fim de observar possíveis efeitos colaterais. Só depois de muitos testes preliminares, os cientistas passam ao teste controlado de eficácia no tratamento da doença em questão. Nesse momento, são utilizados dois grupos formados por um grande número de voluntários. Um recebe o medicamento e o outro não.

Quando já existe um tratamento eficaz para a doença, o novo tratamento deve ser comparado com o tratamento convencional. A comparação permite avaliar se o novo tratamento é mais eficiente que o já utilizado. O grupo que não está recebendo o novo medicamento toma um comprimido inócuo, chamado placebo, com substâncias como a lactose ou a farinha de trigo, que não tem efeito medicamentoso. Esse grupo é usado para comparação, pois o simples fato de uma pessoa achar que está tomando um remédio pode ter efeito psicológico e fazê-la sentir-se melhor, mesmo que ela não esteja de fato usando um medicamento.

É importante que nem os voluntários nem o médico que os acompanham saibam quem está recebendo o medicamento ou o placebo. Apenas um pesquisador, que não participa diretamente do teste, sabe quais são os dois grupos. Isso evita diferenças no procedimento com os pacientes e uma possível influência na avaliação da doença (se o médico conhecer os grupos, ele pode ser induzido a achar que os pacientes que tomaram o remédio estão

um pouco melhores que os que tomaram placebo). Esse tipo de teste chama-se teste duplo-cego, visto que nem o paciente nem as outras pessoas envolvidas sabem qual é o medicamento e qual é o placebo. Nos dois grupos podem existir algumas pessoas que apresentam melhora, seja por efeito psicológico, seja pelas próprias defesas do organismo (em muitas doenças há sempre um número de pessoas que se curam sem medicação). Se, no grupo que toma o remédio, o número de pessoas que melhoraram for significativamente maior (são usados testes estatísticos), podemos concluir que o medicamento teve algum efeito. Quanto maiores forem os grupos e o número de pacientes que melhoraram ao ingerir o remédio, em relação aos que ingeriram o placebo, maior será a segurança na conclusão.

Apesar de todos esses cuidados, com qualquer medicamento há sempre o risco de algumas pessoas apresentarem efeitos colaterais. Por isso, é preciso continuar monitorando o medicamento enquanto ele estiver no mercado, e os médicos que o receitam devem ficar atentos e comunicar qualquer efeito novo que apareça durante seu uso. É preciso também garantir uma avaliação idônea do medicamento por parte de órgãos governamentais, isto é, uma avaliação não comprometida por interesses de fabricantes.

No Brasil, para registrar um novo medicamento, é preciso que o laboratório entre com pedido na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), apresentando os estudos da eficácia e os registros no país onde o medicamento é produzido.

Todos os voluntários precisam assinar um termo de consentimento, que será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (vinculado ao Ministério da Saúde). Eles precisam ser informados de todos os benefícios e riscos da pesquisa, e esta deve ser suspensa se for constatado algum efeito adverso que constitua ameaça à saúde de algum participante.

Fontes de pesquisa: VIEIRA, S.; HOSSNE, W. S. *Metodologia científica para a área de saúde*. Rio de Janeiro: Campus, 2001; ZIVIN, J. A. Understanding clinical trials. *Scientific American*. Nova York, p. 49-55, abr. 2000.

É importante, porém, o professor destacar as ressalvas feitas no próprio texto a respeito desse tipo de teste. Entre outros aspectos, os alunos devem compreender que a pesquisa de novos medicamentos envolve riscos, portanto, é preciso analisar os benefícios e prejuízos que ele pode acarretar, monitorando-o enquanto estiver no mercado; é necessária uma avaliação idônea do medicamento por parte de órgãos governamentais; o experimento deve respeitar os preceitos da bioética (os pacientes devem ser informados sobre os riscos e concordar com os testes, etc.). O professor pode acrescentar que essas práticas, como outras em ciência, podem ser aperfeiçoadas, buscando, por exemplo, aumentar a transparência do processo de avaliação para toda a sociedade.

A leitura do texto também pode ser uma oportunidade para reforçar a recomendação de que não devemos tomar medicamentos por conta própria: somente os médicos podem diagnosticar e indicar, para cada problema de saúde e cada paciente, os tratamentos mais adequados e os melhores medicamentos, e só eles podem acompanhar o paciente ao longo do tratamento.

Assim, pode ser solicitada uma pesquisa sobre medicamentos que tiveram que ser retirados do mercado por causa de efeitos colaterais que só se manifestaram depois do uso em larga escala – o que reforça a necessidade de monitoramento e vigilância do medicamento por instituições científicas independentes. Os alunos podem pesquisar ainda quais são os profissionais envolvidos nos testes de novos medicamentos. Esses pesquisadores geralmente são biólogos, biomédicos, médicos e/ou farmacêuticos.

Para se aprofundar sobre o tema, o professor pode consultar o artigo: SOARES K. V. S.; CASTRO A. A. Projeto de pesquisa para ensaios clínicos randomizados. In: ATALLAH A. N.; CASTRO A. A. (Ed.). *Medicina baseada em evidências*: fundamentos da pesquisa clínica. São Paulo: Lemos-Editorial, 1998. p. 63-73. Na internet, também é possível consultar a página *Medicina baseada em evidências*, disponível em: <www.centrocochranedobrasil.org.br/mbe.html> (acesso em: 22 mar. 2016).

Durante a atividade do **Trabalho em equipe** sobre bioética (item b), o professor pode propor uma complementação, solicitando aos estudantes que discutam sobre a lei que regulamenta a pesquisa em animais no Brasil. Ele deve lembrar também que o estudo da bioética é uma parte importante da Ética, uma divisão da Filosofia. O item c dessa seção pede que o estudante interprete frases enunciadas por cientistas de várias áreas do conhecimento sobre a atividade científica.

Dessa forma, é possível avaliar melhor a compreensão do aluno sobre o conteúdo do capítulo.

As questões 4 a 6 de **Atividades** são bastante adequadas para avaliar o conhecimento adquirido pelos estudantes em relação ao conceito de teste controlado em experimentos.

O professor pode enfatizar o caráter público e intersubjetivo da ciência, dado pela exigência de que outros cientistas possam reproduzir um determinado experimento. Isso só é possível se o cientista comunicar suas conclusões publicando-as em revistas científicas e discutindo-as em congressos. O professor pode lembrar também que nas revistas científicas o cientista só pode publicar uma hipótese que já passou por testes bastante rigorosos. Nos meios de comunicação não especializados, porém, nem sempre há essa exigência. Frequentemente, vemos na internet, no jornal ou na televisão notícias sobre grandes descobertas, até mesmo sobre a cura de várias doenças, que, na verdade, ainda não foram testadas o suficiente.

O termo *teoria*, cujo significado específico em ciência é muito diferente daquele que é usado no cotidiano (muitas vezes, como sinônimo de “hipótese”), pode ser de difícil compreensão para o estudante. Mas a questão 2 de **Atividades**, que cita algumas teorias de diferentes áreas da ciência (mecânica quântica, teoria da relatividade, teoria da evolução, teoria atômica, tectônica de placas) e pede uma comparação do significado do termo nas duas situações deverá ajudá-lo a compreender melhor essa diferença. Entretanto, ainda que o aluno entenda esse conceito, é importante que saiba que mesmo as grandes e influentes teorias científicas podem ser substituídas por novas teorias.

No livro *A galinha e seus dentes e outras reflexões sobre história natural* (São Paulo: Paz e Terra, 1992), o paleontólogo e biólogo evolucionista Stephen Jay Gould (1941-2002) afirma que a evolução é uma teoria e também um fato: “fatos são os dados do mundo. E teorias são as estruturas de ideias que explicam e interpretam os fatos. Os fatos não desaparecem enquanto os cientistas debatem teorias rivais que tentam explicá-los” (p. 254). Gould, no entanto, nos alerta que “fatos” não significam “certeza absoluta”. Diz ele: “Em ciência, ‘fato’ só pode significar ‘confirmado a tal ponto que seria perverso suprimir uma concordância provisória com ele’” (p. 255). No mesmo texto, Gould explica que Darwin sempre enfatizou a diferença entre o fato da evolução, isto é, o fato de que as

espécies surgiram por evolução a partir de um ancestral comum, e sua proposta de uma teoria – a seleção natural – para explicar o mecanismo da evolução.

Em resumo: a evolução ocorreu e continua ocorrendo em nosso planeta e isto é considerado um fato pela comunidade científica. Já a seleção natural e outros conceitos e princípios que buscam explicar a evolução fazem parte da teoria da evolução.

Neste capítulo, afirma-se que as teorias científicas tentam explicar o mundo associando fatos aparentemente isolados. A teoria da evolução, por exemplo, explica a adaptação, a formação de novas espécies, a sequência de fósseis, as semelhanças entre as espécies em termos anatômicos, embrionários e moleculares, etc. No entanto, a compreensão da natureza das leis e teorias científicas por parte do aluno deverá vir gradualmente ao longo de todo o curso, na medida em que ele for conhecendo exemplos, leis e teorias científicas na Física, na Química e na Biologia.

A avaliação das teorias científicas é um processo bastante complexo e muito discutido em Filosofia da Ciência. O professor que quiser mais detalhes sobre esse tópico pode consultar os livros e sites citados nas referências bibliográficas do texto a seguir, que resume alguns aspectos do problema de avaliação das teorias científicas.

A avaliação das teorias científicas

Para muitos autores, vários fatores devem ser levados em conta nessa avaliação, como a capacidade que uma teoria tem de explicar fatos ou leis diferentes daqueles para os quais foi construída; de permitir a dedução de novas previsões que possam ser testadas em experimentos; de unificar fenômenos que, aparentemente, não tinham relação entre si; de orientar a pesquisa científica de forma produtiva; de resolver o maior número possível de problemas (teóricos e experimentais); etc. Essas características nem sempre são suficientes para levar a uma decisão unânime por parte da comunidade científica e, por isso, vários filósofos defendem a concepção de que fatores psicológicos e sociais também influenciam a avaliação das teorias.

O filósofo Thomas Kuhn (1922-1996) faz uso do conceito de paradigma para explicar as

mudanças em que teorias científicas bem abrangentes são substituídas por outras. Em sentido amplo, um paradigma é formado por uma teoria, pelo método de pesquisa e por ideias filosóficas dominantes no momento. Uma parte importante do paradigma são novas descobertas e realizações, como as três leis de Newton e as equações de Maxwell para o Eletromagnetismo, e o modo como elas são usadas para resolver problemas específicos. A aplicação dessas teorias na solução de problemas importantes em conjunto com as novas técnicas experimentais e matemáticas são chamadas de exemplares ou de paradigmata, no sentido estrito do termo. Os exemplares orientam o trabalho dos cientistas, sugerindo um novo modo de investigar o mundo, e são fundamentais também para a aprendizagem dos estudantes.

O paradigma determina para os pesquisadores que tipo de leis são válidas; que tipo de questões devem ser levantadas e investigadas; que tipo de soluções devem ser propostas; que métodos de pesquisa devem ser usados; e que tipo de constituintes formam o mundo (átomos, oxigênio, flogisto, etc.).

Kuhn indica cinco “valores” importantes para a avaliação de teorias ou paradigmas: exatidão (previsões exatas, concordando com os resultados experimentais); consistência (uma teoria sem contradições internas); alcance (capacidade de explicar um amplo número de fatos); simplicidade (capacidade de unificar fenômenos); fecundidade (capacidade de sugerir novas descobertas e orientar a pesquisa científica).

Para Kuhn, os valores mencionados acima não são suficientes para forçar uma decisão unânime por parte da comunidade científica. Isso porque alguns valores podem ser interpretados de diferentes maneiras, provocando discordâncias entre os pesquisadores, por exemplo, sobre qual das teorias seria, de fato, a mais simples. Além disso, um valor pode se opor a outro. Por isso, Kuhn conclui que fatores psicológicos e sociais necessariamente influenciam a escolha da melhor teoria.

Fontes de pesquisa: CHALMERS, A. *A fabricação da ciência*. São Paulo: Unesp, 1994; DUTRA, L. H. de A. *Introdução à teoria da ciência*. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2003; FRENCH, S. *Ciência: conceitos-chave em Filosofia*. Porto Alegre: Artmed, 2009; KNELLER, G. F. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar; São Paulo: Edusp, 1980; KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1989; _____. *O caminho desde a estrutura: ensaios filosóficos, 1970-1993*, com uma entrevista autobiográfica. São Paulo: Unesp, 2006; OLIVA, A. *Filosofia da ciência*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

Na internet (em inglês; acesso em: 22 mar. 2016): <<http://plato.stanford.edu/entries/thomas-kuhn/>>.

É importante também chamar a atenção do aluno para o fato de que a ciência não pretende “explicar tudo”. Por exemplo, a Ética e a Religião tratam de questões que não podem ser resolvidas pela ciência e que nem por isso deixam de ser importantes.

Ao longo do estudo da Biologia, o professor terá oportunidade de discutir várias questões éticas resultantes das aplicações científicas. Nessa discussão, deverá ficar claro que a ciência é apenas uma parte da cultura humana, assim como as artes, a Filosofia, a Religião e o conhecimento cotidiano. Tanto a ciência como a tecnologia são influenciadas pela cultura de uma época e por fatores sociais e econômicos.

Em relação à Ética, é fundamental debater questões relacionadas à bioética, não só durante o **Trabalho em equipe** no fim deste capítulo, mas também ao longo das discussões sobre as aplicações da clonagem e da Engenharia genética, por exemplo. É importante, ainda, enfatizar que o cientista tem compromissos sociais e éticos e deve respeitar valores e direitos humanos. O aluno, cidadão em formação, deve compreender que, para resolver muitos dos problemas atuais, não bastam pesquisas científicas: é necessário investir mais em educação, saneamento básico e serviços de saúde. Para verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre esse tópico, o professor pode se valer da última questão do texto de abertura: “Será que cabe à ciência resolver todos os problemas da sociedade?”. Sobre bioética, o professor pode consultar:

BELLINO, R. *Fundamentos da bioética*. São Paulo: Edusc, 1997.

FAGUNDES, M. B. *Aprendendo valores éticos*. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

JUNGUES, J. R. *Bioética: perspectivas e desafios*. São Leopoldo: Unisinos, 1999.

MOLINA, A. et al (Org.). *Bioética e humanização: vivências e reflexões*. Recife: Edupe, 2003.

PALATNIK, M. A bioética e o progresso da ciência. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, v. 27, n. 158, p. 24-31, mar. 2000.

RIOS, A. R. et al. *Bioética no Brasil*. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, 1999.

SEGRE, M.; COHEN, C. (Org.). *Bioética*. São Paulo: Edusp, 1999.

Na internet (acessos em: 22 mar. 2016):

<www.revistabioetica.cfm.org.br/index.php/revista_bioetica>

<www.bioetica.org.br>

<www.sbbioetica.org.br>

<www.ufrgs.br/bioetica>.

A **Atividade prática**, no final do capítulo, funciona como uma analogia: o professor pode comparar essa situação com as tentativas, em ciência, de elaborar hipóteses e modelos para explicar fenômenos que não podem ser diretamente observados, submetendo, depois, as hipóteses a testes experimentais. É o caso do modelo atômico e da estrutura da membrana celular, mencionados neste capítulo.

CAPÍTULO 3: A água e os sais minerais

O aluno deve compreender que os seres vivos têm uma composição química bastante complexa, com grande variedade de substâncias inorgânicas e orgânicas. O texto que inicia a Unidade 2 pretende fazer com que o aluno continue a reflexão iniciada na Unidade 1, a respeito da complexidade da vida, pois, como foi dito no Capítulo 1, todas as partes de um organismo trabalham em conjunto para mantê-lo funcionando de maneira equilibrada. Um conjunto de moléculas de clorofila reunidas em um tubo de ensaio, por exemplo, não pode realizar fotossíntese. Assim, o professor pode iniciar o trabalho explorando a imagem de abertura do capítulo, que apresenta uma adaptação do flamingo rosado que favoreceu sua sobrevivência na região árida e salobra do deserto do Atacama, no Chile.

O texto a seguir tem dados interessantes sobre a quantidade de água e formas em que ela está disponível no planeta. Apresentar alguns desses dados aos alunos pode ser uma forma interessante de incentivá-los a pensar sobre o tema.

A água no planeta

Cerca de 70% da superfície da Terra é coberta por água em estado líquido. No entanto, 96,5% do volume de água do planeta está nos oceanos: é água muito salgada e não serve para beber nem para a agricultura, a não ser que passe por dessalinização, processo que ainda é bastante caro. Apenas cerca de 2,5% é de água doce, mas, dessa água, em torno de 70% está no estado sólido, nas geleiras. Assim, menos de 1% da água do planeta está mais facilmente acessível para consumo humano, sendo as fontes principais: rios, lagos, represas e a água infiltrada nos espaços entre as partículas do solo e entre as rochas do subsolo (nos chamados lençóis subterrâneos ou lençóis freáticos).

Um problema que agrava essa situação é o comprometimento das fontes de água doce pelos desmatamentos, pelo uso intensivo e pela poluição por esgoto doméstico, lixo e resíduos industriais e agrícolas. Tais atitudes encarecem ainda mais os processos de tratamento da água.

Além disso, a distribuição da água doce no mundo é muito irregular: ela é bastante escassa em várias regiões, inclusive no Brasil, e boa parte dela está longe das áreas mais populosas. Segundo alguns cálculos, se não cuidarmos bem das reservas de água, em 2025 por volta de 45% da população mundial pode ficar sem esse precioso líquido. Atualmente, quase 1,1 bilhão de pessoas não têm acesso regular à água limpa.

Neste capítulo o aluno poderá conhecer a função das substâncias inorgânicas, representadas pela água e pelos sais minerais. Uma ideia interessante é sugerir um projeto interdisciplinar com os professores de Física e Química, como o que é proposto na seção **Trabalho em equipe** (item c).

Utilizando as perguntas iniciais do capítulo, o professor pode dar início à discussão sobre a importância da água e dos sais minerais para o organismo. Ou pode optar por iniciar a abordagem do capítulo com perguntas do tipo: “Por que não podemos sobreviver muito tempo sem beber água?”. O professor pode também utilizar a questão 5 ou a questão 9 da seção **Atividades**.

O boxe *Biologia e tecnologia* (p. 35) apresenta as pesquisas realizadas com intuito de identificar vestígios ou a presença de água em outros planetas, como em Marte, o que poderia indicar a existência de vida nesses locais. Deverá ficar clara para o aluno a importância da água para a vida na Terra, o que pode ser motivado com questões, como a de número 4 da seção **Atividades**.

O professor pode comentar que alguns seres vivos sobrevivem quase totalmente sem água por períodos prolongados. É o caso dos esporos de bactérias, dos cistos de protozoários e das sementes de plantas. Esse fenômeno é chamado anidrobiose (vida sem água) e corresponde a uma forma de vida latente, na qual as reações do metabolismo estão reduzidas a um mínimo necessário à manutenção da vida. Na anidrobiose, as propriedades de nutrição, crescimento e reprodução estão suspensas.

No caso da semente, a desidratação mantém vivo o embrião no seu interior. Em condições desfavoráveis para o desenvolvimento, a semente poderia apodrecer se contivesse água. Isso porque a decomposição da matéria viva depende da ação de bactérias que são ativas somente em meio aquoso.

O **Trabalho em equipe** (itens a e b) deste capítulo reforça a importância dos cuidados que se deve ter em relação ao risco de desidratação por diarreia e ao desperdício de água. Além disso, ao sugerir a elaboração de campanhas nesse sentido, a atividade estimula a criatividade, a conscientização e a preocupação social, e também uma interação maior com a comunidade local.

Sempre que possível, o uso de redes sociais e outras ferramentas da internet é recomendado, pois pode ampliar ainda mais a comunicação entre os alunos e a sociedade. Entretanto, ao incentivar o uso desses recursos para divulgação científica, o professor deve reforçar com os alunos alguns cuidados que assegurem o uso saudável dessas ferramentas. Entre outras medidas, convém alertá-los a não fornecer dados pessoais a desconhecidos, evitando divulgar informações sobre a escola e o bairro onde moram; dar sempre os devidos créditos a textos e imagens obtidos *on-line*, evitando incorrer em plágio; verificar a confiabilidade das informações antes de compartilhá-las e, principalmente, agir com educação e respeito com outros internautas e suas produções. Dessa forma, contribuímos para que os cidadãos em formação reconheçam a necessidade de assumir uma postura cuidadosa e ética também nos meios digitais.

Além disso, são sugeridas pesquisas, que podem ser feitas com auxílio dos professores de Geografia e Sociologia, sobre a influência dos fatores sociais nas mortes por diarreia no Brasil e no mundo. Um artigo sobre uso consciente da água que merece ser lido é: ROGERS, P. Preparando-se para enfrentar a crise da água. *Scientific American Brasil*. São Paulo, n. 76, p. 60-67, set. 2008.

No segundo Volume desta Coleção, ao longo do estudo dos microrganismos e outros parasitas, será reforçada a importância da higiene individual, do saneamento básico e os riscos da desidratação. No terceiro Volume da Coleção, ao longo do estudo da Ecologia, será reforçada a preocupação com a escassez de água doce.

O boxe *Biologia e ambiente* (p. 36) ressalta as importantes consequências ambientais de propriedades da matéria em nível molecular (no caso, da água) para a vida nos rios e lagos de regiões onde as temperaturas caem muito no inverno. O objetivo é fazer com que o estudante perceba a importância de estudos interdisciplinares (no caso, envolvendo a Química e a Física) para a compreensão de questões do cotidiano e das relações ecológicas.

O infográfico com os elementos minerais (p. 37) dá uma ideia geral das funções desses elementos em nosso organismo. Mas não se deve exigir que o aluno as memorize, já que, ao longo do estudo, ele poderá compreender melhor cada uma dessas funções. O professor pode, então, aconselhar o aluno a consultar o livro para responder às questões que abordam as funções dos sais minerais; isso fará com que, aos poucos, ele se familiarize com esse tópico.

CAPÍTULO 4: Carboidratos e lipídios

Não é necessário exigir do aluno que decore as fórmulas químicas das substâncias orgânicas. O essencial é que ele perceba a importância dessas substâncias para as funções do organismo. Antes mesmo da leitura do texto de abertura do capítulo e da discussão das perguntas iniciais, para despertar o interesse dos estudantes ou avaliar seu conhecimento prévio a respeito dos temas a serem abordados, o professor pode propor as seguintes questões: “De que nosso corpo é formado?”; “O que os alimentos fornecem ao nosso corpo?”; “Por que é importante comer vários tipos de alimentos?”; “Em que situações uma pessoa pode engordar ou emagrecer?”; “Por que alimentos ricos em açúcar

podem provocar aumento de peso?”; “Por que mesmo as pessoas obesas não devem eliminar totalmente as gorduras da alimentação?”.

O conteúdo do capítulo permite estabelecer diversas relações com problemas de saúde e com a necessidade de se ter uma alimentação equilibrada, como mostram os diversos boxes ao longo do capítulo: “Cuidado com o excesso de calorias!” (p. 43), “A importância das fibras” (p. 45), “Colesterol e gordura trans” (p. 47). No final, a seção **Atividades** apresenta várias questões que ajudam o aluno a se conscientizar da necessidade de ter uma alimentação equilibrada. O boxe *Biologia e saúde* (p. 47) apresenta uma visão geral dos problemas causados pelo excesso de colesterol e gorduras trans. No entanto, é preciso ficar claro para o aluno que as gorduras exercem funções importantes no organismo e precisam ser ingeridas. A questão 4 de **Atividades** chama a atenção dos estudantes para esse ponto.

Portanto, neste capítulo (e nos dois próximos), o aluno pode começar a se questionar quanto à sua atitude em relação aos cuidados com a saúde e com a alimentação. Esse trabalho será reforçado no segundo Volume desta Coleção, principalmente no Capítulo 17, que aborda o tema nutrição.

Ainda com o objetivo de aumentar a consciência dos estudantes em relação à importância de uma alimentação equilibrada, seria interessante trabalhar em aula o “Jogo das calorias”, disponível em: <http://genoma.ib.usp.br/sites/default/files/jogos/jogodascalorias_manual_junho20134.pdf> (acesso em: 25 mar. 2016), que contribui para a compreensão de conceitos importantes de nutrição e dos efeitos da alimentação sobre o ganho e a perda de massa corporal.

Nas **Atividades práticas** (p. 50), é interessante comparar a presença de amido em bananas verdes e bananas maduras. A banana verde, que tem sabor adstringente e desagradável, tem mais amido do que a banana madura, porque, no processo de amadurecimento, parte do amido da banana é transformada em sacarose e outros açúcares.

O professor também pode aproveitar para solicitar uma pesquisa (na internet) sobre os nutrientes da banana e dos outros alimentos usados no teste. O resultado poderá ser apresentado na forma de uma tabela, como as tabelas de composição dos alimentos, que podem ser consultadas em: <www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada> (acesso em: 25 mar. 2016).

Na seção **Trabalho em equipe** (p. 50), pode-se aproveitar a atividade 1 para reforçar a importância de uma alimentação balanceada para a manutenção da saúde do organismo. Aproveite para ressaltar a necessidade de consultar um profissional da área de nutrição antes de realizar qualquer mudança na dieta, a fim de garantir a ingestão ideal de todos os nutrientes.

CAPÍTULO 5: Proteínas e vitaminas

O texto de abertura do capítulo trata do uso de suplementos alimentares por atletas profissionais e amadores. É fundamental que o professor destaque a importância de consultar um médico nutrólogo ou um nutricionista antes de consumir suplementos, discutindo as consequências que o uso indiscriminado dessas substâncias pode trazer para o organismo.

Para dar início ao estudo da estrutura proteica e das funções das proteínas no organismo, o professor pode partir das perguntas iniciais. Elas são boas para levantar os conhecimentos prévios, além de instigar a curiosidade dos alunos. No entanto, é bom lembrar que as proteínas exercem um grande número de funções no organismo, e a compreensão mais profunda de várias dessas funções exige conhecimento de tópicos que só serão trabalhados posteriormente. Assim, esse estudo deve ser complementado à medida que o aluno adquire outros conceitos sobre a célula e as funções do organismo. Veja alguns exemplos de funções das proteínas que aparecem em outros capítulos da Coleção.

- Função enzimática: respiração celular, ácidos nucleicos e sangue (coagulação), neste Volume; digestão, no segundo Volume; manipulação do DNA, no terceiro Volume.
- Função estrutural: tecido epitelial (queratina) e conjuntivo (colágeno), neste Volume.
- Contração: tecido muscular (miosina e actina), neste Volume.
- Resposta a estímulos químicos: tecido nervoso, neste Volume; sistemas nervoso e endócrino, no segundo Volume.
- Defesa: sistema imunitário, neste Volume.
- Função hormonal: sistema endócrino, no segundo Volume.

- Transporte: proteínas de membrana plasmática e sangue (hemoglobina), neste Volume.
- Reserva de aminoácidos: desenvolvimento embrionário (ovalbumina, na clara do ovo), neste Volume; nutrição (caseína do leite, reserva em sementes), no segundo Volume.

Também neste capítulo, pode-se complementar a discussão sobre a importância de uma alimentação equilibrada, como mostra o boxe *Biologia e cotidiano*, com o tema “Arroz com feijão” (p. 53), e como reforça o **Trabalho em equipe**, em que são discutidos problemas como a obesidade e a desnutrição.

Uma boa alternativa para explicar a relação entre aminoácidos e proteínas é utilizar analogias, como a de palavras diferentes feitas com as mesmas letras do alfabeto, para que o aluno comprehenda que duas proteínas podem ter os mesmos aminoácidos e serem diferentes. Para isso, o professor pode se valer das questões 1, 2 e 5 de **Atividades**.

Destaque que as proteínas, assim como tantas outras moléculas presentes nos seres vivos, são polímeros, como apresentado no boxe *Biologia e Química* (p. 52). Ressalte que existem também polímeros sintéticos, amplamente utilizados em diversos setores, especialmente na indústria.

É importante que fique clara para os estudantes a estreita relação entre forma e função das proteínas, o que os ajudará a entender a desnaturação e também a especificidade das enzimas. O texto da página 56 auxilia na compreensão sobre a influência do pH na atividade enzimática. Esta é uma excelente oportunidade para fazer um trabalho interdisciplinar com o professor de Química.

Na seção **Atividades**, o professor pode se valer das questões 12 a 15 para auxiliar na compreensão sobre o funcionamento de enzimas. Ao final do capítulo, a **Atividade prática** reforça esse aprendizado.

O professor pode ainda comentar que muitas doenças são desencadeadas por alterações moleculares, como a anemia falciforme. A existência dessas doenças permite mostrar ao aluno como a pesquisa básica pode ter aplicações práticas inesperadas e como ela é importante, por exemplo, para a Medicina. A causa da anemia falciforme será discutida no Volume 3, em Genética.

Como mencionamos acima, o **Trabalho em equipe** no fim do capítulo permite a discussão de dois importantes problemas na área de saúde: desnutrição (abordado também no boxe *Biologia e sociedade*, p. 59) e

obesidade. Convém aproveitar essa oportunidade para enfatizar o combate a todas as formas de discriminação.

O item 3 dessa seção tem como principal objetivo levar o aluno a conhecer algumas áreas profissionais em que o conhecimento de Biologia é importante, o que poderá ajudá-lo no futuro, quando for escolher uma profissão; ao longo dos Volumes desta Coleção, mais pesquisas desse tipo serão solicitadas, sobre outras áreas profissionais. Esse tema também é abordado no boxe *Biologia e profissões* (p. 56).

Para resolver a questão 12 de **Atividades** é preciso saber interpretar gráficos, por isso, antes de cobrá-la, o professor deve verificar se seus alunos já têm essa habilidade e, em caso negativo, ajudá-los no que for preciso para desenvolvê-la.

Neste capítulo não foi discutido o papel das proteínas na defesa do organismo (na formação dos anticorpos); preferimos fazê-lo no Capítulo 16, quando espera-se que o aluno compreenda melhor o papel do sistema imunitário.

O professor pode pedir nesse momento uma pesquisa sobre os príons, formas alteradas de proteínas normais capazes de provocar doenças. Ou pode deixar esse tema de pesquisa para o Volume 2 (no capítulo de vírus). Caso decida trabalhar o assunto neste momento, o texto e as referências a seguir podem apoiá-lo nessa tarefa.

Príons

Os príons (sigla da expressão inglesa *proteinaceous infectious particles*; partículas infeciosas de proteína) são uma forma alterada de uma proteína presente na membrana das células nervosas do cérebro de animais vertebrados. Essa alteração pode ocorrer por causa de uma mutação no gene que codifica a proteína normal. Como são menos solúveis, as proteínas alteradas depositam-se nas células nervosas e provocam a sua morte. Com isso, o indivíduo perde o controle motor, apresenta demência e morre.

O gene mutante que codifica o príon pode ser herdado e essa doença é conhecida como doença de Creutzfeldt-Jakob (em homenagem aos dois pesquisadores alemães que a descobriram). O príon também pode ser adquirido, por exemplo, quando uma pessoa recebe um transplante de um portador que ainda não tinha manifestado a doença. Então, ele se com-

bina às proteínas normais, altera sua forma e produz cópias de si mesmo, em uma reação em cadeia que destrói as células nervosas.

Entre a metade dos anos 1980 e 1990, o príon foi responsável pela doença da vaca louca, nome popular para a encefalopatia espongiforme bovina (o cérebro do animal fica cheio de buracos, como uma esponja). A doença acometeu rebanhos da Inglaterra e provocou grandes prejuízos à economia daquele país.

A epidemia começou pela contaminação de farinhas alimentícias feitas com restos de ovelhas contaminadas por uma forma de príon que ataca esses animais. Há evidências de que algumas pessoas podem ter adquirido a doença comendo carne contaminada, o que significa que o príon poderia passar de uma espécie para outra.

Para saber mais sobre príons, o professor pode consultar as seguintes fontes:

DELEAULT, N. R. et al. RNA molecules stimulate prion protein conversion. *Nature*. Londres, v. 425, p. 717-720, 16 out. 2003.

LOPES, M. H.; HAJJ, G. N. M. Doenças priônicas: misteriosas e fatais para animais e humanos. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, v. 37, n. 218, p. 18-25, ago. 2005.

PRUSINER, S. B. Cerco ao mal da vaca louca. *Scientific American Brasil*. São Paulo, p. 82-89, ago. 2004.

<<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/microbios-sem-dna>> (acesso em: 25 mar. 2016).

Os ácidos nucleicos e seu papel na hereditariedade e no controle da síntese de proteínas serão discutidos no Capítulo 10.

Para avaliar a compreensão dos alunos em relação à função das vitaminas no organismo, o professor pode se valer, além das questões de abertura do capítulo, da questão 6 de **Atividades**.

Neste capítulo o aluno ganha mais subsídios para compreender a importância de uma alimentação equilibrada, como ilustra a questão 9 de **Atividades**. Outras sugestões acerca de alimentação equilibrada estão propostas no **Trabalho em equipe**.

Para aprofundar o assunto, pode-se propor aos alunos que, em grupo e com auxílio de professores de outras disciplinas, escolham um dos temas sugeridos a seguir para pesquisar.

1. Técnicas de conservação dos alimentos (aditivos químicos, congelamento, pasteurização, desidratação, salgamento, etc.).
2. Qualidade nutritiva das refeições do tipo “comida rápida” (*fast-food*) e os motivos que levam os jovens a se afastar de uma alimentação equilibrada.
3. A embalagem dos alimentos. Os alunos deverão analisar embalagens de vários alimentos: data de validade, forma como o produto deve ser armazenado, informações nutricionais, significado dos símbolos para aditivos químicos, a expressão “% VD” (indica a porcentagem em relação aos valores diários de referência), etc.

Para auxiliar os estudantes, o professor pode sugerir a consulta aos seguintes sites (acessos em: 25 mar. 2016):
[<www.scielo.br/pdf/rn/v12n1/v12n1a06.pdf>](http://www.scielo.br/pdf/rn/v12n1/v12n1a06.pdf)
[<http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.>](http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.>).

O boxe *História da ciência* (p. 60) fornece algumas informações históricas sobre a descoberta da vitamina B₁ e sobre a doença causada pela falta dela: o beribéri. O texto é também uma oportunidade para o professor (re)trabalhar com os estudantes a importância dos experimentos em Biologia, além de reforçar a noção de que o progresso científico deve-se ao trabalho conjunto de vários cientistas ao longo do tempo – um tema discutido em Filosofia e História da Ciência. Pode ser pedida, ainda, uma pesquisa adicional sobre a descoberta das vitaminas, por exemplo, nos seguintes sites (acessos em: 25 mar. 2016):
[<www.nutriweb.org.br/n0201/hipovitaminoses.htm>](http://www.nutriweb.org.br/n0201/hipovitaminoses.htm)
[<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702007000400013>.](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702007000400013)

O boxe *Biologia e saúde* (p. 62), que trata de suplementos vitamínicos, está relacionado com os perigos da automedicação e pode ser complementando com a questão 8 de **Atividades**. O professor pode aproveitar a **Atividade prática** de identificação do amido realizada no Capítulo 4 para mais uma demonstração: pingar algumas gotas de limão sobre as partes dos alimentos que ficaram escurecidas na presença do iodo; os alunos devem notar que a cor escura desaparece e devem realizar uma pesquisa sobre por que isso ocorre (isso se deve à reação da vitamina C com o iodo).

Utilizando uma maçã, um prato, um copo com água, um conta-gotas e uma pastilha de vitamina C efervescente é possível realizar outra atividade prática que complementará o estudo das vitaminas. O

professor deve cortar a maçã ao meio e colocar as duas metades sobre o prato. Os alunos devem dissolver a pastilha de vitamina C na água do copo e depois, com o conta-gotas, pingar gotas da solução sobre uma das metades da maçã (a parte exposta da maçã deve ficar coberta com a solução aquosa de vitamina C). As duas metades devem ficar expostas ao ar por cerca de duas horas. Ao final, os alunos devem observar a cor de cada metade e o professor pode pedir uma pesquisa sobre o porquê da diferença entre elas (a metade da maçã sem a vitamina C escureceu, enquanto a outra metade teve a cor original mantida; o escurecimento deve-se à oxidação dos compostos químicos da maçã pelo oxigênio do ar; a vitamina C combina-se com o oxigênio do ar e impede a reação de oxidação da maçã, previnindo o escurecimento).

Neste capítulo, bem como em vários trechos dos capítulos anteriores, aparecem modelos de moléculas orgânicas. Esses modelos serão melhor compreendidos ao longo do estudo da Química. Alguns modelos de moléculas orgânicas podem ser vistos também no site: [<www6.ufrgs.br/bioquimica>](http://www6.ufrgs.br/bioquimica) (acesso em: 29 abr. 2016).

CAPÍTULO 6: Uma visão geral da célula

Para iniciar o estudo da célula e de seus componentes, a abertura da Unidade 3 traz uma reflexão sobre a importância desse tema. O professor pode aproveitar esse texto e dar exemplos de problemas de saúde relacionados com os mecanismos celulares, tal como a invasão e uso do metabolismo celular por vírus e as mudanças celulares no câncer.

O objetivo deste capítulo é fornecer uma visão geral da célula e de seus métodos de estudo, comparando também as células procarióticas e eucarióticas. As perguntas que abrem o capítulo permitem justamente avaliar o conhecimento prévio do aluno a respeito desses tópicos, além de estimular a curiosidade sobre o tema. O professor deve esclarecer que as organelas mencionadas no capítulo serão vistas em detalhes nos capítulos subsequentes, e que o estudo aprofundado das bactérias e dos vírus ocorrerá no Capítulo 2 do segundo Volume da Coleção.

Acerca do tamanho da célula e de suas estruturas, o professor poderá aprofundar o texto do livro navegando por um aplicativo que dá ideia de escala partindo de uma palavra em fonte Times New Roman, tamanho 12 pontos, até átomos. Disponível em:

<<http://learn.genetics.utah.edu/content/begin/cells/scale>> (acesso em: 25 mar. 2016).

Nesse momento, é importante levar o aluno ao laboratório para que ele possa observar células ao microscópio, e então pedir que ele desenhe e identifique as estruturas observadas em lâminas previamente fixadas e coradas. No entanto, várias organelas da célula só podem ser observadas ao microscópio eletrônico, o que limita um pouco esse estudo. A **Atividade prática** no fim do capítulo pode ajudar o estudante a começar a trabalhar com o microscópio de luz (ou óptico). Na **Atividade prática** do Capítulo 9, os estudantes poderão observar células vegetais.

No site <<http://learn.genetics.utah.edu/content/begin/cells/insideacell>> (em inglês; acesso em: 25 mar. 2016) podem ser observadas figuras em 3D de partes da célula. Já o site <<http://vcell.ndsu.nodak.edu/animations/flythrough/movie-flash.htm>> (em inglês; acesso em: 25 mar. 2016) apresenta um passeio virtual pela célula.

Os alunos deverão compreender que a grande novidade da célula eucariota é a sua divisão em compartimentos especializados em certas funções; em alguns ocorre a respiração celular; em outros, a fotosíntese; etc.

Cada compartimento isola processos que poderiam competir entre si. O açúcar produzido na fotossíntese pode ser armazenado em uma organela, em vez de ser usado imediatamente. Quando for necessário como fonte de energia, ele será enviado para outra organela.

Além disso, substâncias tóxicas produzidas em um compartimento podem ser isoladas do resto da célula e inativadas. Finalmente, cada compartimento pode ter enzimas especiais concentradas e organizadas em membranas, em vez de espalhadas pela célula. O resultado é que, além de atingirem tamanho maior, as células eucarióticas são altamente especializadas em suas funções.

A primeira atividade de **Trabalho em equipe** (que pode ser feita com auxílio do professor de Matemática) permite que o aluno compreenda a importância da relação área/volume na célula e em diversos sistemas do organismo. Isso leva à compreensão de tópicos diversos, como: dobras, vilosidades e micro-vilosidades no intestino delgado; brânquias com dobras que aumentam a área onde ocorrem trocas

gasosas; o aumento de área proporcionado pelos alvéolos pulmonares; etc. A relação área/volume será novamente tratada no Volume 2.

O aluno deve perceber que, quando um corpo aumenta de tamanho, seu volume aumenta mais que sua área, porque o aumento do volume é proporcional ao cubo das dimensões lineares e o aumento da superfície é proporcional ao quadrado dessas dimensões. Por isso, as células – que devem receber nutrientes e oxigênio do ambiente e eliminar toxinas – somente podem sobreviver se tiverem uma relação área/volume compatível com suas necessidades de troca.

Para garantir que os estudantes compreendam bem esses conceitos, podem ser realizadas as seguintes atividades: o professor pode solicitar aos alunos que calculem a área, o volume e a superfície relativa de um cubo com 1 cm de aresta (a resposta deve ser, respectivamente, 6 cm^2 , 1 cm^3 e 6) e de outro cubo com 5 cm de aresta (a resposta deve ser, respectivamente, 150 cm^2 , 125 cm^3 e 1,2). Comparando os dois casos, eles devem perceber que a superfície relativa diminui com o aumento das dimensões lineares de um corpo (nesse exemplo a superfície relativa cai de 6 para 1,2). O professor ainda pode perguntar aos alunos quantos cubos com 1 cm de aresta cabem em um cubo de 5 cm de aresta (cabem 125 cubos). E, em seguida, pedir que calculem a área total desses cubos menores (750 cm^2). Os estudantes devem perceber que, embora o volume total do conjunto de cubos menores seja igual ao volume do cubo maior, a superfície total do conjunto de cubos pequenos é maior do que a superfície do cubo grande (é seis vezes maior).

Ao longo do estudo dos organismos, essa relação possibilita que o aluno compreenda que, quanto maior o corpo de um animal, menor a superfície relativa de perda de calor e vice-versa. Por isso, animais endotérmicos (animais que controlam sua temperatura produzindo calor no interior do corpo) de pequeno porte, como o beija-flor, perdem muito calor através da pele e precisam consumir mais alimento e oxigênio, proporcionalmente à massa do corpo, para manter sua temperatura. Isso significa que o gasto de energia por massa é maior nos animais pequenos. E isso vale também para filhotes, que têm corpo menor e área relativa maior que a dos adultos.

O professor pode lançar questões instigantes a respeito. Por exemplo: “Os bebês costumam estar mais agasalhados que os adultos. De que forma esse fato está ligado à relação entre a área e o volume de

uma criança e de um adulto?”. A resposta é que o corpo do bebê tem maior relação área/volume; por isso, perde calor mais rapidamente e precisa ficar mais agasalhado.

No livro *Why elephants have big ears?* (St. Martin's Press, 2002; em português, *Por que os elefantes têm orelhas grandes?*), o cientista inglês Chris Lavers comenta que o tamanho grande dos elefantes dificulta sua perda de calor. Os pelos reduzidos dos elefantes facilitam, portanto, que animais tão volumosos percam calor. Além disso, a grande superfície relativa das orelhas desses animais, por onde circula muito sangue, é outra adaptação para a perda de calor.

Entre as diversas questões que um estudante pode propor, uma das mais comuns é quanto tempo vive uma célula. O professor pode responder que isso varia bastante: há células que vivem poucos dias (chamadas células lábeis), como as células da mucosa bucal; outras podem acompanhar o indivíduo por toda a vida (células permanentes), como as do tecido muscular; e, finalmente, células que podem durar meses ou anos (células estáveis), como as do fígado.

Ao perceber que o estudo da célula só começou de fato no século XVII, quando foi inventado o microscópio, o estudante pode compreender também a interação entre a invenção de novos instrumentos pela tecnologia e a pesquisa científica. A questão 1 de **Atividades** ajuda justamente o aluno a perceber que essa interação entre a ciência e a tecnologia é uma via de mão dupla: o conhecimento científico permitiu a construção de microscópios e esses aparelhos, por sua vez, permitiram um aumento do conhecimento científico, no caso o estudo da célula e de suas estruturas.

Para mais detalhes sobre o uso do microscópio e as técnicas de microscopia, podem ser consultados os *sites* (acessos em: 25 mar. 2016):

<<http://biologia.ifsc.usp.br/micro/roteiro/roteiro01.pdf>>

<<http://www.dsif.fee.unicamp.br/~furio/IE607A/MO.pdf>>

<<http://www.ibb.unesp.br/Home/Departamentos/Morfologia/Laboratorios/LaboratoriodeGenomicaIntegrativa/2TecBasicasemBioCel.pdf>>

<http://www.intranet.foar.unesp.br/deptos/roteiro_microscopio.doc>

<<http://www.neurofisiologia.unifesp.br/microscopio-deluz.htm>>.

A segunda pesquisa do **Trabalho em equipe**, sobre os dois tipos de lentes, permite que os alunos façam uma conexão com a Física (Óptica).

Como atividade prática adicional, pode ser solicitada a construção de um modelo de célula com os seguintes materiais: metade de uma bola oca de isopor de cerca de 30 cm de diâmetro, gel de cabelo (de preferência transparente), pequenos objetos, como tampa de pasta de dente, bolas de gude, contas de colar, botões de plástico, pedaços de barbante, arame de lacre de embalagens (de alumínio), etc. Cabe ao professor explicar que não devem ser usados materiais que enferrujem, que sejam cortantes ou perecíveis.

O gel representará a matriz do citoplasma e as organelas citoplasmáticas deverão ser representadas pelos diferentes objetos. O modelo ficará mais interessante se os objetos escolhidos tiverem forma mais ou menos semelhante às formas das organelas que representam. A construção desses modelos é dirigida e discutida nos *sites* (acessos em: 25 mar. 2016):

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/19870/18_E_2_2_12_mod_cel.pdf?sequence=4>

<www.abq.org.br/simpequi/2010/trabalhos/169-6808.htm>.

CAPÍTULO 7: Membrana plasmática e citoplasma

Neste capítulo devem ficar bem compreendidos pelos estudantes a estrutura da membrana plasmática e os processos pelos quais as substâncias entram e saem da célula.

O texto de abertura do capítulo permite que os alunos compreendam como a Biologia se relaciona com problemas sociais ao apresentar uma doença que acometeu inúmeros trabalhadores, a asbestose. Se julgar pertinente, o professor pode solicitar uma pesquisa sobre essa doença, caracterizada pelo rompimento da membrana das células dos pulmões.

O texto a seguir complementa o estudo da estrutura da membrana, trazendo informações sobre como essa estrutura foi descoberta e servindo também como exemplo do desenvolvimento do conhecimento científico e de seu caráter questionador – temas discutidos em Filosofia e História da ciência.

Descoberta da estrutura da membrana: o mosaico fluido

A estrutura da membrana plasmática foi descoberta gradualmente. Muito antes da invenção do microscópio eletrônico, os cientistas já imaginavam experimentos para descobrir como ela era. Já se sabia, por exemplo, que as substâncias gordurosas penetravam com facilidade na célula, o que fazia supor que havia uma camada de lipídios na membrana (como se diz em Química: “semelhante dissolve semelhante”).

Com a análise química de pedaços de membrana, foi constatada a presença de lipídios e proteínas. Com outro experimento, verificou-se que os lipídios extraídos da membrana de glóbulos vermelhos formavam na superfície da água uma película cuja área correspondia ao dobro da área dos glóbulos vermelhos. Como na água essa película é monomolecular (formada por uma única camada de moléculas), concluiu-se que, na célula, ela era formada por uma dupla camada de moléculas.

Em 1935, com base nesses e em outros dados, o inglês Hugh Davson (1909-1996) e o norte-americano James Danielli (1911-1984) propuseram um modelo molecular para a membrana, que seria uma espécie de sanduíche de lipídios entre duas camadas de proteínas. Em 1959, a membrana plasmática foi analisada ao microscópio eletrônico. Pôde-se observar uma película com uma faixa clara no centro e de cada lado uma faixa escura. Interpretou-se a faixa clara como a região apolar da dupla capa lipídica, e as faixas escuras como as zonas polares dos lipídios, juntamente com as proteínas.

No entanto, a quantidade de proteínas da membrana não parecia suficiente para envolver totalmente a camada de lipídios. Além disso, substâncias que não deveriam passar pela parte lipídica eram capazes de passar pela membrana.

No fim dos anos 1960, foi desenvolvida uma técnica que consistia em congelar a membrana e depois quebrá-la ao meio. Com o auxílio dessa técnica, verificou-se a presença de regiões de proteínas intercaladas na parte lipídica.

Em 1972, S. Singer e G. Nicholson, da Universidade da Califórnia (Estados Unidos), propuseram o modelo do mosaico fluido, utilizado

até hoje. Eles descobriram que as proteínas ficam mergulhadas nos lipídios como “icebergs no mar”, podendo se movimentar lateralmente. A membrana fica parecendo um mosaico de proteínas em um fluido, os lipídios, vindo daí o nome mosaico fluido.

Isso não quer dizer que a estrutura da membrana foi completamente decifrada. Em ciência, cada nova descoberta abre caminho para novas pesquisas. O prêmio Nobel de Química de 2003, por exemplo, foi concedido aos médicos americanos Peter Agre (1949-) e Roderick MacKinnon (1956-), que descobriram o funcionamento de certos poros ou canais na membrana celular. Peter Agre demonstrou que na membrana das células há proteínas – as aquaporinas – responsáveis pelo transporte de água. MacKinnon estudou a estrutura de um canal para o íon potássio.

O professor pode valer-se de observações do cotidiano para ilustrar a difusão e a osmose: o cheiro de um perfume que se espalha pela sala de aula depois que o frasco é aberto ou uma gota de tinta se espalhando em um copo com água são exemplos de difusão; a salada que fica “aguada” e com as folhas murchas algum tempo depois de temperada com sal (por causa da perda de água por osmose das folhas); as plantas que ficam murchas quando não são regadas; o uso de soro fisiológico (solução isotônica com a célula), em vez de água pura, no estudo da célula em laboratório; o uso de sal e açúcar para conservar alimentos, etc. Esses exemplos podem ser usados também na forma de perguntas motivadoras: “Por que o sal conserva os alimentos?”; “Por que o cheiro de um perfume se espalha pelo ar?”, “Por que a alface murcha depois de temperada?”, etc.

O boxe *Biologia e cotidiano* (p. 82) apresenta respostas às questões relacionadas à conservação de alimentos por meio de salgamento ou produção de compotas. É possível ressaltar que essas práticas são realizadas há séculos com essa finalidade, uma vez que o refrigerador é uma invenção relativamente recente.

É interessante realizar alguns experimentos simples de osmose descritos na seção **Atividades práticas** no fim do capítulo. Dependendo do tempo e dos recursos disponíveis, o professor pode realizar também a seguinte atividade prática adicional, usando dois ovos de codorna, dois copos de vidro, vinagre branco, açúcar e água filtrada.

Os ovos devem ser deixados de molho em vinagre branco por cerca de 24 horas para que a casca seja removida e, depois desse período, lavados em água corrente.

Em um dos copos, coloca-se água filtrada até a metade. No outro, uma solução bem concentrada de água e açúcar (cerca de 5 colheres de sopa de açúcar em meio copo de água). Mergulha-se cada ovo em um copo, onde devem ficar por algumas horas. Decorrido esse tempo, observa-se o que aconteceu com os ovos.

Os alunos deverão observar que o ovo em água filtrada aumenta um pouco de volume e que o outro ovo, o que foi mergulhado na solução de açúcar, murcha. O professor pode, então, pedir aos estudantes que tentem explicar o que observaram: o primeiro ovo aumenta de volume porque a água atravessa, por osmose, a membrana que o envolve (a solução interna é hipertônica em relação à água filtrada); o segundo diminui de volume porque a água sai dele por osmose (a solução interna é hipotônica em relação à solução aquosa de açúcar). No site <www.johnkyrk.com/cellmembrane.pt.html> (acesso em: 25 mar. 2016) há animações sobre a estrutura da membrana. Já nos sites <www2.nl.edu/jste/osmosis.htm> e <www.wisc-online.com/objects/ViewObject.aspx?ID=AP1903> (em inglês; acessos em: 25 mar. 2016), podem ser vistas animações dos fenômenos de difusão e de osmose que podem facilitar a compreensão desses fenômenos.

As questões 11 e 12 de **Atividades** permitem avaliar se os estudantes sabem aplicar em situações experimentais o que aprenderam sobre osmose.

O **Trabalho em equipe** do capítulo propõe um pequeno projeto interdisciplinar com Química, sobre as maneiras de indicar concentração de solventes e solutos. O professor pode sugerir exemplos cotidianos para iniciar a reflexão sobre essa questão, como a indicação da concentração do álcool hidratado utilizado na limpeza.

Outra proposta dessa seção diz respeito à influência da temperatura na solubilidade. Nesse caso é interessante propor aos alunos que façam demonstrações simples de práticas cotidianas, como dissolver leite em pó em água fria e quente.

Ao estudarem o citoplasma, é importante que os alunos compreendam que as organelas agem de forma integrada, havendo um constante fluxo de moléculas entre elas. Isso é visível, por exemplo, quando se discute a interação entre o complexo golgiense, o retículo endoplasmático e os lisossomos. Nesse sentido, a compreensão das funções das organelas torna-se mais importante do que os detalhes da estrutura de cada uma.

Se achar necessário, o professor pode comentar ou pedir pesquisas em grupo sobre doenças relacionadas a problemas em organelas celulares. A falta de certas enzimas no peroxissomo, por exemplo, pode ser a causa de várias doenças. Na hiperoxalúria, há acúmulo de oxalato pela falta da enzima responsável pela oxidação dessa substância. Pode haver, então, depósito de cristais de oxalato de cálcio nos rins, provocando lesões nesse órgão.

Outra doença provocada pela falta de uma enzima no peroxissomo é a adrenoleucodistrofia, que afeta o sistema nervoso da criança por volta dos cinco aos doze anos. A doença causa destruição da mielina, lipídio que envolve e protege os nervos, e pode levar à morte (o termo *leuco* significa branco e refere-se à cor da mielina; *distrofia* significa desenvolvimento anormal; e *adreno* indica que as glândulas adrenais também são afetadas).

A questão 18 de **Atividades** faz uma conexão entre uma doença e a função de uma organela (o lisossomo).

O texto a seguir aborda um assunto bastante pesquisado na atualidade. O professor pode apresentar algumas dessas informações aos alunos, com as devidas adaptações e pedir a eles que pesquisem artigos recentes sobre o tema.

Morte celular programada

Ao longo do desenvolvimento de um organismo, há momentos em que grupos de células são destruídos. É o que ocorre durante a regressão da cauda do girino (larva do sapo) no processo de metamorfose. Ou durante a modelagem dos dedos do embrião humano: inicialmente, os dedos estão unidos por uma membrana (como em um pé de pato), que é removida pela destruição de suas células.

Antigamente se pensava que esses processos aconteciam por causa da ruptura da membrana do lisossomo, provocando a destruição da célula. O fenômeno foi chamado de autólise ou citólise. Hoje se sabe que se trata de um processo diferente, chamado morte celular programada, que envolve uma série de alterações que provocam a morte das células por meio de enzimas, do citoplasma e do núcleo, que estavam na forma inativa.

O tipo mais comum de morte celular programada é chamado apoptose (termo de origem grega que faz referência à queda das folhas das árvores no outono). Ele ocorre nos tecidos que



sofrem renovação contínua no adulto, como a epiderme, e ajuda também a remover células defeituosas ou que estejam se multiplicando em excesso.

Na apoptose, a célula perde água e encolhe, a mitocôndria arrebenta, e o DNA no interior do núcleo é destruído e, juntamente com o citoplasma, é eliminado da célula na forma de vesículas (corpos apoptóticos) que brotam da célula. A célula termina fagocitada por macrófagos e por outras células de defesa.

Também pode ser solicitada uma pesquisa sobre os motores moleculares, estruturas formadas por proteínas que atuam em vários movimentos no interior da célula, como as miosinas e dineínas. Para informações sobre esse tema, pode ser consultado o artigo: MELO, H. C. S.; LACERDA, R. F.; DIAS, D. S.; CRUZ, G. C. N. Motores moleculares. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro: n. 230, p. 26-31, set. 2006. Disponível em: <cienciahoje.uol.com.br/revista-ch-2006/230> (acesso em: 25 mar. 2016).

Animações mostrando o transporte e a secreção de proteínas na célula podem ser vistas no site <<http://vcell.ndsu.nodak.edu:80/animations>> (em inglês; acesso em: 25 mar. 2016).

No texto sobre mitocôndrias e cloroplastos do boxe *Processos evolutivos* (p. 95), há menção sobre a teoria endossimbiótica que procura explicar a origem dessa organela e dos cloroplastos. Esse é um tópico importante, porque estabelece uma conexão entre Citologia e Evolução. A questão 7 de **Atividades** permite avaliar a aprendizagem dos alunos sobre essa teoria. As questões 3 e 8 permitem avaliar se os alunos aplicam o que aprenderam sobre experimentos em Biologia às situações presentes neste capítulo, que envolvem organelas celulares.

As funções das mitocôndrias e cloroplastos serão trabalhadas nos capítulos seguintes.

CAPÍTULO 8: Respiração celular e fermentação

Para dar início ao estudo do capítulo, o professor pode propor que os alunos discutam como as células conseguem energia para realizar as funções que foram vistas, propondo outras perguntas, além das iniciais, como: “Qual a origem do gás carbônico que exalamos na respiração?”; “Por que não podemos parar de respi-

rar mais do que alguns minutos?”; “Por que a maioria dos seres vivos morre se ficar sem oxigênio?” ou “Para onde vai o oxigênio do ar que entra em nossos pulmões?”, etc. Outra estratégia interessante para analisar as questões acerca da obtenção de energia é a leitura compartilhada do texto “O mal das montanhas” – ASHCROFT, F. M. *A vida no limite: a ciência da sobrevivência*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001, 316 p. O texto de abertura do capítulo aborda justamente as condições ambientais inóspitas nas montanhas.

Não é necessário o aluno decorar fórmulas químicas ou saber os detalhes de cada etapa da respiração. O importante é que ele compreenda a função da respiração como fonte de energia para os seres vivos e saiba que esse processo não é idêntico à combustão – fenômeno que ocorre, por exemplo, quando queimamos lenha –, em que uma grande quantidade de energia é liberada de uma só vez. Na respiração, um conjunto de reações químicas promove a liberação gradativa da energia dos alimentos. Para avaliar a compreensão desses conceitos, o professor pode utilizar, entre outras, a questão 1 de **Atividades**.

O texto a seguir trata dos efeitos do cianeto e do álcool etílico sobre a respiração. As informações contidas no texto podem ser usadas para aprofundar o conteúdo do livro do aluno.

Os efeitos do cianeto e do álcool

O cianeto é um veneno potente que mata em poucos minutos. Isso porque ele se combina de forma irreversível com o último citocromo da cadeia respiratória (citocromo a_3). Desta forma, a passagem de elétrons do citocromo para o oxigênio fica bloqueada, interrompendo a produção de energia.

Já os problemas relacionados ao consumo de álcool, além de envolverem a cadeia respiratória, se relacionam com o fígado. Este órgão é responsável por oxidar cerca de 95% do álcool ingerido. Na oxidação, os hidrogênios e elétrons das moléculas de álcool entram na cadeia respiratória. Se houver muito álcool, essa etapa da respiração fica ocupada com os hidrogênios e elétrons do álcool, e então a glicose, os aminoácidos e os ácidos graxos acumulam-se no fígado e são transformados em gordura, em vez de serem oxidados. Essa gordura acumulada no fígado prejudica as suas funções. Se o problema

continuar, as células desse órgão serão progressivamente destruídas (cirrose hepática), o que pode levar à morte.

O professor pode apresentar o tema da fermentação perguntando por que o fermento biológico faz a massa do pão crescer e por que a coalhada e o iogurte natural têm sabor azedo. As questões 13, 15 e 22 de **Atividades** podem ser usadas para avaliar o conhecimento adquirido sobre esses tópicos. Essas questões abordam também a aplicação comercial das fermentações láctica e alcoólica. O professor deve enfatizar a interação entre as disciplinas de Biologia, Física e Química para a compreensão da fermentação e de suas aplicações tecnológicas. O estudo sobre os fungos utilizados na fabricação de alimentos por meio da fermentação será realizado no Volume 2 desta Coleção.

Na **Atividade prática** do fim do capítulo o aluno poderá observar a produção de álcool na fermentação.

Ainda a respeito do processo de fermentação, o boxe *História da ciência* (p. 105) aborda experimentos de Louis Pasteur que acabaram por levar ao desenvolvimento do processo de pasteurização, utilizado ainda hoje. Para saber mais sobre os experimentos de Louis Pasteur, consulte: GEISON, G. *A ciência particular de Louis Pasteur*. Rio de Janeiro: Fiocruz/Contraponto, 2002.

Sobre a fermentação láctica no músculo, sabemos que, mesmo em repouso ou em atividades brandas, como andar normalmente, são produzidas pequenas quantidades de ácido láctico, que são metabolizadas rapidamente. À medida que a intensidade do exercício e o tempo aumentam, a produção de ácido láctico aumenta. No entanto, recentes pesquisas indicam que o acúmulo de ácido láctico não parece ter relação com a dor muscular após a atividade física, e mesmo a relação com a fadiga muscular tem sido contestada. Embora se possa supor que o acúmulo de íons H⁺, liberados na ionização do ácido láctico, e a consequente redução do valor do pH da célula sejam fatores envolvidos na fadiga, tanto ela quanto a dor são processos complexos, que envolvem vários fatores e que ainda precisam ser mais estudados. Essa questão é discutida em:

ALLEN D.G. Skeletal muscle function: role of ionic changes in fatigue, damage and disease. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. v. 8, p. 485-493, 2004.

GLADDEN, L. B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *Journal of Physiology*. 558 (1): July 1, p. 5-30, 2004.

LIMA SILVA, F. E. et al. Fadiga e exercício. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*. 8 (1), p. 105-13, 2006.

SANTOS, M. G. dos et al. Bases metabólicas da fadiga muscular aguda. *Revista Brasileira Ciência e Movimento*, Brasília, v. 11, n. 1, p. 7-12, 2003.

WESTERBLAD H.; ALLEN D. G.; LÄNNERGREN J. Muscle fatigue: Lactic acid or inorganic phosphate the major cause?. *News in Physiological Science*. v. 17, p. 17-21, 2002.

Pesquisas recentes indicam que o número máximo de moléculas de ATP produzidas pela respiração aeróbia nas células eucariotas é menor do que se pensava. Isso ocorre porque, na terceira etapa da respiração, cada par de elétrons originados do NADH não libera energia para a síntese de três moléculas de ATP, como se pensava inicialmente, mas de 2,5 moléculas, em média. Com o FAD, o número cairia de 2,5 para 1,5. Por isso, os valores máximos nas células eucariotas ficam próximos a 30 ou 32 ATPs, dependendo do tipo de célula. No entanto, embora esses valores estejam mais próximos do que ocorre, eles também podem variar com as condições metabólicas da célula e, por isso, são valores aproximados. Sobre essa questão, o professor pode consultar:

ALBERTS, B. et al. *Fundamentos da Biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

NELSON, D. L.; COX, M. M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

Nessa discussão, porém, mais importante do que memorizar o número de moléculas ATP produzidas nesses processos, é comparar a respiração aeróbia com a fermentação, de forma a possibilitar que o aluno compreenda por que a primeira libera mais energia que a segunda. As questões 3, 18 e 21 de **Atividades** permitem avaliar a compreensão do aluno sobre esse tópico.

O boxe *Biologia e saúde* (p. 103) estabelece uma conexão entre a fermentação, o botulismo e o tétano, fazendo algumas recomendações em relação à saúde. Embora essas e outras infecções causadas por alimentos contaminados sejam discutidas no Volume 2, consideramos importante propor neste momento um **Trabalho em equipe** (item 1) em que se solicita uma pesquisa sobre os cuidados que devemos ter na compra, preparação e conservação de alimentos. Como uma atividade de pesquisa adicional, o professor pode propor aos alunos que descubram dados atuais sobre a produção de álcool combustível no Brasil. Assim, eles terão subsídios para responder de maneira mais completa ao exercício 13 de **Atividades**.

No item 2 do **Trabalho em equipe**, o estudante deverá pesquisar a importância da atividade física regular (orientada por especialistas) para a saúde do organismo. Esse tópico pode também dar origem a um trabalho interdisciplinar com Educação Física, gerando campanhas e debates. A atividade 17 de **Atividades** procura mostrar a relação entre respiração celular e atividade física.

Ainda sobre esse tema o professor pode estimular uma pesquisa sobre os efeitos nocivos da prática exagerada de exercícios, ganho excessivo de massa muscular e uso de anabolizantes. Alguns sites para nortear essas discussões (acessos em: 25 mar. 2016):

<www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-86922011000300013&script=sci_arttext>

<www.rc.unesp.br/ib/efisica/motriz/09n1/Franchini.pdf>

<www.adolescenciaesaude.com/detalhe_artigo.asp?id=201>.

Já o item 3 do **Trabalho em equipe** permite que se realize um trabalho interdisciplinar com Física e Química.

O professor deve dedicar atenção especial à questão 18 de **Atividades**, uma vez que envolve a interpretação de esquemas e gráficos.

No site <<http://vcell.ndsu.nodak.edu:80/animations>> (em inglês; acesso em: 25 mar. 2016), podem ser vistas animações sobre a respiração celular.

CAPÍTULO 9: Fotossíntese e quimiossíntese

“De onde vêm os açúcares presentes nas plantas?”, “Por que as plantas não sobrevivem sem luz?” e “Por que todos dependem direta ou indiretamente da luz do Sol?”, além das perguntas que iniciam o capítulo, essas são algumas questões que podem motivar os alunos para o tema a ser estudado. Assim como foi ressaltado no capítulo anterior, em relação à respiração celular, não se deve exigir dos alunos que conheçam em detalhes as diferentes etapas da fotossíntese. É interessante, no entanto, que eles compreendam a interação entre as duas fases (luminosa e escura), uma vez que os produtos da primeira etapa constituem a matéria-prima da segunda.

O professor deve ficar atento para afirmações do tipo “A fotossíntese é a respiração das plantas” ou “As plantas fazem fotossíntese de dia e respiram apenas à noite”. Para desfazer possíveis concepções errôneas dos estudantes é importante deixar claro que: fotossíntese e respiração são dois fenômenos distintos; as

plantas realizam fotossíntese quando há luz, mas respiram continuamente, sem interrupções; as plantas usam, na respiração, parte dos açúcares que produziram na fotossíntese. A interpretação dos gráficos de velocidade da fotossíntese em função da intensidade da luz (p. 113) contribui para a compreensão desses conceitos, e as questões 2, 8 e 12 de **Atividades** permitem avaliar essa compreensão.

Uma outra discussão interessante que pode enriquecer a aula é a abordagem das plantas de luz e de sombra, apresentadas no texto a seguir.

Plantas de luz e plantas de sombra

Algumas plantas conseguem viver com baixa intensidade luminosa: são as plantas de sombra, também chamadas umbrófitas ou umbrófilas (do latim *umbra* = sombra; do grego *fitos* = planta; *phylein* = amigo), que crescem, por exemplo, no interior de florestas, onde há pouca luz. Essas plantas possuem folhas mais finas, com menos células, e precisam de uma quantidade inferior de energia da respiração para se manter. Portanto, precisam de menor intensidade de luz para ultrapassar o ponto de compensação e começar a crescer. Se algumas espécies de plantas de sombra forem expostas por longo tempo a altos níveis de luz, seus cloroplastos são danificados e a planta acaba morrendo.

Outras plantas estão adaptadas a ambientes bem iluminados e precisam de muita luz para crescer: são as plantas de sol, também chamadas heliófitas ou heliófilas (do grego *hélios* = Sol). Essas plantas têm folhas mais grossas, com mais células, e o consumo de energia da respiração para crescer e manter-se é maior (o que só é possível em ambientes bem iluminados). Essas plantas têm um ponto de compensação luminosa mais alto que o das plantas de sombra e utilizam melhor as intensidades mais altas de luz.

Uma pergunta desafiadora é “Por que a energia armazenada no petróleo ou no álcool vem, em última análise, da energia solar?”. A partir dela e dos conteúdos desse capítulo é possível que os alunos compreendam por que o álcool combustível é chamado de fonte reno-

vável e pode ser considerado menos poluente que os derivados do petróleo. O professor pode propor que os alunos construam desenhos esquemáticos do ciclo da liberação de gás carbônico na combustão dos dois tipos de combustível e da aquisição desse gás pelas plantas.

O professor também pode solicitar aos estudantes que leiam alguns dos relatos de experimentos importantes para a descoberta do processo de fotossíntese, como o texto do boxe *História da ciência* (p. 110), que traz um resumo de algumas das principais descobertas relacionadas a esse processo.

O professor pode pedir aos alunos que pesquisem novas informações acerca dos experimentos em fotossíntese realizados pelos cientistas citados nos textos (Van Helmont, Priestley, Ingenhousz, Engelmann e Calvin).

Já o texto das páginas 111 e 112, que aborda a variação da taxa de fotossíntese em função dos comprimentos de onda, pode servir como ponto de partida para a proposta interdisciplinar do **Trabalho em equipe**, a ser realizado junto ao professor de Física.

Para mais detalhes sobre a fotossíntese e sobre a história dessas descobertas os estudantes podem consultar os *sites* a seguir (acessos em: 25 mar. 2016): <www.projetofundao.ufrj.br/biologia/images/pdfs/o%20enigma%20da%20fotoss%EDntese%20priscila%20do%20amaral,%20camil.pdf> <www.danilorvieira.com/disciplinas/iob127/aula4.pdf>.

Sobre como ensinar o conceito de fotossíntese, o professor também pode consultar os artigos:
SOUZA, S. C. de; ALMEIDA, M. J. P. M. de. A fotossíntese no Ensino Fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos. *Ciência & Educação*. Piracicaba, v. 8, n. 1, p. 97-111, 2002.

ALMEIDA, R. O. de. Noção de fotossíntese: obstáculos epistemológicos na construção do conceito científico atual e implicações para a educação em ciência. *Can-dombá Revista Virtual*. Salvador, v. 1, n. 1, p. 16-32, 2005.

No site <<http://vcell.ndsu.nodak.edu:80/animations>> (em inglês; acesso em: 25 mar. 2016), há animações esquemáticas do processo da fotossíntese.

As questões 9 e 12 de **Atividades** permitem avaliar se os alunos interpretam corretamente experimentos sobre fotossíntese. E a **Atividade prática** ao final do capítulo possibilita a visualização dos cloroplastos, relacionando essas estruturas com a fotossíntese.

O boxe *Processos evolutivos* (p. 114) trata de bactérias fotossintetizantes que utilizam outras substâncias

como fonte de hidrogênio, em vez de água. Ressalte que, uma vez que o oxigênio liberado na fotossíntese vem da quebra da água, essas bactérias liberam outras substâncias, como enxofre, ao final do processo.

CAPÍTULO 10: Núcleo, ácidos nucleicos e clonagem

O tema central deste capítulo é a importância do núcleo para o controle das características e atividades da célula. Assim, o professor pode se valer do fato de os termos “gene” e “DNA” aparecerem bastante nos meios de comunicação e solicitar aos alunos que tragam notícias em que esses conceitos apareçam mencionados, usando-as para lançar perguntas como: “De que é feito o DNA?” ou “Como o DNA influencia diversas características do ser vivo?”. Outra opção é usar as perguntas que iniciam o capítulo para levantar os conhecimentos prévios dos alunos.

É preciso ficar atento para que, à medida que o aluno conheça o funcionamento do código genético, ele não incorpore uma visão determinista desse processo. Essa visão é reforçada por afirmações como: “as características são programadas pelo DNA” ou “os genes controlam as características do organismo”. Por isso, o professor deve, periodicamente, mostrar que a influência ambiental está sempre presente. Ele pode aqui alargar o conceito de ambiente, mostrando que ele inclui também o ambiente interno da célula: suas proteínas e seus controles de retroalimentação, por exemplo. Desse modo, o aluno poderá compreender que as características são fruto de uma interação complexa entre DNA, proteínas, ambiente, controles bioquímicos, etc.

Ultimamente vêm sendo discutidos alguns tipos particulares de herança em que um mesmo genótipo apresenta uma nova expressão gênica. São as chamadas mudanças epigenéticas. É o caso da metilação da citosina (adição de um grupo metil à citosina), que reprime a expressão de certos trechos do DNA, tornando inativos certos genes. A metilação pode ser afetada por certos fatores ambientais, como a nutrição, e estudos recentes parecem indicar que essas modificações podem, em parte, ser transmitidas aos descendentes, pelo menos por algumas gerações. Experimentos com camundongos mostram que a dieta da mãe pode afetar o funcionamento de certos genes dos filhotes, por exemplo.

Esse tópico (epigenética) será abordado no capítulo 1 do Volume 3. Se o professor quiser saber mais sobre o assunto, pode consultar o seguinte *site*:

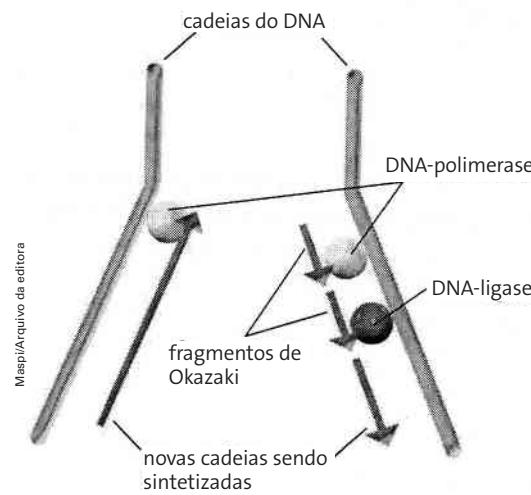
<www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/FSalvato-200702-Resumo.pdf> (acesso em: 25 mar. 2016).

Pode recorrer também aos livros: *Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida*, de E. Jablonka e M. J. Lamb (São Paulo: Companhia das Letras, 2010) e *Epigenética: como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade*, de R. C. Francis (Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2015).

O texto a seguir fornece alguns detalhes sobre a duplicação do DNA.

Fragments de Okazaki

A DNA polimerase é uma enzima que liga nucleotídeos de uma maneira específica: o nucleotídeo novo só entra na cadeia ligando o seu grupo fosfato na pentose do nucleotídeo que está na extremidade da cadeia em formação. As duas cadeias de uma molécula de DNA têm sentidos opostos, isto é, se na extremidade de uma delas há uma pentose, na cadeia complementar à extremidade oposta tem um fosfato. Assim, durante a duplicação do DNA, o encaixe de nucleotídeos de uma cadeia nova se faz em um sentido, formando um filamento contínuo. Enquanto isso, na outra cadeia nova, o encaixe se faz no sentido contrário, formando pequenos segmentos, chamados fragmentos de Okazaki (em homenagem ao bioquímico japonês Reiji Okazaki, que descobriu esse processo). Em seguida, uma enzima chamada DNA-ligase junta esses fragmentos para formar a cadeia contínua. Veja a figura a seguir.



Esquema da formação dos fragmentos de Okazaki.
(Os elementos ilustrados não estão na mesma escala.)

Ao longo do tempo, o conceito de gene vem se modificando e ainda é muito discutido. É difícil, portanto, defini-lo com precisão.

A clássica definição “gene é um trecho de DNA capaz de controlar a síntese de um polipeptídeo ou de uma molécula de RNA” não se aplica a todos os casos. Entre outros motivos, porque, em organismos eucarionticos, os genes apresentam sequência de bases não codificantes, os ítrons e, no processamento alternativo do RNA mensageiro (apresentado na página 125), um mesmo segmento de DNA pode originar vários polipeptídeos diferentes. Mas uma discussão mais detalhada desse processo é mais adequada no nível universitário. Apesar disso, esta é uma nova oportunidade para chamar a atenção dos estudantes para o fato de que conceitos, leis e teorias científicas estão sempre sendo debatidos e reformulados (uma discussão feita em Filosofia e História da Ciência), e o conceito de gene não é uma exceção.

Para saber mais sobre esse conceito, o professor pode consultar os livros, artigos e sites relacionados a seguir, nos quais também são discutidas informações recentes sobre ácidos nucleicos e expressão gênica: AMARAL, P. P. R.; VERJOVSKI-ALMEIDA, S. Decifrando o silêncio. *Ciência Hoje*, n. 233, p. 14-5, dez. 2006.

EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology*, 30 (2), p. 297-307, 2007. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/gmb/v30n2/a01v30n2.pdf> (acesso em: 25 mar. 2016).

GRIFFITHS, P. E.; NEUMANN-HELD, E. The many faces of the gene. *BioScience*, 49 (8), p. 656-662, 1999.

KELLER, E. F. *O século do gene*. Belo Horizonte: Crisálida, 2002.

WAIZBORT, R.; SOLHA, G. C. Os genes interrompidos: o impacto da descoberta dos ítrons sobre a definição de gene molecular clássico. *Revista da SBHC*. Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 63-84, jan-jul. 2007.

Na internet (acessos em: 25 mar. 2016):

<<http://genetica.ufcspa.edu.br/seminarios%20monitores/transcri%20e%20process.pdf>>

<<http://dbbm.fiocruz.br/helpdesk/mbiology/codonusage.pdf>>

<<http://icb.ufam.edu.br/LABS/livro/capitulo1.doc>>

<<http://www.ufsm.br/blg220/hide/genes.htm>>

<www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/6115/2/50.pdf>
<www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=83>.

O texto da página 122 conta um pouco da história da descoberta do DNA e do funcionamento do código genético. No entanto, uma pesquisa em grupo pode ser útil para ampliar o conhecimento dos estudantes a esse respeito, reforçando mais uma vez a compreensão de que os resultados obtidos em ciência são fruto do trabalho de toda a comunidade científica.

O professor pode pedir, por exemplo, pesquisas sobre os trabalhos de Frederick Griffith – que, em 1928, demonstrou que bactérias causadoras de pneumonia podiam, mesmo depois de mortas, transferir essa “capacidade de causar pneumonia” para bactérias vivas não patogênicas – e de Oswald Avery e equipe – que demonstraram que era o DNA (que passou de uma bactéria para outra) o responsável pela alteração das bactérias observada por Griffith. Ou então solicitar a seus alunos que pesquisem a descoberta da coloração de Feulgen, usada na evidenciação do DNA, e a importância do estudo do DNA feito por Rosalind Franklin com difração de raios X, entre outras pesquisas importantes nessa área. Também poderá ser pedida uma pesquisa sobre o trabalho de Bárbara McClintock (1902-1992), particularmente sua pesquisa sobre transposons.

Na internet ou em bibliotecas de universidades é possível ter acesso ao artigo original (de apenas duas páginas) de Watson e Crick, em que os autores propõem o famoso modelo da estrutura molecular do DNA. Com o auxílio dos professores de inglês, os estudantes podem traduzir e expor com suas próprias palavras vários trechos do texto que são relativamente de fácil compreensão para estudantes de Ensino Médio. Veja o artigo em:

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*. Londres, 171 (4356), p. 737-8, Apr. 1953. Disponível em: <www.nature.com/nature/dna50/watsoncrick.pdf> (em inglês; acesso em: 25 mar. 2016).

Na internet (em inglês; acessos em: 25 mar. 2016):
<www.kennislink.nl/upload/94565_391_1046253050072-watson_crick.pdf>
<<http://watsonandcrick.net/paper>>.

Para outros aspectos da pesquisa o professor também pode optar pelos livros, artigos e sites relacionados a seguir:

FERREIRA, R. *Watson & Crick: a história da descoberta da estrutura do DNA*. São Paulo: Odysseus, 2003.

LEITE, M. *O DNA*. São Paulo: Publifolha, 2003.

RUMJANEK, F. O exemplo de Francis Crick. *Ciência Hoje*, n. 208, p. 19, set. 2004.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

STRATHERN, P. *Crick, Watson e o DNA em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

WATSON, J. D.; BERRY, A. *DNA: o segredo da vida*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

Na internet (acessos em: 25 mar. 2016):

<www.icb.ufmg.br/grad/genetica/dna.pdf>

<www.comciencia.br/reportagens/genetico/gen09.shtml>

<www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do44.pdf>

<www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=3377&bd=1&pg=1&lg=>

O boxe *Biologia e tecnologia* (p. 127) faz uma breve apresentação das formas de funcionamento dos medicamentos capazes de combater infecções bacterianas (inibindo a síntese de proteínas ou a duplicação do DNA, por exemplo). Assim, o professor pode trabalhar com a ideia de uma utilização prática dos conhecimentos sobre os ácidos nucleicos e seu funcionamento.

O professor poderá realizar, como demonstração ou como um trabalho em equipe, a prática de extração de DNA de morangos ou cebola. A atividade de extração do DNA de morangos está presente no terceiro Volume desta Coleção, mas o professor pode optar por realizá-la neste momento. Para saber como fazer, é possível consultar versões da atividade, disponíveis nos sites a seguir (acessos em: 25 mar. 2016):

<http://genoma.ib.usp.br/sites/default/files/protocolos-de-aulas-praticas/extracao_dna_morango_web1.pdf>

<<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/2078/Extra%C3%A7%C3%A3o%20de%20DNA?sequence=1>>.

Os sites a seguir (em inglês) apresentam, respectivamente, animações sobre a transcrição, a tradução

e o processamento do RNA e sobre a estrutura do DNA (acessos em: 25 mar. 2016):

<<http://vcell.ndsu.nodak.edu:80/animations>>

<www.johnkyrk.com/DNAanatomy.html>

No item 4 (“Mutações”), na página 128, é discutida a natureza das mutações e os fatores mutagênicos, preparando o aluno para um estudo do papel evolutivo desse fenômeno, que será estudado no terceiro Volume desta Coleção, na Unidade sobre evolução.

Ainda sobre o tema mutações e agentes mutagênicos, o boxe *Biologia e saúde* (p. 129) relata o caso do acidente radiológico com césio-137 ocorrido em Goiânia na década de 1980 e suas consequências.

O professor pode iniciar a discussão sobre clonagem apresentando o experimento da clonagem da ovelha Dolly (ver texto das p. 129 e 130), sem mencionar inicialmente com que ovelha ela é parecida, lançando ao final essa pergunta aos alunos. O professor pode usar também a questão 13 de **Atividades**, em que o aluno terá de indicar com quem um filhote clonado é parecido e por que isso acontece. Com o mesmo objetivo, pode indicar também a questão 9 dessa seção.

É importante explicar aos alunos que, embora geneticamente iguais, os clones não são indivíduos idênticos, pois a maioria das características é influenciada tanto pelos genes quanto pelo ambiente, e o efeito de um gene pode ser modificado pelo meio. Além de não ser tecnicamente possível, pelo menos por enquanto, a clonagem de um ser humano é proibida na maioria dos países. No entanto, o professor pode ressaltar que, mesmo que essa clonagem pudesse ser realizada (e várias razões éticas podem ser apresentadas contra esse procedimento), um clone humano não seria idêntico ao organismo original – principalmente em relação às características mentais e ao comportamento.

O professor pode enfatizar também que o ser humano tem uma grande capacidade de aprender e de mudar o próprio comportamento de acordo com as experiências ao longo da vida. A sociedade em que vivemos, a influência da família, da escola e do ambiente de trabalho, e todas as nossas experiências pessoais podem mudar os efeitos de muitos genes. Essa é mais uma oportunidade para criticar, juntamente com os alunos, a ideia de determinismo genético.

No item “Problemas com a clonagem” (p. 131) são discutidas as aplicações e os problemas da clonagem terapêutica e reprodutiva. É importante ficar clara a

diferença entre elas. Além disso, o professor deverá sempre lembrar que os pontos de vista conflitantes – por motivos éticos, jurídicos ou religiosos – em relação à clonagem terapêutica têm de ser respeitados. É um bom momento para lembrar aos estudantes que o cientista tem compromissos sociais e éticos e deve respeitar valores e direitos humanos em suas pesquisas. Lembremos aqui um trecho do documento *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*⁸: “Cabe estimular o aluno a avaliar as vantagens e desvantagens dos avanços das técnicas de clonagem e da manipulação do DNA, considerando valores éticos, morais, religiosos, ecológicos e econômicos”.

Deve-se mostrar também que as aplicações dessas e outras descobertas científicas precisam ser discutidas por toda a sociedade e, para isso, todos devem estar informados sobre suas consequências para que possam, conscientemente, tomar decisões sobre seu uso. O boxe *Biologia e ética* (p. 131) ajuda nessa discussão.

Em um assunto tão polêmico e que sofre mudanças rápidas, é interessante que sejam organizadas palestras e promovidos debates com especialistas nessa área. Também pode ser pedida aos alunos pesquisa de notícias recentes sobre clonagem. Para saber mais sobre clonagem e as implicações éticas desse procedimento, sugerimos a consulta aos seguintes livros, também relacionados no item *Sugestões de leitura para o professor* deste Manual:

BONFIM, D. C. *Clonagem: benefícios e riscos*. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

DESALLE, R.; LINDLEY, D. *Jurassic Park e o mundo perdido ou Como fazer um dinossauro*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

PEREIRA, L. da V. *Clonagem: fatos & mitos*. São Paulo: Moderna, 2002.

_____. *Sequenciaram o genoma humano: e agora?* São Paulo: Moderna, 2005.

WILMUT, I.; CAMPBELL, K.; TUDGE, C. *Dolly: a segunda criação*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2000.

Podem ser consultados também os sites relacionados a seguir (acessos em: 25 mar. 2016):

<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252004000300014&script=sci_arttext>

<www.cjf.jus.br/revista/numero16/sumario.htm>

⁸ BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006, p. 24.

<www.comciencia.br/reportagens/celulas/10.shtml>
<www.ufrgs.br/bioetica/clone.htm>.

O item 1 de **Trabalho em equipe** deste capítulo contribui para que os estudantes se atualizem em relação ao tema clonagem. O professor poderá sugerir aos alunos que entrevistem pesquisadores das universidades próximas. O site <<http://learn.genetics.utah.edu/content/tech/cloning>> (em inglês; acesso em: 25 mar. 2016) possui dois aplicativos interessantes para entender o processo de clonagem, em um deles o usuário poderá simular uma clonagem.

CAPÍTULO 11: Cromatina, cromossomos e a divisão celular

O professor pode, para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes a respeito do assunto, usar as perguntas iniciais do capítulo, acrescentando outras conforme o assunto se desenvolve, como: “O que é cromatina?”; “Qual a importância dos cromossomos para os seres vivos?”; “Qual é a relação entre os cromossomos e as divisões celulares?”.

O boxe *História da ciência* (p. 139) apresenta informações sobre a história da descoberta do número de cromossomos na espécie humana. Esse texto permite levantar questões importantes sobre o fato de que o conhecimento científico é uma construção humana e pode sofrer alterações frente a novas hipóteses e experimentos.

Aproveite o texto a seguir para aprofundar mais o assunto sobre os cromossomos na espécie humana e sua relação com a evolução dos seres vivos.

O cariótipo e a evolução humana

A comparação entre o DNA humano e o do chimpanzé aponta uma origem evolutiva a partir de um ancestral comum. A separação deve ter ocorrido entre 6 ou 5 milhões de anos atrás.

As semelhanças aparecem também nos cromossomos quando estes são tratados com corantes que produzem bandas escuras nas regiões ricas em adenina e timina (nucleotídeos que fazem parte do DNA). O padrão de bandas é típico de cada cromossomo e permite que este seja identificado.

No entanto, análises do cariótipo mostram que o ser humano tem 46 cromossomos (23 pares), e os grandes símios (gorila, orangotango,

chimpanzé) têm 48 (24 pares). Como explicar o par de cromossomos a menos de nossa espécie?

Os cromossomos 2A e 2B do chimpanzé são semelhantes às duas metades do cromossomo humano 2, que pode ter surgido da fusão entre dois cromossomos do ancestral de chimpanzés e humanos, o que explicaria o par de cromossomos a menos nos humanos.

Análises genéticas confirmam a hipótese de fusão, mostrando que no meio do nosso cromossomo 2 há regiões de DNA que correspondem ao centrômero do cromossomo número 2B do chimpanzé, inativado no cromossomo humano. As análises mostram ainda que no meio do cromossomo 2, há regiões que correspondem aos telômeros dos cromossomos do chimpanzé.

Fontes de pesquisa: Hillier, L. W. et al. Generation and annotation of the DNA sequences of human chromosomes 2 and 4. *Nature*, vol. 434, p. 724-31, 2005; Yunis, J. J.; Prakash, O. The origin of man: a chromosomal pictorial legacy. *Science*, vol. 215, p. 1 525-30, 1982.

Para saber mais sobre o tema, o professor pode consultar o site relacionado a seguir:

<www.ufsm.br/blg220/hide/citogenetica.htm> (acesso em: 25 mar. 2016).

Ao dar início ao estudo das divisões celulares, convém ao professor enfatizar que mais importante que memorizar o nome das etapas da mitose e da meiose é compreender as funções dessas divisões no organismo. Para isso, pode se valer da seguinte questão: “A cada dia muitas células da epiderme e do intestino e muitos glóbulos vermelhos morrem. Por que o número dessas células não diminui?”. Desse modo, ele pode mostrar a importância da mitose para a formação de um organismo pluricelular a partir da célula-ovo e para o crescimento e a reposição de células perdidas.

Pode perguntar também por que o número de cromossomos não se reduz a cada divisão da célula ou por que a mitose produz duas células-filhas geneticamente iguais, preparando-se para discutir a duplicação dos cromossomos (e do DNA) no período que antecede a divisão celular.

É importante chamar a atenção do aluno para a disposição dos cromossomos na metáfase da mitose, uma vez que, com a duplicação dos cromossomos, ela garante a igualdade genética das duas células-filhas.

O professor pode optar por apresentar aos alunos os desenhos das diversas fases da mitose fora de

ordem e, à medida que for explicando o que acontece, pedir a eles que identifiquem qual desenho representa a fase descrita.

Se possível, é interessante usar lâminas fixadas e coradas de células vegetais para a observação ao microscópio das diferentes fases da mitose. Caso isso não seja possível o professor poderá utilizar imagens reais disponíveis na rede:

<www.microscopy-uk.org.uk/micropolitan/index.html> (em inglês; acesso em: 25 mar. 2016).

Para avaliar a compreensão do aluno a respeito da disposição dos cromossomos nas diversas etapas da divisão celular, o professor pode recorrer às questões 5 e 16 de **Atividades**.

Para avaliar se os estudantes compreenderam a distribuição equitativa de cromossomos na mitose, o professor pode se valer da seguinte questão-desafio: “Suponha que uma célula cancerosa entre em mitose e forme três centros celulares em disposição triangular. Na metáfase, 20 cromossomos ficam localizados entre o primeiro centro celular e o segundo; 16 cromossomos ficam entre o primeiro centro e o terceiro; e 10 cromossomos ficam entre o segundo e o terceiro centros. Se, ao fim da mitose, formarem-se três células, quantos cromossomos haverá em cada célula?”.

Para responder ao desafio, os estudantes devem fazer um esquema da célula, com números representando a quantidade de cromossomos alinhados entre cada polo. Dessa forma, poderão descobrir que uma das células fica com 36 cromossomos, outra, com 30, e a terceira, com 26 cromossomos.

Para começar a discussão da meiose, pode-se usar a questão 6 de **Atividades**, que pede aos alunos que imaginem o que aconteceria se os gametas fossem produzidos sempre por mitose, mostrando que, nesse caso, o número de cromossomos dobraria a cada geração.

O papel da meiose como fonte de variabilidade genética e, portanto, com importante papel na evolução das espécies é apresentado no boxe *Processos evolutivos* (p. 144).

É importante ficar clara para o aluno a diferença entre a disposição dos cromossomos na metáfase da mitose e a disposição na metáfase da primeira divisão da meiose. O emparelhamento da meiose garante que cada célula receba apenas um cromossomo de cada tipo, formando, consequentemente, células haploides. É preciso, no entanto, chamar a atenção dos alunos para o fato de que os cromossomos também se duplicam antes da meiose. A segunda divisão

vai transformar os cromossomos duplicados em cromossomos simples.

Um assunto atual que pode ser discutido com os alunos é a relação entre os telômeros (as pontas dos cromossomos) e a divisão celular: a cada divisão os telômeros são encurtados. Como o tamanho dessas estruturas parece ter relação com a longevidade da célula, isso explicaria, por exemplo, porque clones vivem menos do que os organismos doadores da célula utilizada na clonagem. Leia a seguir um texto com mais informações sobre os telômeros.

A divisão celular e os telômeros

Na ponta dos cromossomos há pequenos fragmentos de proteína e material genético chamados telômeros. Esse material genético é formado por uma sequência específica de nucleotídeos (TTAGGG, nos vertebrados), repetida muitas vezes.

Os telômeros protegem o cromossomo contra danos e permitem que a duplicação do DNA ocorra corretamente. Cada vez que uma célula se divide, os telômeros tornam-se ligeiramente mais curtos. Nas células germinativas, que originam gametas, e em algumas outras células do corpo que se dividem rapidamente, como as células-tronco, uma enzima, a telomerase, reconstitui as partes que vão sendo perdidas. Na maioria das células adultas, porém, a enzima está inativa e, caso os telômeros se percam totalmente, a célula perde a capacidade de divisão e pode morrer. Por isso, supõe-se que a diminuição dos telômeros possa estar relacionada com o número máximo de divisões que uma célula pode sofrer e com sua longevidade.

A telomerase está presente também na maioria das células cancerosas, que não morrem e passam a crescer de forma descontrolada. Assim, o estudo dos telômeros pode contribuir para o tratamento do câncer e para problemas derivados do envelhecimento do corpo.

Fontes de pesquisa: CANO, M. I. N. A vida nas “pontas” dos cromossomos. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 39, n. 229, p. 16-23, ago. 2006.

SINCLAIR, D. A.; GUARENTE, L. Desvendando os segredos dos genes da longevidade. *Scientific American Brasil*, ano 4, n. 47, p. 40-7, abr. 2006.

Na internet (acessos em: 25 mar. 2016):
<<http://revistas.unipar.br/saude/article/viewFile/218/192>>
<<http://revistas.pucsp.br/index.php/RFCMS/article/download/122/68>>

No boxe *Biologia e saúde* (p. 150) discutimos o câncer, uma vez que essa doença está ligada a um descontrole do processo de divisão celular. Já no **Trabalho em equipe** (p. 153) pedimos aos alunos que realizem uma pesquisa sobre os diversos tipos de câncer. As sugestões de resposta neste Manual ajudam o professor a orientar essa atividade. Como sugerido, é importante convidar profissionais de saúde para ministrar palestras à comunidade escolar e, caso seja possível, organizar visitas a instituições que pesquisem o assunto ou desenvolvam atividades de educação para a prevenção ao câncer. Para a pesquisa do tema, o professor poderá indicar aos estudantes os seguintes sites (acessos em: 25 mar. 2016):

<www.ibcc.org.br>

<www.inca.gov.br>

<www.sbcancer.org.br>

<www.sbmastologia.com.br>

<www.hhmi.org/biointeractive/cancer/angiogenesis.html> (animação, em inglês, sobre o processo de desenvolvimento do tumor).

No final deste capítulo o professor pode testar novamente a compreensão dos alunos acerca da meiose, visto que muitas vezes as alterações cromossômicas surgem por não disjunção na primeira ou na segunda divisão da meiose. Ele pode começar perguntando, por exemplo, como poderia surgir um embrião com três cromossomos 21 a partir de uma meiose anormal. A partir daí, pode explicar a síndrome de Down.

A leitura a seguir traz mais algumas informações sobre as variações possíveis na síndrome de Down.

Variações na síndrome de Down

Cerca de 92% dos portadores da síndrome de Down possuem um cromossomo 21 extra em todas as células. No entanto, em 3% a 4% dos casos, o cromossomo 21 extra está ligado a outro cromossomo, geralmente o 14. Isso acontece por causa de uma alteração conhecida como translocação.

Em 2% a 4% dos casos, ocorre mosaicismo, em que há células com número normal de cromossomos e células com trissomia do cromossomo 21, por causa da não disjunção do cromossomo 21 durante as mitoses iniciais no embrião. Quanto menor o número de células com o cromossomo extra, menos afetado será o indivíduo.

Se achar necessário, o professor pode, neste momento, recapitular o processo de divisão celular por meiose; assim o estudante poderá comparar a distribuição normal de cromossomos entre as células com a distribuição resultante da não disjunção de homólogos ou de cromátides.

O boxe *Biologia e sociedade* (p. 148) aborda não só as características genéticas e físicas dos portadores da síndrome de Down, mas também esclarece sobre sua participação na sociedade, que devem ser respeitados como todos os cidadãos.

É importante mostrar aos alunos que programas de estimulação precoce ajudam no desenvolvimento intelectual e motor dos portadores dessa síndrome e permitem que eles tenham melhor inserção na sociedade, incluindo a possibilidade de ter uma profissão. Há várias associações que dão informações e orientam os pais de portadores da síndrome.

Também é importante que os alunos desenvolvam uma atitude inclusiva em relação aos portadores dessa síndrome ou a pessoas com qualquer tipo de deficiência, combatendo o preconceito em todas as suas formas.

Alguns temas abordados no item 6, “Alterações cromossômicas”, serão discutidos de forma mais detalhada no terceiro Volume da Coleção. Mas, se o professor achar apropriado, pode propor à turma um debate sobre os testes genéticos que indicam propensão para doenças que, pelo menos por enquanto, não têm cura. Atualmente, os testes que detectam alterações do número ou integridade dos cromossomos já são bastante comuns. Todavia, um novo conjunto de testes realizados a partir do sangue fetal ou o escaneamento do material genético de embriões desenvolvidos *in vitro*, já estão sendo realizados em alguns casos e podem no futuro próximo se tornar comuns. Com isso, é interessante perguntar, por exemplo, se os alunos acham aconselhável realizar esses tipos de teste e por quê. Essas e outras questões têm o objetivo de levar o aluno a pensar nas implicações éticas e sociais decorrentes de novas tecnologias, questões tratadas em Filosofia (ética) e Sociologia e que precisam ser debatidas por toda a sociedade.

Esse debate pode ser ampliado tendo em vista o histórico de ações e medidas que buscavam a perfeição do ser humano – a eugenia. Esses assuntos podem ser aprofundados nos sites (acessos em: 25 mar. 2016):
<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=s0009-67252006000100002&script=sci_arttext>

<www.ipif.org/portuguese/pgd.html>
<www.istoe.com.br/reportagens/5420_OS+ELEITOS+PELA+GENETICA>
<<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/deriva-genetica/bebes-a-la-carte/?searchterm=teste%20gen%C3%A9tico%20de%20embri%C3%B5es>>.

CAPÍTULO 12: Reprodução

A Unidade 4 enfatiza as formas de reprodução e o desenvolvimento embrionário, com destaque para a reprodução humana. O professor pode iniciar esse assunto discutindo com os alunos a importância da reprodução para as espécies. As perguntas que iniciam o capítulo contribuem para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes a respeito de alguns conceitos básicos para a compreensão da reprodução. A questão 1 de **Atividades** também pode ser utilizada neste momento, porque permite discutir a importância da reprodução sexuada para a evolução biológica. Nesse sentido, o professor pode se valer do boxe *Processos evolutivos* (p. 158) que discute as hipóteses acerca das vantagens evolutivas desse tipo de reprodução.

Para facilitar o estudo da gametogênese, o professor pode fazer uma breve recapitulação da divisão celular por meiose. E pode propor questões como: “A partir de 100 espermatogônias, quantos espermatócitos primários serão produzidos? E quantos espermatócitos secundários? E quantos serão os espermatozoides?”. Perguntas semelhantes podem ser propostas quando se estudar a ovogênese. É importante relembrar o papel da meiose, que reduz o número de cromossomos e propicia a manutenção do número de cromossomos na espécie.

Na página 163 explica-se o hermafroditismo em animais; o texto a seguir trata especificamente do hermafroditismo na espécie humana.

Hermafroditismo na espécie humana

Indivíduos hermafroditas são muito raros na espécie humana.

Apresentam testículos e ovários separados ou uma gônada mista (ovoteste). No pseudo-hermafroditismo, o indivíduo apresenta gônadas de um

sexo, mas órgãos genitais ambíguos ou do sexo oposto. No pseudo-hermafroditismo feminino, a glândula suprarrenal do embrião feminino produz hormônios masculinos, talvez por causas genéticas. O indivíduo passa a apresentar ovários e órgãos genitais ambíguos. Há, por exemplo, desenvolvimento maior do clitóris, que pode ser confundido com um pênis. No caso masculino, o indivíduo possui testículos dentro do abdome e uma vagina fechada no fundo, não apresentando útero nem ovário.

O problema pode ser genético, provocando falhas nos receptores das células que respondem aos hormônios sexuais. Em certos casos, cirurgias ou tratamentos hormonais podem corrigir as malformações dos órgãos genitais.

Para saber mais sobre o tema, podem ser consultados os livros e o site a seguir:

MACIEL-GUERRA, A. T.; GUERRA JR., G. (Org.). *Menino ou menina?*. Os distúrbios da diferenciação sexual. 2. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2010.

SADLER, T. W. *Langman: Embriologia médica*. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

<www.projetodiretrizes.org.br/5_volume/22-Hermafrodi.pdf> (acesso em: 25 mar. 2016).

A questão 3 de **Atividades** pode ser trabalhada de modo que o aluno faça uma conexão entre os mecanismos que impedem a penetração de mais de um espermatozoide no óvulo e o número de cromossomos de uma espécie. E a questão 2 chama a atenção para a vantagem adaptativa que a fecundação interna confere aos animais terrestres.

Ao trabalhar esse capítulo, o professor deve estar preparado para ouvir muitas perguntas dos estudantes sobre sexualidade, relacionadas, por exemplo, aos problemas apresentados nos boxes *Biologia e saúde* (p. 167 e 170) ou ao estudo do item 4, sobre métodos anticoncepcionais, e do item 5, sobre doenças sexualmente transmissíveis (o tema das DSTs voltará a ser abordado no segundo Volume desta Coleção, quando os grupos de seres vivos forem estudados). É importante, portanto, o professor ficar atento à diversidade cultural do país, às diferentes maneiras de pensar e agir e aos valores éticos e espirituais de cada estudante. O texto de abertura do capítulo chama justamente a atenção para o fato de

que, nos seres humanos, a reprodução e as relações sexuais envolvem sentimentos e dependem da cultura e de valores éticos presentes nas comunidades.

Muitas das questões colocadas pelos alunos não devem ser respondidas de maneira definitiva pelo professor, mas podem e devem ser discutidas sob sua orientação. Esses temas são abordados nos boxes *Biologia e sociedade*, com textos sobre “Aborto” (p. 175) e “Homossexualidade” (p. 165). Em algumas situações, é necessário argumentar com os estudantes, para combater preconceitos e estereótipos. Cabe ao professor avaliar o grau de aprofundamento de cada tema, considerando, por exemplo, a faixa etária e o interesse da turma. É importante também abordar, de forma integrada, as dimensões físicas, emocionais e cognitivas da sexualidade.

Os métodos anticoncepcionais podem ser discutidos ao longo das explicações sobre o funcionamento dos sistemas genitais, lembrando sempre que é preciso orientação médica para usar métodos como a pílula (e outros métodos hormonais), o diafragma e o DIU. O mesmo vale para o tratamento das DSTs. É necessário reforçar também que a responsabilidade pelo uso de métodos contraceptivos é do casal, e não apenas da mulher. No estudo do sistema genital masculino, por exemplo, o professor pode explicar a vasectomia e perguntar se o homem continua a ejacular depois da cirurgia. No estudo do sistema genital feminino, pode perguntar se, após a ligação tubária, a mulher continua a ovular e a produzir hormônios. Durante a exposição do ciclo menstrual o professor pode lançar perguntas sobre o funcionamento da pílula anticoncepcional. Em *Atividades*, há várias questões que podem ser utilizadas pelo professor como ponto de partida para uma discussão sobre o tema.

Os temas sugeridos para pesquisa no *Trabalho em equipe* possibilitam um aprofundamento de temas atuais como Aids, outras DSTs e contracepção. É importante que esse trabalho seja complementado por palestras com profissionais da área de saúde e psicólogos. Aqui também voltamos a lembrar que, como mencionado no livro do aluno (p. 172), as informações sobre métodos contraceptivos têm como objetivo esclarecer as pessoas a respeito dos diferentes métodos que existem, mas a escolha e utilização de algum deles só deve ocorrer sob orientação médica. Isso é válido principalmente no caso da contracepção de emergência, um assunto que pode ser tratado de forma mais adequada por profissionais da área de saúde. O

texto a seguir fornece algumas informações sobre o tema, mas o professor também pode consultar as fontes indicadas logo após o texto.

Contracepção de emergência

Depois de uma relação sexual em que não se usou nenhum método anticoncepcional, mas não se deseja engravidar, deve-se consultar o médico o quanto antes. Ele poderá indicar a chamada “pílula do dia seguinte”, que funciona como anticoncepcional de emergência.

Essa pílula pode ser utilizada até 72 horas depois de uma relação sexual sem proteção ou quando, durante a relação, ocorrer algum problema com o método anticoncepcional (ruptura da camisinha, por exemplo). Quanto menor o tempo decorrido desde a relação sexual, maior a eficácia.

Os comprimidos da pílula do dia seguinte contêm altas doses de hormônios semelhantes aos da pílula anticoncepcional, mas nem sempre ela dá resultado, além de poder causar efeitos colaterais (irregularidade no ciclo menstrual, dor de cabeça, tontura, náuseas e vômitos) e não ser eficaz se o embrião já estiver implantado no útero.

Por isso, não pode ser usada como método regular de anticoncepção, em substituição a outros métodos (também porque ela perde a eficácia com o uso regular). Além disso, deve sempre ser receitada por ginecologista, que vai orientar o seu uso e observar os possíveis efeitos colaterais.

Outro inconveniente para algumas pessoas é que, por julgarem que o óvulo fecundado já representa um indivíduo, elas consideram que essa pílula provoca um aborto. Para a Medicina, entretanto, o aborto só ocorre a partir do momento em que o embrião se fixa no útero, quando, então, começa a gravidez.

O professor que desejar se aprofundar no assunto pode consultar os seguintes materiais:

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Área Técnica de Saúde da Mulher. *Anticoncepção de emergência: perguntas e respostas para profissionais de saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

Disponível em: <www.choike.org/documentos/aborto_brasil_msp.pdf> (acesso em: 25 mar. 2016).

FORMIGA, J. F. N.; OCAMPO, H. T. *Guia clínico de anticoncepção*. São Paulo: Thesaurus, 2007.

PETTA, C. A.; ALDRIGHI, D. M. *Métodos anticoncepcionais*. São Paulo: Atheneu, 2004.

Lembrando que, como dissemos anteriormente, a Aids e outras doenças sexualmente transmissíveis serão trabalhadas novamente no segundo Volume, nos capítulos correspondentes aos agentes patogênicos (vírus, bactérias, etc.). Deixamos também para o Volume 2 a abordagem da reprodução dos vegetais, protistas e fungos, que será feita ao longo do estudo desses grupos.

A determinação do sexo será novamente abordada no terceiro Volume, quando, então, será estudada a influência de um gene específico no cromossomo Y, o gene SRY (do inglês, *sex-determining region Y*).

CAPÍTULO 13: Desenvolvimento embrionário dos animais

As perguntas de abertura permitem avaliar o conhecimento prévio do aluno a respeito de alguns tópicos deste capítulo. Mas o professor pode também fazer perguntas mais específicas sobre cada assunto. Por exemplo, com a pergunta “Por que o ovo (ou o óvulo) de répteis e aves possui muito mais vitelo (material nutritivo) que o dos mamíferos?”. O professor pode relacionar a quantidade de vitelo e o desenvolvimento embrionário desses grupos, mostrando que, no caso dos mamíferos, o embrião recebe alimento diretamente da mãe.

Depois, o professor pode perguntar por que um ovo de anfíbio ou de estrela-do-mar, por exemplo, não possui grande quantidade de vitelo, relacionando nesse caso a quantidade de vitelo e o desenvolvimento direto ou indireto (sem ou com formação de larvas). O professor pode lembrar também que, além da economia de vitelo, com consequente produção de maior número de ovos, a formação de larvas pode trazer outras vantagens: em geral, elas exploram uma fonte de alimento diferente da do adulto, evitando a competição, e ajudam na dispersão de animais sésseis, como esponjas, anêmonas, corais, etc.

É importante que o professor procure mostrar a relação entre a presença ou ausência de determinados anexos embrionários e o local de desenvolvimento do embrião. Com esse objetivo, o professor pode se valer

da questão 15 de **Atividades**. Lembrando que essa relação será trabalhada novamente no segundo Volume desta Coleção, ao longo do estudo dos vertebrados, na Unidade 4.

Podem ocorrer alguns problemas durante o desenvolvimento embrionário, como apresentado no boxe *Biologia e saúde* (p. 192). A partir daí o professor pode alertar para a importância de se tomar os cuidados necessários durante a gravidez – como é pedido na primeira atividade do **Trabalho em equipe**.

O boxe *História da ciência* (p. 195) apresenta a evolução do conhecimento científico sobre o desenvolvimento dos embriões, bem como exemplifica de que maneira o mau uso desse conhecimento pode implicar terríveis consequências para determinados grupos de pessoas e também para a sociedade.

O boxe *Biologia e saúde* (p. 199) aborda o tema da microcefalia relacionada à febre zika e a outras infecções virais que, caso afetem as mulheres durante a gravidez, podem afetar o desenvolvimento do feto, provocando sequelas.

Particular atenção deve ser dada à importância do aleitamento materno (tratado na página 198). Nos sites <www.leitematerno.org> e <www.brasil.gov.br/sobre/saude/maternidade/pos-parto> (acessos em: 25 mar. 2016), há informações abrangentes a respeito, que vão desde a legislação trabalhista até artigos que abordam, por exemplo, a volta ao trabalho da mulher que acabou de se tornar mãe, as vantagens da amamentação, a falta de informações corretas acerca da fisiologia envolvida, etc. É importante considerar que o desmame precoce está ligado a um aumento nas taxas de mortalidade de crianças.

O item “Células-tronco” (p. 200), somado aos resultados da pesquisa do item 4 de **Trabalho em equipe**, contribuem para a atualização do estudante nesse tema em que as novidades são frequentes. Como material de apoio para o trabalho com esse tema, além do livro indicado nas *Sugestões de leitura* deste Manual, o professor também pode consultar os sites relacionados a seguir (acessos em: 25 mar. 2016): <www.lance-ufrj.org/ceacutelulas-tronco.html> <<http://lgmb.fmrp.usp.br/inctc>> <www.ufrgs.br/bioetica/celtron.htm> <www.pucrs.br/bioetica/cont/clarice/eticaegenetica.pdf> <www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/aspectos-%C3%A9ticos-da-utiliza%C3%A7%C3%A3o-de-c%C3%A9lulas-tronco-embrion%C3%A1rias-humanas-em-pesquisas-e-terap-1>.

Para rever os tipos e características das células-tronco, sobre as estruturas celulares e conteúdos acerca da divisão celular e desenvolvimento embrionário, o professor pode se valer do “Jogo das células-tronco”, disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2012/04/celulas-tronco-podem-tratar-diabetes-tipo-1-e-doencas-cardiacas>> (acesso em: 25 mar. 2016).

CAPÍTULO 14: Tecido epitelial

O texto que abre o capítulo traz à tona a importância da divisão de tarefas entre as células, agrupadas em tecidos como unidades funcionais. Os diferentes tecidos animais serão discutidos neste capítulo e nos seguintes. O professor pode iniciar o estudo sobre esse tema perguntando por que temos tantas células diferentes. Pode também fazer uso de analogias como as linhas de produção e montagem, laboratórios etc. em que a divisão de tarefas e formação de setores é essencial para a eficiência do trabalho.

Para abordar os assuntos tratados neste capítulo, seria interessante se o professor ou a escola pudessem conseguir, junto a laboratórios de análises clínicas, universidades ou outras instituições de pesquisa, lâminas já fixadas e coradas de sangue e outros tecidos humanos. Com essas lâminas (e, é claro, microscópios) poderia ser realizada uma atividade prática de identificação dos tecidos, com a solicitação aos estudantes de desenhos esquemáticos dos elementos observados.

Caso não seja possível conseguir as lâminas (ou mesmo na falta de microscópios), o professor pode propor a mesma atividade usando fotos de tecidos ao microscópio retiradas de livros ou da internet. No site a seguir há imagens de tecidos humanos ao microscópio:

<www.cedarville.edu/personal/sullivan/histology/imagemenu.htm> (em inglês; acesso em: 25 mar. 2016).

O professor pode perguntar qual o maior órgão do corpo e, depois, quais as funções da pele. Então, pode apresentar as camadas da pele, detendo-se na epiderme (lembrando que é ela o tecido – e não a pele) e em suas glândulas e anexos.

É interessante relacionar a forma e a função de alguns epitélios: a epiderme, com várias camadas de células e queratina, fornece proteção; o epitélio das vias respiratórias, com cílios e suas células produtoras

de muco, ajuda a reter as impurezas do ar e a levá-las para fora; o epitélio do intestino delgado, com suas microvilosidades, aumenta a superfície de absorção do alimento.

As questões na abertura do capítulo e as questões 2, 10, 11 e 12 de **Atividades** permitem avaliar o aprendizado dos estudantes a respeito desse assunto.

O professor pode comentar também que a justaposição das células epiteliais, com pouca substância intercelular, é coerente com o fato de os epitélios de revestimento serem a primeira barreira contra a entrada de microrganismos no corpo.

Para o tópico sobre glândulas (começando com as sudoríferas), o professor pode perguntar por que, em geral, suamos quando fazemos exercícios ou por que suamos mais em dias quentes. O texto sobre acne, no boxe *Biologia e saúde* (p. 210), mostra a relação entre as glândulas sebáceas e os cuidados com a pele.

O capítulo contém vários temas interessantes ligados ao cotidiano: o professor pode perguntar por que a pele fica mais morena quando se toma sol, discutindo a função da melanina, ou por que os cabelos passam a ter a cor branca quando envelhecemos, explicando que a produção de melanina diminui à medida que envelhecemos, em consequência disso, podem ficar sem melanina e passam a ter a cor branca, que é a cor da queratina. Outro assunto relacionado à melanina é o albinismo. Esses tópicos são abordados no boxe *Biologia e cotidiano* (p. 209).

A importância do uso de filtro solar é tratada no boxe *Biologia e saúde* (p. 206). O professor pode iniciar a abordagem do assunto perguntando se os alunos sabem o que significa fator de proteção solar (FPS), que está presente nas embalagens dos filtros. As questões 5 e 7 de **Atividades** também podem ser usadas com esse objetivo. O professor pode também solicitar aos alunos que pesquisem sobre o funcionamento dos filtros; essa proposta pode incluir os professores de Química e Física, uma vez que envolve conceitos como comprimento de onda dos raios ultravioleta e composição química dos filtros solares.

Ao abordar o boxe *Biologia e sociedade* (p. 212), o professor pode aproveitar e discutir que, do ponto de vista biológico, não faz sentido falar em raças, uma vez que as diferenças genéticas entre as populações humanas, são muito pequenas. Além de não ter um sentido biológico, esse tipo de diferenciação é comumente usada de forma discriminatória.

Dessa maneira, é importante que o professor oriente a discussão para promoção do respeito às diferenças e para a igualdade de direitos entre os seres humanos. Na Unidade sobre Evolução, no terceiro Volume desta Coleção, esse tema é discutido mais detalhadamente. Mas, se o professor quiser trabalhar esse conceito aqui, o texto a seguir fornece subsídios para uma conversa.

O conceito de raça na espécie humana

Em Biologia, uma raça é formada por um grupo de indivíduos com muitas características genéticas semelhantes entre si e, ao mesmo tempo, muitas características genéticas diferentes em relação a outros grupos. Para que se possa afirmar que duas populações pertencem a raças diferentes, portanto, é preciso que haja certo número de características genéticas que, em conjunto, são exclusivas de uma das populações ou, pelo menos, são bem mais frequentes em uma das duas populações.

Estudos recentes indicam que todos os grupos humanos atuais descendem de uma mesma população original e que as diferenças genéticas entre as populações descendentes, devidas às migrações e à mistura entre os diversos grupos, são muito pequenas. Ou seja, do ponto de vista biológico, não se pode falar em raças humanas.

A variabilidade genética pode mesmo ser maior em um mesmo grupo populacional do que entre dois grupos, isto é, pode haver mais diferenças genéticas entre dois europeus brancos do que entre um europeu branco e um africano negro, por exemplo. A cor da pele pode ser diferente, mas, em contrapartida, há muitas outras características genéticas semelhantes entre o europeu e o africano.

Por isso, indivíduos que, supostamente, faziam parte de “raças” diferentes são, de fato, muito parecidos. Se usarmos o critério do tipo de hemoglobina, em vez da cor da pele, para reunir grupos de pessoas em “raças”, teremos uma classificação muito diferente. E assim também será se escolhermos outros critérios – grupos sanguíneos, por exemplo.

O pesquisador brasileiro Sergio Danilo Pena e sua equipe realizaram vários estudos sobre a origem do povo brasileiro e concluíram que é impossível dividi-lo em raças biológicas, pois a maioria das pessoas possui genes herdados de ancestrais brancos, negros e indígenas – independentemente da cor da pele. Isso significa que uma pessoa pode ter a pele clara, mas a maior parte de sua herança genética pode ter origem africana e vice-versa.

Isso confirma que não faz sentido falar em raças na espécie humana. Muito menos em “raças puras”. Aliás, qualquer tentativa de formar uma “raça pura”, de fazer com que todos os indivíduos da espécie humana sejam geneticamente muito parecidos, ameaçaria nossa sobrevivência: a diversidade de indivíduos é uma característica importante para a sobrevivência de uma espécie.

O conceito de raça na espécie humana, portanto, é uma construção social, que serve apenas de pretexto para o racismo e o preconceito. O racismo, isto é, a ideia de que há raças superiores a outras, não tem nenhuma base científica, foi um pretexto criado para justificar a dominação e a exploração de um grupo por outro, e deve ser combatido com leis severas (no Brasil é considerado crime).

É importante que, desde a infância, as pessoas aprendam a respeitar as diferenças individuais – sejam elas, a cor da pele, o sexo ou a orientação sexual, a religião e a classe social – e a importância da cooperação. Afinal, estamos todos no mesmo barco e a cooperação é importante para a sobrevivência de nossa espécie.

Uma educação que aproxime as pessoas, que valorize a diversidade, que elimine preconceitos funciona como um antídoto contra o racismo – e todos ganham com isso.

Fontes de pesquisa: CAVALLI-SFORZA, L. L.; CAVALLI-SFORZA, F. *Quem somos?* História da diversidade humana. São Paulo: Unesp, 2002; OLSON, S. *A história da humanidade: desvendando 150 mil anos da nossa trajetória através dos genes*. Rio de Janeiro: Campus, 2002; PENA, S. D. J. *Humanidade sem raças?*. São Paulo: Publifolha, 2008; _____. (Org.). *Homo brasiliensis: aspectos genéticos, linguísticos, históricos e socioantropológicos da formação do povo brasileiro*. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002.

O boxe *Processos evolutivos* (p. 211) trata dos pelos, anexos epidérmicos exclusivos dos mamíferos e que podem ter funções distintas, desde controle térmico até defesa do indivíduo.

CAPÍTULO 15: Tecidos conjuntivos

O texto de abertura do capítulo e as questões iniciais podem ser os pontos de partida para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos tecidos de sustentação do corpo. Outro aspecto interessante de abordagem sobre o tecido conjuntivo é dar o exemplo de um assunto bem próximo a eles: as tatuagens, cada vez mais comuns entre os jovens. O professor pode pedir que os alunos tentem resolver a questão 7 de *Atividades*, que explica que as tatuagens são feitas pela injeção de minúsculas gotas de tinta na pele e que, em princípio, elas são permanentes. E, em seguida, pode perguntar se a tinta da tatuagem é aplicada na epiderme ou na derme (se a aplicação fosse na epiderme, a tinta sairia em pouco tempo, com a renovação diária das células dessa camada da pele; como são feitas na derme, as tatuagens só podem ser removidas por *laser* ou cirurgia).

Para ilustrar a diferença entre os tecidos epitelial e conjuntivo e também, a importância da substância intercelular dos tecidos conjuntivos, pode-se valer de imagens (baseadas em microscopia de luz) do tecido conjuntivo propriamente dito e do tecido ósseo ao lado de uma da epiderme. Com isso, o professor pode perguntar que diferenças o aluno observa entre os tecidos conjuntivos e o epitelial. Com o mesmo objetivo, também podem ser utilizadas as figuras 14.2, 15.1 e 15.8, além da questão 1 de *Atividades*.

Ainda abordando as diferenças entre tecido epitelial e tecido conjuntivo, o boxe *Biologia e cotidiano* (p. 217) demonstra como são formadas cicatrizes pelo tecido conjuntivo quando há lesões na pele. A questão 4 de *Atividades* permite avaliar a compreensão dos estudantes sobre o fato de que a pele não é um tecido, e sim um órgão. E a questão 12 dessa seção avalia se eles compreenderam a importância dos sais de cálcio na constituição dos ossos. Se quiser complementar essas questões, o professor pode perguntar, por exemplo: “Em que a presença de sais de cálcio no osso é importante para sua função?”, questão que procura mostrar a relação entre forma e função desses órgãos.

O professor deve estar atento para a concepção errônea, mas relativamente comum entre os estudantes, de que o tecido ósseo é tecido “morto”. Para avaliar se seus alunos pensam assim, pode usar as questões 13 e 14 de *Atividades*, ou perguntar, por exemplo, se um osso sangra ao ser quebrado.

Fraturas e problemas ósseos são abordados no boxe *Biologia e saúde* (p. 221), que chama a atenção também para a importância de uma alimentação equilibrada e da prática de atividades físicas.

Ao abordar o tecido conjuntivo adiposo, o boxe *Biologia e sociedade* (p. 218) esclarece que a obesidade é uma doença que traz diversas consequências a seus portadores, os quais devem ser respeitados como todas as pessoas.

Outro assunto que desperta interesse entre os alunos e que pode ser trabalhado a partir do estudo do tecido conjuntivo adiposo é a celulite. O texto a seguir explica um pouco esse processo.

Celulite

Esse é o nome popular para uma alteração do tecido adiposo que afeta principalmente a mulher e que aparece nas regiões em que há mais gordura acumulada, como abdome, quadril, coxas e nádegas; daí o seu nome oficial: lipodistrofia ginoide (do grego, *gyné* = mulher). O que ocorre é aumento do volume das células adiposas e compressão das veias e dos vasos linfáticos, que drenam o excesso de líquido proveniente do sangue. Com isso, a circulação fica prejudicada e forma-se um edema (inchaço) no local. As fibras que compõem o tecido conjuntivo da derme são repuxadas e aparecem irregularidades na pele, que fica com aspecto semelhante ao de uma casca de laranja. Além dos fatores hereditários, o sedentarismo, a obesidade e o consumo de álcool ou cigarro favorecem o aparecimento da celulite. Manter o peso sob controle, praticar atividades físicas, ter uma alimentação saudável, rica em legumes, verduras e frutas e beber bastante líquido podem ajudar a prevenir o problema. É interessante comentar que somente o médico pode tratar a celulite e que muitos produtos anunciados nos meios de comunicação não funcionam.

O Trabalho em equipe visa informar e sensibilizar os alunos sobre as lesões por esforços repetitivos. Porém, é importante que eles compreendam que essas lesões não estão necessariamente relacionadas ao trabalho do indivíduo, podendo surgir devido a má postura.

A Atividade prática pretende demonstrar a importância dos sais de cálcio para a rigidez e resistência dos ossos, bem como a presença de uma parte orgânica nesses órgãos, que são vivos.

CAPÍTULO 16: Sangue, linfa e sistema imunitário

As questões e o texto de abertura do capítulo incentivam a discussão sobre as diversas funções do sangue. Além disso, o texto chama a atenção para a importância da doação. Uma sugestão de abordagem inicial dos assuntos tratados nesse capítulo é perguntar “Em que condições o indivíduo precisa de transfusão e por quê?”. O primeiro item do Trabalho em equipe, no final do capítulo, contribui para que o estudante compreenda melhor as funções do sangue e procura conscientizá-lo da importância da doação de sangue. No Volume 2, será pedida uma pesquisa sobre a importância da doação de órgãos.

Outro assunto importante em relação ao sangue, é a anemia, doença comum que pode levar a discussão sobre as funções da hemácia. O boxe *Biologia e saúde* (p. 230) trabalha algumas informações sobre a doença. As questões 3, 6 e 7 de Atividades permitem avaliar o aprendizado do aluno sobre as funções e características da hemácia.

Sobre os glóbulos brancos, o mais importante é enfatizar os dois mecanismos básicos de defesa: a fagocitose e a produção de anticorpos. Quanto aos linfócitos e ao sistema imunitário em geral, o professor pode perguntar por que uma pessoa com Aids fica suscetível a diversos tipos de infecção. Pode perguntar também por que os transplantes de órgãos às vezes não têm resultado positivo, ou seja, perguntar o que significa dizer que o organismo “rejeitou” o órgão que recebeu. Esse assunto é abordado no boxe *Biologia e saúde* (p. 228). As questões 6 e 10 de Atividades permitem avaliar o aprendizado do aluno sobre as funções desses glóbulos.

Os alunos devem compreender a importância das campanhas de vacinação para a prevenção de doenças. Pode-se perguntar, por exemplo, como conseguimos

erradicar a varíola, uma virose, ou como a poliomielite foi erradicada na maioria dos países. O segundo item do Trabalho em equipe, no final do capítulo, sobre o calendário de vacinações, contribui para que o estudante compreenda esse ponto. A importância da vacinação será revista no Volume 2, quando forem estudadas as doenças causadas por vírus e bactérias. As questões 9 e 11 de Atividades permitem avaliar o aprendizado do aluno sobre as características das vacinas e soros e sua importância na prevenção e tratamento de doenças.

Como atividade adicional, o professor pode pedir aos alunos que pesquisem o trabalho desenvolvido pelo Instituto Butantan, em São Paulo, e pela Fundação Oswaldo Cruz, no Rio de Janeiro (essas instituições produzem milhões de doses de vacinas e milhares de ampolas de soro antiofídico e antibotulínico, entre outros). Informações sobre a produção de vacinas estão disponíveis nos sites das instituições (acessos em: 25 mar. 2016):

<www.butantan.gov.br/home/vacinas.php>

<<http://www.butantan.gov.br/producao/vacinas/Paginas/default.aspx>>.

Em relação às plaquetas, pode-se perguntar o que acontece normalmente quando há um pequeno corte na pele para introduzir a discussão a respeito da coagulação do sangue. Problemas nesse processo, como por exemplo a hemofilia, são tratados no boxe *Biologia e saúde* (p. 233).

Neste capítulo, há várias referências a doenças infecciosas. É natural, portanto, que os estudantes questionem o professor a respeito da febre, que, em geral, acompanha as infecções. O texto a seguir fornece alguns subsídios para o esclarecimento do tema.

Febre

A febre é o aumento da temperatura do corpo acima do normal – geralmente acima dos 37 °C. Na maioria das vezes, é causada por uma infecção provocada por bactérias ou vírus e funciona como uma defesa do corpo, uma vez que o aumento da temperatura pode reduzir a velocidade de multiplicação dos microrganismos.

Nesse sentido, a febre é um sinal de alarme, pois indica que o corpo está reagindo a alguma

situação anormal. Aconselha-se procurar auxílio médico, pois, se a temperatura do organismo subir muito (acima de 39 °C), pode ser perigoso. É necessário, então, tomar providências para baixar a temperatura, por exemplo, com a orientação de um médico, tomar um medicamento antitérmico. Uma pessoa com febre também deve seguir outras recomendações, como repousar, para permitir que o organismo utilize a energia disponível no combate à infecção, e ingerir líquidos, para evitar uma possível desidratação.

Na seção **Trabalho em equipe**, no terceiro item, é pedida uma pesquisa sobre as características dos tipos de queimaduras de pele, solicitando-se também um contato com profissionais que possam falar sobre primeiros socorros. É interessante lembrar os alunos de que, sempre que um profissional for convidado a falar sobre seu trabalho, eles devem aproveitar a oportunidade para fazer perguntas sobre o dia a dia da profissão, a fim de conhecer diferentes aspectos das carreiras apresentadas.

CAPÍTULO 17: Tecido muscular

As perguntas que abrem o capítulo servem para avaliar o conhecimento prévio do aluno sobre o conteúdo do capítulo. Mas, é claro, o professor sempre pode se valer de perguntas criadas por ele mesmo, tais como: “Como os ossos do braço e da perna se movimentam?”. Pode-se perguntar também que movimentos ocorrem no corpo sem que percebemos para discutir a ação do músculo não estriado e do músculo estriado cardíaco.

O boxe *Biologia e saúde* (p. 241) comenta a importância da atividade física para a saúde dos músculos. Mas, se achar interessante, o professor pode pedir uma pesquisa sobre os benefícios da atividade física para a saúde (desde que a prática seja acompanhada por médicos ou outros profissionais especializados). Outra opção é propor um trabalho interdisciplinar junto ao professor de Educação Física que discuta as diferenças entre exercícios aeróbicos e anaeróbicos. Como complementação, podem ser convidados médicos e profissionais da área de Educação Física para falar sobre os benefícios da atividade física e como ela deve ser praticada.

Um assunto muito interessante que pode ser abordado também com um professor de Educação Física são as fibras de contração rápida e lenta. Veja o texto a seguir.

Fibras de contração lenta e fibras de contração rápida

Nos músculos estriados esqueléticos, há dois tipos principais de fibras musculares, cada um com um tipo de miosina: as de contração rápida e as lentas (há ainda um terceiro tipo, de contração intermediária).

As fibras de contração lenta possuem maior irrigação sanguínea, mais mitocôndrias e maior reserva de glicogênio e gordura, o que lhes permite realizar respiração aeróbia por mais tempo, conferindo maior resistência para atividades físicas prolongadas. Outra razão para essa maior resistência é a presença de grande quantidade de uma proteína de cor vermelho-escura, a mioglobina (é a chamada “carne vermelha ou escura”), que possui maior afinidade com o oxigênio que a hemoglobina. Ela “rouba” oxigênio da hemácia e o armazena no músculo. Mais oxigênio significa respiração aeróbia por mais tempo e maior resistência.

As fibras de contração rápida dependem mais da fermentação para conseguir energia. Elas atingem a capacidade máxima de contração mais rapidamente e com mais força que as lentas, mas sua resistência à fadiga é menor, e a atividade é mantida por tempo mais curto. O músculo com predomínio dessas fibras tem aspecto mais claro (“carne branca”).

A quantidade relativa das duas fibras no músculo determina sua maior ou menor capacidade de contração: prolongada e lenta ou rápida e forte. Por exemplo, nos músculos abdominais e das costas, a proporção de fibras de contração lenta é maior que nos músculos dos braços.

O tipo de atividade física pode modificar, até certo ponto, a proporção dessas fibras. Um maratonista tem mais fibras de contração lenta nos músculos das pernas; um corredor de 100 metros rasos apresenta mais fibras de contração rápida. Outro fator que pode influir nessa proporção é a hereditariedade.

Os exercícios aeróbicos (corrida, caminhada rápida, natação, ciclismo, etc.) mantêm um suprimento adequado de oxigênio ao músculo de forma a prolongar por período maior a atividade. Eles aumentam o número de mitocôndrias em ambos os tipos de fibra.

Uma sugestão ainda é pedir aos alunos que desenvolvam em grupo uma campanha (com cartazes, frases de alerta etc.) para promover a prática de atividades físicas e de um lazer com atividades criativas, em vez de entretenimentos passivos. Sempre que houver a possibilidade, estimule os alunos a divulgar suas campanhas na internet.

Os perigos do uso de esteroides anabolizantes abordados no boxe *Biologia e saúde* (p. 244) relacionam também o tema deste capítulo com a saúde.

“Qual a causa das cãibras musculares?”: essa é uma dúvida relativamente comum entre os estudantes. O professor pode dizer que há muitas causas, entre elas está uma perda relativamente grande pelo organismo de líquidos e minerais, principalmente o sódio, que atuam no impulso nervoso, o que pode fazer com que o músculo passe a se contrair de forma descontrolada. É importante destacar, porém, que, se as cãibras forem frequentes, é aconselhável procurar um médico, uma vez que algumas doenças do sistema nervoso, problemas vasculares e até o diabetes favorecem a manifestação desse sintoma.

As questões 8 e 9 de **Atividades** exigem que o estudante saiba interpretar gráficos. Mais uma vez, cabe ao professor acompanhar de perto a resolução das atividades para avaliar como os alunos estão desenvolvendo essa habilidade. A questão 11 contribui para avaliar se o estudante é capaz de identificar alguns tecidos humanos em ilustrações e de associá-los corretamente às partes do corpo em que podem ser encontrados.

CAPÍTULO 18: Tecido nervoso

O boxe *História da ciência* (p. 250) discute a mudança na avaliação do número de neurônios do cérebro, servindo como exemplo de que o conhecimento científico está sujeito à revisão.

Para discutir as funções do tecido nervoso (e também do sistema nervoso), pode-se começar perguntando ao aluno o que nos torna capazes de lembrar um número de telefone, resolver um problema de Matemática, aprender um novo idioma, ficar alegre ou triste, entre outras atividades.

O professor pode solicitar a um aluno que se sente na mesa de modo que seus pés não toquem o chão e cruze as pernas e, então, dar uma pancadinha leve com a mão na perna de cima, na parte macia que fica logo abaixo da patela (ou rótula), o osso do joelho. A

seguir, ele pode apresentar o esquema do arco reflexo patelar e, a partir daí, explicar a estrutura dos neurônios, sua organização nos atos reflexos e o mecanismo de condução do impulso nervoso.

O professor deve chamar a atenção dos estudantes para o fato de que os músculos trabalham em conjunto com o sistema nervoso, demonstrando assim a interdependência entre os diversos sistemas do organismo. E avisá-los de que o cérebro e outros órgãos do sistema nervoso serão estudados no Volume 2 desta Coleção.

A **Atividade prática** tem por objetivo demonstrar o tempo de reação entre a percepção de um fato e a ação do corpo, o qual está relacionado à transmissão do impulso nervoso desde o cérebro até o músculo que deve se movimentar.

Ao estudar a transmissão do impulso nervoso, valemos-nos do conceito de diferença de potencial. O professor pode então fazer um trabalho em conjunto com os professores de Física para aprofundar esse conceito, facilitando com isso a compreensão da passagem do impulso nervoso.

Algumas doenças que afetam a transmissão dos impulsos nervosos são tratadas no boxe *Biologia e saúde* (p. 254). O professor pode também nesse momento, trabalhar outras doenças e distúrbios relacionados aos neurotransmissores e que vêm se tornando cada vez mais diagnosticadas na atualidade, como a depressão, o transtorno bipolar, *deficit* de atenção, esquizofrenia e doença de Parkinson. Para saber mais sobre a relação dos neurotransmissores e esses distúrbios, o professor pode consultar o site:

<www.neurofisiologia.unifesp.br/neuromoduladores_nocaogeral_simonebittencourt.pdf> (acesso em: 25 mar. 2016).

Outro aspecto interessante também é chamar um médico ou especialista da área para dar uma palestra sobre as doenças do sistema nervoso, os cuidados que ajudam a manter a saúde e os prejuízos que as drogas psicotrópicas trazem ao organismo. Sobretudo no caso desse último tópico, é muito importante a participação de profissionais especializados e acostumados a lidar com o problema. O boxe *Biologia e sociedade* (p. 256) e o texto “O perigo das drogas psicotrópicas”, a seguir, trazem alguns subsídios para que o professor se sinta um pouco mais à vontade ao discutir o tema. No Volume 2 esse tema será retomado.

O perigo das drogas psicotrópicas

Droga é qualquer substância que, administrada ao organismo, produz modificações em suas funções. As chamadas drogas psicotrópicas agem no sistema nervoso e modificam a maneira de sentir, pensar ou agir. Várias dessas substâncias se encaixam nos receptores dos neurônios de neurotransmissores e provocam efeito semelhante ao desses mensageiros.

As drogas podem causar sérios distúrbios físicos e psíquicos. Além disso, quem usa ou comercializa drogas ilegais está sujeito às penas da lei. Algumas podem provocar dependência e tolerância. Nesta, por causa do uso repetido, o efeito da droga sobre o organismo passa a ser cada vez menor, em consequência, para que a pessoa senta o efeito que sentia antes, são necessárias doses cada vez maiores. A tolerância às drogas é muito perigosa, porque doses muito altas podem provocar a interrupção da respiração ou da circulação, causando a morte do usuário.

Em alguns casos de dependência, a interrupção brusca no uso da droga provoca o estado ou síndrome de abstinência, caracterizado por reações físicas que variam de acordo com a droga. Podem ocorrer vômitos, tremores, suores, insônia, convulsões e outras reações, que podem levar à morte. Em outros casos, embora não haja síndrome de abstinência, há compulsão, isto é, um desejo muito forte de consumir a droga. O uso passa a ser habitual e a pessoa tem dificuldade de diminuir ou de parar o consumo.

Na maconha, a substância responsável pelos efeitos no cérebro é o delta-9-tetraidrocannabinol (THC), que se liga a receptores de mediadores que interferem na dor, no apetite, nas emoções, na memória, na coordenação muscular e na percepção. Dependendo da concentração de THC na planta, da quantidade consumida e da sensibilidade da pessoa, esta pode sentir-se mais relaxada, alegre, perceber o tempo e o espaço de forma distorcida ou ter alucinações e apresentar efeitos físicos, como olhos vermelhos, boca seca e batimento cardíaco acelerado. Podem ocorrer, também, efeitos desagradáveis: angústia, tremores, medo de “perder o controle”, etc. A maconha prejudica os reflexos e, por isso, é perigoso dirigir sob o seu efeito.

O uso frequente da maconha pode prejudicar a aprendizagem e a memória, dificultar a realização de tarefas que exigem maior concentração, afetar o sistema respiratório e aumentar a chance de desenvolver câncer de pulmão.

A cocaína e o *crack* (forma modificada da cocaína) bloqueiam a reabsorção de dopamina, o que aumenta o nível desse neurotransmissor e proporciona a sensação passageira de prazer, mas, depois, segue-se um período de depressão, angústia, irritabilidade e cansaço. Com o uso, os neurônios passam a produzir menos dopamina, o número de receptores para esse mensageiro também diminui, e, sem a droga, a pessoa pode ficar deprimida. Além disso, essas drogas também aumentam a pressão do sangue e os batimentos cardíacos, com risco de morte por parada cardíaca ou respiratória, e provocam lesões e perfurações no revestimento do nariz.

O álcool liga-se a receptores do ácido gama-aminobutírico e aumenta o efeito desse mediador, que inibe certos neurônios no cérebro, aliviando a tensão e a ansiedade e dando uma sensação de relaxamento, euforia e desinibição. O consumo habitual e excessivo pode provocar danos ao cérebro (provoca a morte de neurônios), ao fígado, ao pâncreas, ao coração (aumenta a pressão arterial), ao estômago, ao intestino, dentre outros órgãos. O consumo do álcool também provoca a diminuição da resistência do organismo e aumenta os riscos de alguns tipos de câncer, como de boca, de esôfago e de faringe. Pode haver tolerância, com a necessidade do aumento de doses. Além disso, algumas pessoas ficam dependentes do álcool (alcoolismo), passando a beber descontroladamente e prejudicando sua saúde, seu trabalho, seus estudos e sua vida social.

Crianças e adolescentes não podem beber. A bebida na juventude é um fator de risco de dano cerebral, podendo prejudicar a memória e a capacidade de aprendizagem.

O álcool diminui a capacidade de raciocínio complexo e a de tomada de decisões rápidas. Por isso, não se deve consumir bebida alcoólica antes de dirigir veículos ou de realizar qualquer trabalho que exija atenção e coordenação motora. A justiça pune quem

dirige com concentrações alcoólicas acima de 0,6 g/L de sangue.

No caso do fumo, pesquisas recentes indicam que a nicotina estimula a produção do neurotransmissor dopamina, associada às sensações de prazer. No entanto, além de diminuir a expectativa de vida, o fumo causa dependência, e sua falta pode provocar sintomas desagradáveis, como dor de cabeça, irritação e insônia. Por isso, pode ser difícil deixar de fumar. O fumo também aumenta a chance de aterosclerose, infarto e acidente vascular cerebral (derrame). O monóxido de carbono da fumaça do cigarro entra na corrente sanguínea e provoca a redução da taxa de oxigênio nos tecidos.

Na fumaça existe também o alcatrão, com várias substâncias cancerígenas, capazes de causar câncer de pulmão, boca, laringe, esôfago, bexiga e pâncreas, além de provocar bronquite crônica e destruição progressiva dos alvéolos pulmonares, que pode levar ao enfisema e aumentar a chance de infecções no sistema respiratório.

As drogas alucinógenas são substâncias com forma espacial semelhante à da serotonina e ligam-se aos receptores desse mediador. A mais conhecida é a dietilamida do ácido lisérgico (LSD). Esse tipo de droga provoca distorções visuais e auditivas (alucinações) e alterações das emoções e dos pensamentos, mas as sensações nem sempre são agradáveis. A pessoa pode entrar em pânico, ficar deprimida, confusa ou achar que está sendo perseguida. As alucinações também podem levar a ações perigosas, como a de se jogar de um prédio alto. Com o uso prolongado, ocorre tolerância e a memória, a atenção e o raciocínio ficam prejudicados.

Os opiáceos (heroína, morfina, codeína) são derivados do ópio e se ligam aos receptores das endorfinas, neurotransmissores que diminuem a sensibilidade à dor e proporcionam sensação de prazer. As endorfinas são secretadas em maior quantidade nos exercícios físicos, em situações de estresse, no parto ou durante uma luta, o que ajuda a suportar melhor a dor.

O problema dos opiáceos é que, com o uso, os neurônios do usuário passam a produzir cada vez menos endorfinas, de modo que quan-

tidades cada vez maiores da droga são necessárias para compensar a diminuição de endorfina. Isso leva o dependente a só se sentir bem quando toma a droga. Além disso, eles podem provocar a morte por parada respiratória, uma vez que se ligam também a neurônios do bulbo, órgão que controla a respiração. A heroína provoca forte dependência e tolerância, podendo levar ao uso de doses altas e à morte.

O professor que desejar se aprofundar no assunto pode consultar os seguintes materiais:

ACSELRAD, G. (Org.). *Quem tem medo de falar sobre drogas?*. São Paulo: FGV, 2015.

CARVALHO, M. C. *O cigarro*. São Paulo: Publifolha, 2001.

CAVALIERI, A. L.; EGYPTO, A. C. *Drogas e prevenção: a cena e a reflexão*. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

COTRIM, B. C. *Drogas: mitos e verdades*. São Paulo: Ática, 2004.

GIKOVATE, Flávio. *Drogas: a melhor experiência é não usá-las*. São Paulo: Moderna, 2009.

LAMBERT, M. S. *Drogas, mitos e realidades*. Rio de Janeiro: Medsi, 2000.

PINSKY, I.; PAZINATTO, C. *Álcool e drogas na adolescência*. São Paulo: Contexto, 2014.

REHFELDT, Klaus H. G. *Drogas*. São Paulo: Todolivro, 2006.

TIBA, I. *123 respostas sobre drogas*. São Paulo: Scipione, 2004.

Na internet (acesso em: 25 mar. 2016):

<www.cebrid.epm.br/index.php>

<www.cisa.org.br/index.php>

<www.fmb.unesp.br/#!departamentos/neurologia-psicologia-e-psiquiatria/projetos/viver-bem/projeto-viver-bem/o-que-e/>

<www.inca.gov.br/tabagismo/>

<www.unasus.gov.br/tags/alcool-e-drogas>

<www.unfpa.org.br/Arquivos/guia_alcool.pdf>.

Para rever conceitos básicos de histologia o professor pode se valer do “Baralho celular”, jogo didático disponível em: <http://genoma.ib.usp.br/sites/default/files/jogos/manual_professor.pdf> (acesso em: 25 mar. 2016).

CAPÍTULO 19: Teorias sobre a origem da vida

O texto de abertura da Unidade 5 pode ser trabalhado para que os alunos percebam que a procura por respostas para a origem da vida é bastante complexa e envolve conhecimentos de áreas diversas.

O professor pode então fazer perguntas mais específicas, como as que abrem o capítulo, ou ainda criar novas perguntas, como: “O que faz com que um pedaço de pão (ou outro alimento) fique mofado?”, preparando o aluno para discutir a história das ideias e experimentos sobre geração espontânea e abiogênese.

Os experimentos de Redi e Pasteur contra a teoria da geração espontânea permitem que o professor (re)trabalhe com os alunos a importância dos testes controlados em Biologia. É importante que o aluno perceba a necessidade de se compararem vidros abertos com os fechados com gaze no experimento de Redi: se ele tivesse usado apenas o vidro fechado, os defensores da geração espontânea poderiam argumentar que os restos de comida utilizados por ele não eram adequados para o surgimento da vida ou que a temperatura do local não era propícia e assim por diante. As questões 1 e 2 de **Atividades** permitem avaliar a aprendizagem desse tópico.

As concepções de geração espontânea e de biogênese podem ser trabalhadas também com auxílio do cultivo de drosófilas, dependendo dos recursos de laboratório, do interesse do professor e dos alunos e do tempo disponível para isso. Uma proposta de prática nesse sentido pode ser acessada na internet em: <<http://w3.ufsm.br/labdros/arquivos/Protocolos.pdf>> (acesso em: 25 mar. 2016).

Um artigo que investiga as concepções espontâneas de estudantes em relação a ciclo de vida, metamorfose e geração espontânea e o ensino desses conceitos em uma perspectiva construtivista pode ser lido em: DEMCZUK, O. M.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. Investigación das concepciones espontáneas referentes a ciclo de vida e suas implicaciones para o ensino nas series iniciales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. 6, n. 1, p. 117-28, 2007. Disponível em: <http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART7_Vol6_N1.pdf> (acesso em: 25 mar. 2016).

A teoria de Oparin e Haldane sofreu modificações ao longo do tempo. Além disso, existem outras teorias igualmente bem fundamentadas e que devem ser apresentadas ao aluno. É o caso da teoria das fontes ou fendas hidrotermais ou da teoria de que a vida na Ter-

ra surgiu a partir de compostos orgânicos trazidos por cometas, meteoritos ou asteroides.

A discussão dessas teorias é importante também para que o aluno perceba o caráter conjectural do conhecimento científico e que, em muitas situações, não é possível decidir qual a melhor teoria capaz de explicar um conjunto de fenômenos. Nesse caso, os cientistas têm de esperar por novas evidências que os ajudem a chegar a um consenso.

Para obter informações adicionais sobre teorias da origem da vida, o professor pode consultar as fontes a seguir:

BARTON, N. H. et al. *Evolution*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory, 2007. p. 87-109.

HUBER, C. et al. A possible primordial peptide cycle. *Science*. v. 301, p. 938-40, 2003.

ORGEL, L. E. Self-organizing biochemical cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Nov. 7, v. 97, n. 23, p. 12503-7, 2000. Disponível em:

<www.pnas.org/content/97/23/12503.full.pdf+HTML> (acesso em: 25 mar. 2016).

SHAPIRO, R. Uma origem mais simples da vida. *Scientific American Brasil*. v. 6, n. 62, p. 36-43, 2007.

Na internet (em português; acessos em: 25 mar. 2016):

<www.observatorio.ufmg.br/pas37.htm>

<www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_40/EraUmaVez.html>.

Na internet (em inglês; acessos em: 25 mar. 2016):

<<http://exploringorigins.org>>

<www.gla.ac.uk/projects/originoflife>

<www.talkorigins.org/faqs/abioprob/originoflife.html>.

Há também um objeto educacional em português muito interessante que apresenta as várias teorias sobre a origem da vida na Terra e da diversidade das espécies em linguagem acessível aos alunos, disponível em <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/browse?value=educacao+basica%3A%3Aensino+medio%3A%3Abiologia%3A%3Aorigem+e+evolucao+da+vida&type=subjectbycategory>> (acesso em: 25 mar. 2016).

É importante o professor ressaltar que serão discutidas apenas as teorias que a comunidade científica formulou para explicar a origem da vida. Os estudantes devem compreender que, em ciência, formulamos modelos e buscamos hipóteses que possam ser testadas por observação ou experimentos.

Mesmo um fenômeno que tenha ocorrido há muito tempo deixa “pistas”, por exemplo, um fóssil, e, graças a elas, podemos formular hipóteses para explicar. É importante deixar isso bem claro porque podem surgir perguntas do tipo: “Como se sabe, se ninguém estava lá para ver?”. O professor pode fazer aqui uma analogia com a seguinte situação: uma pessoa pode ser condenada por um crime, ainda que ninguém a tenha visto cometê-lo (e mesmo que ela nada tenha confessado). Isso é possível quando, ao cometer o tal crime, a pessoa deixa evidências e sinais, isto é, pistas que indicam aos investigadores ser ela a responsável pela ação criminosa. As questões 3 e 4 de **Atividades** podem ajudar o estudante a compreender melhor esse ponto.

Ao longo de toda essa discussão, é conveniente o professor (re)trabalhar os seguintes pontos, que dizem respeito ao conhecimento científico, tema tratado no Capítulo 2 deste Volume:

- há questões importantes que não podem ser resolvidas pela ciência, é o caso de questões éticas, filosóficas e religiosas;
- a ciência é apenas uma parte da cultura humana, em conjunto com as artes, a filosofia, a religião e o conhecimento cotidiano;
- tanto a ciência quanto a tecnologia são influenciadas pela cultura de uma época e por fatores sociais e econômicos;
- o cientista precisa ter compromissos sociais e éticos e respeitar os valores e os direitos humanos;
- a sociedade deve pressionar o governo e, sempre que possível, participar das decisões que podem afetar suas condições de vida;
- para resolver muitos dos problemas atuais não bastam pesquisas científicas: é necessário investir mais na educação, no saneamento básico e nos serviços de saúde.

O professor também deve chamar a atenção de seus alunos para o fato de que a teoria da evolução não trata exatamente da origem do primeiro ser vivo. Processos evolutivos, como a seleção natural, só podem começar a ocorrer depois que surgem sistemas de moléculas capazes de se replicar. Essa observação é importante para contestar a ideia equivocada de que a teoria da evolução pode explicar a origem da vida, quando essa não é a proposta da teoria.

O boxe *Processos evolutivos* (p. 270) trata da Sistematica, área da Biologia responsável pela classificação dos seres vivos e que representa a evolução como sen-

do uma árvore, a qual permite concluir que não há espécies mais ou menos evoluídas que as demais.

Vale destacar também outro assunto que desperta interesse dos alunos: as possibilidades de vida extraterrestre. Nos textos a seguir há informações sobre as possíveis evidências utilizadas para detectar vida em outros planetas.

Ainda que não haja conclusões suficientes sobre o assunto, o professor poderá abordar o uso da tecnologia como as sondas e robôs espaciais que são projetados para investigar as características de satélites e planetas. Se achar necessário, o professor pode obter mais informações sobre os robôs e sondas no site: <www.sel.eesc.usp.br/lasi/Espacial/Espacial> (acesso em: 25 mar. 2016).

O meteorito de Marte

Em 1984, foi encontrado em Allan Hills, na Antártida, um meteorito originado de Marte, com cerca de 2 quilogramas. Foi batizado de ALH84001.

Em 1996, a Nasa (agência espacial dos Estados Unidos) afirmou que ele continha compostos orgânicos que surgem durante a formação de fósseis de organismos vivos. Havia também estruturas que se assemelham à forma de certas bactérias, que podem ser interpretadas como fósseis de organismos primitivos unicelulares.

No entanto, essas estruturas são de cem a mil vezes menores que as menores bactérias. Por fim, havia também cristais de substâncias com propriedades magnéticas que poderiam ter sido formados por organismos vivos (algumas bactérias produzem esses cristais). Então, o meteorito seria uma evidência de que já houve vida em Marte.

Contudo, outros cientistas publicaram artigos mostrando que os compostos orgânicos e os cristais podem ser produzidos por processos não biológicos, conseguindo ainda reproduzir em laboratório essas condições. Isso também vale para as estruturas que lembram bactérias: essas formas podem surgir por processos inorgânicos.

Portanto, até o momento, mais evidências são necessárias para confirmar a hipótese de que o meteorito de Marte apresenta sinais de vida.

Há vida em outros planetas?

Em nosso Sistema Solar, mais de setenta corpos celestes (planetas, satélites, cometas e asteroides) foram explorados a distâncias variáveis com uma série de instrumentos (câmeras, espectrômetros, detectores de partículas e radiações, etc.), e ainda não se conseguiu encontrar nenhum sinal de vida (o caso do meteorito de Marte ainda está sendo discutido).

No entanto, o Sol é apenas uma entre 100 bilhões de estrelas da nossa galáxia. E talvez existam cerca de 100 bilhões de galáxias no Universo. Pode ser que em algumas dessas estrelas haja algum planeta com vida, talvez até com vida inteligente, com seres capazes de construir uma espaçonave que chegue à Terra. Mas como poderíamos descobrir esses planetas no meio de tantos sistemas solares?

Uma tentativa é procurar ondas de rádio, que poderiam estar sendo emitidas por vida inteligente. O projeto Seti (sigla em inglês para *Search for Extraterrestrial Intelligence*, ou seja, Busca por Vida Extraterrestre Inteligente) foi criado nos anos 1970 para encontrar ondas eletromagnéticas que se propagam pelo Universo e que poderiam ter sido emitidas de planetas com vida.

Relatos de observações de discos voadores e de extraterrestres visitando a Terra não são considerados provas conclusivas pelos astrônomos – balões meteorológicos, certos tipos de nuvens, como as nuvens lenticulares e o brilhante planeta Vênus, muitas vezes são confundidos com discos voadores.

Além disso, os astrônomos argumentam que seus telescópios ainda não captaram essas naves.

Uma evidência importante seria a apresentação de algum material que não pudesse ter sido produzido na Terra ou que tivesse vindo de fora do Sistema Solar, o que pode ser constatado pela análise do percentual de certos isótopos presentes no material (o percentual teria de ser diferente do encontrado na Terra).

Foram feitas algumas análises químicas de objetos apresentados por pessoas que disseram ter tido contato com extraterrestres, mas essas análises revelaram apenas que tais objetos eram de origem terrestre.

CAPÍTULO 20: História da vida

O texto de abertura do capítulo chama a atenção do aluno para a história da humanidade e a história da vida na Terra. Após a leitura, é fundamental que o professor esclareça a diferença entre o tempo histórico e o tempo geológico, enfatizando que o segundo leva em conta um período de tempo muito maior.

É importante que o estudante perceba a extensão do tempo geológico para que ele comece a entender os mecanismos evolutivos, como a seleção natural. O quadro da página 276 pode ser explorado para mostrar para a turma que as eras geológicas e as outras divisões levam em conta milhões de anos, o que não acontece no tempo histórico. Convém ao professor destacar no quadro a época atual (Holoceno).

Ao abordar o item 2, “Classificação dos seres vivos”, o professor pode perguntar que animal é mais parecido com um cão pastor: uma onça ou um lobo? Depois pode perguntar por que o cão é mais semelhante ao lobo do que à onça. A partir daí, pode explicar que, tradicionalmente, o ser humano classifica os seres vivos de acordo com seus interesses práticos. Por exemplo: se são comestíveis ou não comestíveis; se trazem benefícios ou prejuízos à humanidade; se são domésticos ou selvagens; etc. No entanto, em Biologia, os seres vivos são agrupados de acordo com seu parentesco evolutivo e, para isso, é preciso observar certas semelhanças em seus corpos e em seu funcionamento, no desenvolvimento do organismo, no modo de reprodução e até na semelhança entre seus genes.

A ideia é que o aluno perceba que a classificação biológica ajuda a entender a história evolutiva das espécies. Para isso, os cientistas procuram identificar grupos de organismos que tenham se originado de um antepassado comum exclusivo, isto é, organismos que sejam parentados. Análises moleculares, por exemplo, indicam que os cães devem ter surgido há cerca de 10 mil anos por domesticação de antepassados dos lobos atuais. Deve ficar claro também que o livro apresenta a biodiversidade levando em conta o conceito de evolução.

Não é correto, portanto, dizer que o ser humano descende dos macacos atuais. Nesse sentido, a atividade 1 pode ser usada para verificar se os alunos entenderam que a espécie humana descende do mesmo ancestral que deu origem ao chimpanzé comum e ao bonobo e não que os seres humanos descendem desses animais.

Pode-se lembrar também que uma espécie não é mais adaptada que outra. Cada espécie está adaptada a um ambiente, a um modo de vida diferente.

A evolução da espécie humana é abordada no boxe *Processos evolutivos* (p. 283). Esse tópico será retomado com mais detalhes no Volume 3 desta Coleção.

O texto indica que a definição de espécie utilizada (conceito biológico de espécie) tem limitações. No entanto, é uma definição importante para compreender o conceito de especiação. O professor pode encontrar outras definições e uma discussão sobre o conceito de espécie nos sites a seguir (acessos em: 26 mar. 2016):
<www.zoo1.ufba.br/especie.htm>
<www.ib.usp.br/~delitti/projeto/projeto1/conceito_de_especie.htm>
<www.icb.ufmg.br/labs/lbem/aulas/grad/evol/species>.

Um conceito importante é o de que a evolução dos seres vivos pode ser representada como uma “árvore”. Na extremidade de cada ramo estão as espécies atuais; na origem ou base de cada ramo estão as espécies ancestrais, que originaram as atuais, mas não existem mais.

O objetivo da Sistemática filogenética ou cladística é formar grupos monofiléticos (grupos de seres que evoluíram a partir de uma única espécie, a qual não originou outras espécies em outros grupos). Mas a apresentação detalhada dos critérios e das técnicas dessa Sistemática costuma ser de compreensão muito difícil para os alunos do Ensino Médio. Dessa forma, optamos por evitar certos termos técnicos usados em Sistemática filogenética (homoplasia, plesiomorfia, apomorfia, sinapomorfia, etc.). Em vez disso, os alunos devem ser estimulados a compreender que as árvores filogenéticas ou cladogramas indicam o grau de parentesco evolutivo entre os grupos, correspondendo a hipóteses filogenéticas, que podem ser reformuladas.

O **Trabalho em equipe** pretende relacionar um fato atual aos processos evolutivos, discutindo a possível extinção em massa decorrente das mudanças climáticas. O formato de debate é importante porque ajuda a desenvolver a capacidade de argumentação.

10 Respostas das atividades

Unidade 1

CAPÍTULO 1

1. célula → tecido → órgão → sistema → organismo → população → comunidade → ecossistema → biosfera

2. **Fotossíntese:** Matéria-prima: gás carbônico e água; Produtos: glicose e gás oxigênio. **Respiração:** Matéria-prima: glicose e oxigênio; Produtos: gás carbônico e água.

As plantas são organismos fotossintetizantes, porém também realizam respiração. Os animais são exemplos de organismos que respiram, mas não realizam fotossíntese.

3. A respiração celular é um exemplo de catabolismo porque a glicose é decomposta em produtos menores (gás carbônico e água). A fotossíntese é um exemplo de anabolismo, uma vez que moléculas menores (gás carbônico e água) são usadas para sintetizar uma molécula maior (glicose).

4. Porque na reprodução assexuada os indivíduos gerados são idênticos. Já a reprodução sexuada envolve a união de gametas, o que torna o novo indivíduo sempre diferente dos pais. Além disso,

esses gametas são formados com um embaralhamento de cromossomos e genes, de forma que são sempre diferentes uns dos outros.

5. Porque o atleta extrai energia dos alimentos, como exemplo a glicose, que foi sintetizada – na origem da cadeia alimentar da qual o atleta é apenas um dos elos – por um organismo fotossintetizante, com a energia da luz do sol.
6. Ele quis dizer que, enquanto as plantas têm nutrição autotrófica, os animais têm nutrição heterotrófica. Isto é, as plantas produzem os açúcares – como a glicose – que utilizam, usando moléculas inorgânicas que retiram do ambiente e a energia da luz solar, no processo chamado fotossíntese, enquanto os animais obtêm os açúcares de moléculas orgânicas presentes em outros seres vivos (plantas, outros animais e fungos).
7. Como são seres vivos, tanto as plantas como os animais são capazes de reagir a estímulos; por exemplo, as plantas movimentam-se em direção à claridade, pois a luz estimula o crescimento diferenciado do caule.
8. a) A reprodução assexuada.
b) Sim, porque recebem cópias iguais do DNA do indivíduo original.

- c) Na reprodução sexuada, encontrada na maioria dos animais, ocorre a produção de gametas, fecundação e formação de uma célula-ovo. Há também maior variedade de indivíduos. Além disso, os indivíduos gerados são diferentes entre si e dos indivíduos originais, porque os genes dos pais aparecem recombinados de diferentes formas nos filhotes.
9. O número se mantém constante porque novas hemácias são constantemente produzidas, respondendo as perdas.
10. Essa cor fornece camuflagem para a lagarta, protegendo-a dos predadores.
11. Os filhos são parecidos com os pais porque se originam de uma célula-ovo formada pela fecundação do gameta feminino, que contém o DNA (presente nos cromossomos) da mãe, pelo gameta masculino, que contém DNA do pai. Uma vez que o DNA possui as informações genéticas que, em conjunto com o ambiente, influenciam as características de uma pessoa, os filhos terão características semelhantes às de seus pais.
12. Em uma população de insetos, podem surgir, por mutação, indivíduos resistentes ao componente tóxico de um inseticida X. Se essa população for submetida ao inseticida X por um período de tempo prolongado, os indivíduos sensíveis à toxina morrem e os mutantes resistentes sobrevivem. Gradativamente, geração após geração, a quantidade de insetos sensíveis diminui (que morrem e não se reproduzem) e a de insetos resistentes aumenta (que não morrem e geram descendentes semelhantes a eles). Esse processo é chamado de seleção natural.
13. Não, porque essa característica, como muitas outras características comportamentais, depende também do ambiente, incluindo a cultura, o ambiente familiar, social, etc.
14. Homeostase. Esse processo é importante para a sobrevivência dos organismos porque se o ambiente interno mudar muito, ficando, por exemplo, excessivamente quente ou muito frio ou, então, demasiadamente ácido, as reações químicas podem parar e o ser vivo corre o risco de morrer.
15. a) Sim, porque as plantas produzem seu próprio alimento.
- b) Não, porque os animais dependem, direta ou indiretamente, para a sua nutrição, da matéria orgânica produzida pelas plantas.
16. a) Os açúcares originam-se da fotossíntese realizada pelos vegetais.
b) Porque não haveria matéria orgânica disponível para alimentar os seres vivos.
17. d
18. c
19. a
20. b
21. e

Trabalho em equipe

O objetivo desta atividade é demonstrar que um conhecimento básico de Biologia é importante para que o aluno possa compreender, ter opiniões e tomar decisões bem fundamentadas sobre temas atuais, como a transmissão do vírus da Aids, transgênicos, clonagem, etc. Desta forma, a atividade contribui para que eles possam participar e decidir de modo bem informado sobre fatos que afetam o equilíbrio do ambiente, sua própria saúde e o bem-estar da coletividade. Para que eles possam compreender, enfim, que o conhecimento de Biologia não visa apenas prepará-lo para o ingresso em instituições de Ensino Superior, mas para que ele possa exercer plenamente sua cidadania.

CAPÍTULO 2

1. Colocaria dois grupos de plantas da mesma espécie em vasos com a mesma quantidade de terra e água (ou em soluções nutritivas). Um dos grupos ficaria o tempo todo no escuro e o outro receberia luz do dia.
2. Teorias científicas são conjuntos de leis, conceitos ou modelos capazes de explicar muitos fatos e que passaram por vários testes. Na linguagem cotidiana, “teoria” pode significar apenas uma hipótese ou um palpite ou, ainda, qualquer noção abrangente; generalidade; construção imaginária.
3. A imaginação é importante porque tanto a formulação de perguntas originais quanto a formulação de hipóteses dependem de ideias baseadas nos conhecimentos anteriores, porém pensadas de forma inédita.
4. a) “Ele vê o mostrador e os ponteiros em movimento, até ouve o seu tique-taque”.

- b) "poderá formar alguma imagem de um mecanismo que seria responsável por todas as coisas que observa".
- c) "jamais poderá estar totalmente certo de que essa imagem é a única capaz de explicar suas observações".
5. a) Atacariam a presa nos aquários I e III, mas não no II, onde não há luz.
- b) Elas atacariam nos aquários I e II, mas não no III, já que o recipiente impede que as partículas que estimulam o olfato cheguem às piranhas.
- c) As piranhas orientam-se pelo olfato.
6. Corroboraram, porque o maior crescimento na situação B deve ter ocorrido devido à liberação do nitrato para as plantas pelas bactérias, levando as plantas a fornecerem nutrientes para as bactérias, que puderam aumentar sua taxa de crescimento.

7. b

Trabalho em equipe

a) Entre os benefícios de aplicações científicas, os estudantes poderão citar as vacinas e os antibióticos, que, respectivamente, previnem e combatem as doenças, as modernas técnicas agrícolas, que aumentam a produtividade de alimentos, a eletricidade, que traz uma série de confortos, etc. Entre os problemas, podem citar a poluição ambiental e a construção de armas nucleares. Para evitar tais problemas, é preciso que os governos fiscalizem e regulem as aplicações do conhecimento científico e que as pessoas pressionem os governos nesse sentido e procurem participarativamente das decisões que poderão afetar a vida em sociedade.

b) Os alunos deverão explicar que a Bioética discute as implicações morais (o que é certo, o que é errado) das pesquisas biológicas e de suas aplicações em Medicina, Biotecnologia e outras áreas e procura estabelecer normas de procedimento, que devem ser seguidas por todos. Com esse tipo de discussão, ressalta-se a importância de o cientista – se quiser colaborar com o bem-estar da comunidade – ter compromissos sociais e éticos e respeitar valores e direitos humanos (como qualquer pes-

soa, aliás); dessa forma, a Bioética contribui para a diminuição dos problemas do mau uso da ciência.

c) Sugestões de respostas possíveis:

1. A imaginação e a criatividade ("pensar o que ninguém pensou") são importantes para a ciência. Sem criatividade e imaginação, muitas hipóteses não teriam surgido.

Albert von Szent-Györgyi foi um cientista húngaro que estudou o papel da vitamina C, além de realizar estudos sobre a fisiologia da contração muscular. Recebeu o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1937.

2. Em ciência, uma ideia "genial" só aparece depois de se estudar muito um problema e as teorias envolvidas nele. Além disso, em geral, é preciso muito trabalho ("transpiração") para se conseguir provar que determinada ideia é válida ou inválida.

Thomas Alva Edison, inventor e empresário estadunidense, inventou a primeira lâmpada elétrica incandescente e o gramofone, entre muitos outros inventos.

3. A ciência é dinâmica e, portanto, não há verdade absoluta. Sendo assim, uma hipótese ou teoria que é considerada válida hoje pode, com base em novas descobertas, demonstrar-se falsa, dando lugar a outra.

Charles Robert Darwin foi um naturalista inglês que, com base em suas observações da natureza, especialmente as realizadas durante uma viagem de cinco anos ao redor do mundo, propôs a teoria da evolução por seleção natural.

Atividade prática

Os cientistas procuram resolver um problema – alguma situação para a qual ainda não haja explicação – formulando hipóteses e testando-as por meio de observações ou experimentos. No caso das caixas, o problema é descobrir que objetos estão dentro delas. Apesar de não saber quais são esses objetos, o aluno pode tentar descobrir pela formulação de uma hipótese e pela observação de alguns sinais. Por exemplo, sacudindo as caixas para tentar identificar o som produzido pelos objetos.

Unidade 2

CAPÍTULO 3

1. a) Água.
 - b) Porque a pessoa ingerirá a água que perdeu e recuperará o peso.
 - c) Porque a pessoa pode suar muito, perdendo muito líquido e correr o risco de desidratação, entre outros problemas.
2. Nas regiões à beira-mar, a água ajuda a estabilizar a temperatura, por causa do seu alto calor específico.
3. O rato-canguru consegue a água de que precisa por meio da ingestão de alimentos. Ele também possui adaptações que diminuem a perda de água do corpo.
4. Porque a água é fundamental para a existência da vida como a conhecemos.
5. a) Água.
 - b) Nos animais, são as proteínas. Nas plantas, são os glicídios.
6. A areia e a parte exposta das rochas atingem muito mais rapidamente temperaturas capazes de queimar a pele humana do que a água que, em virtude de seu alto calor específico, demora muito a se aquecer.
7. Dentro das sementes a quantidade de água é muito pequena e, com isso, as reações do metabolismo estão reduzidas a um mínimo necessário à manutenção da vida. Para que a germinação possa ocorrer, é preciso que as sementes entrem em contato com a água; o que favorece as reações metabólicas, permitindo o desenvolvimento do embrião.
8. a) Fe^{2+} . A forma Fe^{2+} é encontrada nas carnes e vísceras. O gráfico mostra que esse alimento contém a forma iônica do ferro mais bem absorvida pelo intestino humano.
b) Sim. A laranja é rica em vitamina C. Essa vitamina auxilia a conversão do Fe^{3+} em Fe^{2+} , melhorando a absorção do íon pelo intestino humano.
9. c
10. d
11. b
12. $01 + 02 + 04 = 07$
13. c

Trabalho em equipe

a) Nos postos de saúde ou em entrevistas com médicos, os alunos poderão recolher informações como estas:

A diarreia pode ser causada por infecções, medicamentos ou produtos que irritam o intestino delgado e se caracteriza pela intensificação das contrações peristálticas, o que faz com que o alimento permaneça pouco tempo no intestino e as fezes fiquem praticamente líquidas.

Embora as diarreias leves quase sempre passem sem a necessidade de um tratamento específico, quem está com diarreia deve beber muito líquido para evitar a desidratação, que, em casos extremos, pode causar a morte, sendo o risco maior em crianças e idosos.

Nos casos menos graves, o tratamento pode ser feito com os sais de reidratação oral, fornecidos pelos postos de saúde. Os sais devem ser misturados em água filtrada ou fervida, na quantidade indicada na embalagem.

A pessoa deve ser levada com urgência ao médico ou ao posto de saúde se houver sinais de desidratação ou em qualquer uma das seguintes condições: se a diarreia é forte ou demorar a parar (durar mais de 24 horas); se houver febre, vômitos, tez pálida, sangue nas fezes, respiração irregular ou sinais de desidratação, isto é, olhos fundos e ressecados, boca seca, sede, perda de elasticidade na pele, prostração, ausência de urina por mais de seis horas, sonolência ou, em recém-nascidos, fontanela (moleira) afundada ou choro sem lágrimas.

Os dados estatísticos obtidos vão depender do ano em que a pesquisa for feita.

Além da vacinação contra o rotavírus, é preciso que o governo forneça água potável a todos os municípios do país e ofereça serviços de tratamento de esgoto, ou seja, é preciso melhorar as condições de saneamento básico das populações mais pobres.

Algumas medidas de higiene individual contra a diarreia infecciosa são:

- conservar os alimentos na geladeira;
- cobrir os alimentos que ficam fora da geladeira para evitar que as moscas pousem sobre eles e depositem microrganismos;

- lavar bem as mãos antes de comer qualquer coisa, de fazer as refeições ou de mexer em alimentos;
- lavar com cuidado verduras e frutas;
- cozinhar bem as carnes;
- beber sempre água filtrada ou, quando a água vier de poço, fervê-la e tratá-la com produtos à base de cloro;
- amamentar os bebês (a amamentação com leite materno ajuda a evitar a diarreia).

b) Algumas medidas que devemos tomar para evitar o desperdício de água:

- consertar imediatamente os vazamentos de torneiras, descargas e canos;
- não deixar a torneira aberta sem necessidade ao escovar os dentes, lavar louça, etc. (ensa- boar primeiro todas as louças para, depois, enxaguar tudo de uma só vez);
- ficar no banho somente o tempo necessário (no máximo 10 minutos). Depois de se molhar, fechar o chuveiro, ensaboar-se e, só então, abri-lo para se enxaguar;
- manter a válvula da descarga regulada para não lançar muita água. O ideal é que o vaso sanitário tenha uma caixa acoplada;
- na lavagem de carros, utilizar água em balde em vez de mangueira, que também deve ser evitada na limpeza de calçadas;
- no verão, jardins e plantas devem ser regados pela manhã ou à noite, o que reduz a perda de água por evaporação e descarta a necessidade de nova rega.

c) Os átomos de hidrogênio e oxigênio das moléculas de água são unidos por ligações do tipo pontes de hidrogênio, que fazem da água uma molécula polar. Devido a isso, apenas algumas moléculas, chamadas hidrofílicas, são solúveis em água, o que é muito importante para o transporte de substância para dentro e fora das células. Além disso, a água participa de diversas reações químicas e, devido a seu alto calor específico, tem papel essencial na regulação da temperatura corpórea dos seres vivos.

CAPÍTULO 4

1. O estudante quis dizer que a principal função dos glicídios (açúcares) é fornecer energia para o corpo.

2. Alimentos ricos em amido (arroz, batata, massas, certas frutas, etc.) e com muito açúcar comum (doces, balas, etc.). Não basta restringir o consumo desses alimentos porque alimentos ricos em lipídios, por exemplo, também são bastante calóricos e, se a pessoa continuar a ingeri-los em grandes quantidades, poderá ingerir mais calorias do que gasta e, com isso, engordar.

3. Reserva de energia.

4. O estudante não está certo, porque os lipídios desempenham várias funções importantes no organismo, por exemplo, atuam como isolante térmico e reserva energética, constituem as membranas das células, entram na composição de alguns hormônios, etc.

5. a) Da banana e do açúcar, são os glicídios; da manteiga e da margarina, são os lipídios.

b) Por causa da presença de grande quantidade de lipídios, que são mais calóricos que os glicídios.

c) Porque possui mais gorduras.

d) Porque a batata frita é preparada imersa em óleo.

6. a) Polissacarídeo de reserva animal: glicogênio. Polissacarídeo de reserva vegetal: amido.

b) Glicogênio é armazenado nos músculos esqueléticos e no fígado. Amido pode ser armazenado na raiz (mandioca), no caule (batata-inglesa), nas sementes (milho).

7. e

8. d

$$9. 01 + 02 + 08 + 16 = 27$$

10. c

11. a

12. e

13. e

Atividades práticas

1. a) Amido.

b) Vários alimentos de origem vegetal (batata, banana, pão, arroz, etc.).

c) Os alimentos de origem animal.

2. Espera-se que os alunos observem que a maionese, a manteiga e a gema deixam o papel translúcido.

Trabalho em equipe

1. *Respostas pessoais.*

2. a) Para ser um alimento dietético (*diet*), um produto precisa apresentar ausência total de algum nutriente, como os alimentos para diabéticos, que não possuem açúcares. Um produto é *light* ou *lite* (*light* = leve, com baixo teor de algo, em inglês) quando tem 25% menos calorias ou 25% menos de algum nutriente específico em relação ao produto similar não *light*, como gordura, açúcar ou sal.

Observe que o produto *diet* nem sempre é pobre em calorias: um chocolate *diet* que seja restrito em açúcares pode ser muito rico em gordura, possuindo, portanto, uma quantidade de calorias igual ou até superior à do produto não *diet*, já que a maior parte das calorias do chocolate vem da sua gordura. Mas um iogurte *light* sem gordura e açúcar em sua composição também pode ser considerado dietético ou *diet*.

Em alguns casos, como no dos diabéticos, os adoçantes são usados para substituir o açúcar comum. É importante saber, porém, que o uso de adoçantes não substitui a necessidade de uma alimentação equilibrada e controlada no tratamento da obesidade: adoçantes isoladamente não fazem emagrecer.

b) Muitas pessoas têm algum grau de intolerância à lactose por causa de deficiência na produção da enzima lactase, responsável pela digestão da lactose (o problema pode ter causa genética). O acúmulo de lactose no intestino pode provocar dor abdominal, náusea, diarreia e gases após a ingestão de leite. Orientadas pelo médico, dependendo do grau de intolerância, essas pessoas devem parar de tomar leite, consumir latécios com baixo teor de lactose, ou até usar aditivos à base de lactase que podem ser ingeridos ou misturados ao leite.

CAPÍTULO 5

- O estudante não está certo. Basta ingerir os aminoácidos essenciais, uma vez que, com eles, nosso corpo produz os outros aminoácidos, os não essenciais.
- Porque os aminoácidos podem estar combinados de modo diferente em cada proteína. Mudando a sequência ou o número de aminoácidos, a proteína muda.

3. A digestão é mais rápida porque as enzimas digestivas presentes no intestino aceleraram esse processo.

4. Por causa da desnaturação.

5. Não, porque a sequência de aminoácidos pode ser diferente.

6. Esse estudante está enganado; as vitaminas são fundamentais na alimentação, pois regulam diversas funções do organismo, e a falta delas prejudica o seu funcionamento normal, causando doenças.

7. a) Escorbuto.

b) Ácido ascórbico (vitamina C). É encontrada em várias frutas e verduras, como laranja, limão, caju, manga, acerola, brócolis, tomate, pimentão, etc.

8. Suplementos de vitaminas podem aumentar a concentração de vitaminas no corpo, causando, por exemplo, sobrecarga dos rins, entre outras doenças.

9. No chocolate não estão presentes todos os compostos necessários à manutenção da saúde como as fibras. Além disso, a quantidade de calorias desse alimento é muito alta e seu consumo em excesso pode levar à obesidade, entre outros problemas.

10. O precursor da vitamina D (antirraquítica) é ativado pela luz solar. Essa vitamina é essencial para a absorção intestinal do cálcio e sua fixação nos ossos e nos dentes. A avitaminose D causa alterações no crescimento (raquitismo), na densidade óssea (osteoporose), entre outros transtornos.

11. c

12. $01 + 02 + 04 + 08 + 16 + 64 = 95$

13. e

14. c

15. a

16. V – F – F – V

Trabalho em equipe

- Espera-se que o aluno consiga dados quantitativos atualizados sobre a desnutrição no mundo. Com esses dados ele poderá compreender que a desnutrição, assim como as condições precárias de moradia e de saneamento básico, contribui para aumentar a taxa de mortalidade infantil por diarreia, além de levar a um *deficit* de estatura e peso. Além disso, há estudos que mostram uma relação entre

a desnutrição na infância e o aparecimento de doenças degenerativas mais tarde, como as cardiopatias. Outro fator que o aluno poderá encontrar em suas pesquisas como causa da desnutrição é a alimentação desequilibrada entre crianças e adolescentes que consomem excesso de comidas do tipo *fast-food* e guloseimas, o que acarreta a deficiência de alguns nutrientes, como as vitaminas. Por fim, ele poderá apontar ainda o desmame precoce, provocado pela necessidade de voltar logo ao trabalho e pelo desconhecimento de como se deve retirar e guardar o leite materno para uso posterior. Entre as soluções, deverá ser indicada a necessidade de programas para distribuição de alimentos e para disponibilizar serviços de saúde para a população mais carente, além de uma política que aumente o nível de empregos e melhore a escolaridade e as condições de moradia e saneamento.

- 2.** Em relação à obesidade, o aluno deverá compreender que, se uma pessoa come mais do que precisa, o excesso é armazenado na forma de gordura, o que pode provocar obesidade. Esta aumenta os riscos de problemas cardiovasculares e no sistema esquelético (coluna, articulações, etc.), entre outros problemas. Entre as causas da obesidade estão os hábitos alimentares inadequados, como a ingestão de alimentos ricos em açúcar e gordura, e o sedentarismo, que podem interagir com uma suscetibilidade genética para a obesidade. Alimentos tradicionais da nossa cultura, como arroz, feijão, carne, saladas, legumes e frutas, têm sido substituídos pelas chamadas refeições rápidas (*fast-food*) de alto valor calórico e nem sempre de bom valor nutricional. Deverá compreender também que o tratamento da obesidade é de longo prazo e deve ser feito sempre com orientação médica, que não se deve seguir dietas anunciadas nos meios de comunicação nem tomar medicamentos por conta própria. A obesidade pode ser tratada com uma mudança definitiva nos hábitos alimentares, isto é, com reeducação alimentar. A obesidade cresce rapidamente no mundo inteiro: 1 em cada 10 crianças é obesa. Mesmo em países onde há desnutrição, a obesidade infantil já é um problema de saúde pública. No Brasil, cerca de 40% da população está acima do peso adequado. Uma das maneiras para verificar se um adulto está obeso consiste em dividir o peso da pessoa (em quilogramas)

pela altura (em metros) elevada ao quadrado. O resultado, chamado índice de massa corpórea (IMC), deve ficar entre 20 e 24,9. Entre 25 e 29,9, a pessoa pode estar com excesso de peso, embora sejam necessárias outras avaliações, como a medida da cintura. A obesidade leve corresponde a um índice entre 30 e 34,9, e a moderada, ao índice de 35 a 39,9. Índices superiores a 39,9 indicam obesidade mórbida, com risco grave para a saúde. Mas esses valores são relativos: um atleta pode apresentar valores mais altos sem ser obeso, visto que músculos pesam mais do que a gordura. E uma pessoa sedentária pode estar na faixa normal, mas ter mais gordura do que deve.

- 3. Respostas pessoais.** Esta atividade tem como principal objetivo fornecer ao estudante uma oportunidade de contato com a realidade de algumas das profissões que exigem conhecimento básico em Biologia, e, assim, contribuir com a futura escolha de uma profissão.

Atividade prática

No copo com o fígado cru, há desprendimento de bolhas, provocado pela liberação do gás oxigênio da água oxigenada. No copo com fígado cozido, não há esse desprendimento, pois a catalase foi inativada (desnaturada) pelo calor.

Unidade 3

CAPÍTULO 6

1. Apesar de hipóteses terem sido formuladas acerca da composição dos seres vivos, a célula só foi “descoberta” quando foi inventado o microscópio.
2. 10 mil vezes ($2\text{ cm} = 20\,000\text{ }\mu\text{m}$; e $20\,000/2 = 10\,000$).
3. Ao inventar o primeiro microscópio, Leeuwenhoek descobriu a existência de uma infinidade de microrganismos invisíveis a olho nu. Esse seria o “novo mundo”.
4. A bactéria pode ser identificada pela ausência de membrana nuclear, presente nos outros dois tipos de célula. A célula vegetal pode ser identificada pela presença de cloroplastos, parede celulósica e vacúolo de suco celular. Já a célula animal pode ser identificada pela presença de centríolos (ou

pela ausência das estruturas que caracterizam as células vegetais, citadas acima).

5. Porque diversas doenças começam na célula e, conhecendo-a melhor, podemos descobrir a cura para essas doenças.
6. Para que não haja superposição de estruturas que impeçam a passagem de luz.
7. Poderão ser escolhidos dois destes argumentos em cada opção:

A favor: 1. Os vírus apresentam autorreprodução, embora necessitem de célula hospedeira para se reproduzir; 2. Eles apresentam capacidade de sofrer mutações; 3. Apresentam capacidade de adaptação.

Contra: 1. São acelulares; 2. Não possuem metabolismo próprio, necessitando, portanto, de constituintes celulares de outro organismo; 3. São considerados parasitas obrigatórios, embora possam se reproduzir quando dentro de células hospedeiras.

8. Quanto ao núcleo: eucariontes possuem material genético envolto pelo envelope nuclear. Nas células procariontes não existe envelope nuclear nem um núcleo propriamente dito. Quanto ao citoplasma: os eucariontes apresentam organelas com membranas, como retículo endoplasmático, complexo golgiense, mitocôndrias e lisossomos. Essas organelas estão ausentes nos procariontes.
9. Sendo de folhas, as células do tomateiro apresentam cloroplastos, identificáveis ao microscópio óptico comum. Além dessa estrutura, é fácil observar a parede de celulose (ou o vacúolo de sua célula). Essas estruturas não existem na célula animal.

10. c
11. b
12. c
13. e
14. b
15. e

Trabalho em equipe

1. Quando as dimensões lineares de um corpo aumentam, o volume aumenta mais depressa que a área porque o aumento do volume é proporcional ao cubo das dimensões lineares, e o aumento da superfície é proporcional ao quadrado dessas dimen-

sões. Então, se uma célula aumentar muito de tamanho, poderá haver problemas de alimentação e de trocas gasosas entre a célula e o meio externo. Uma célula que aumentar dez vezes de diâmetro, por exemplo, terá um volume mil vezes maior; por isso, necessitará de mil vezes mais alimento e oxigênio para manter sua estrutura. Mas, como sua superfície será apenas cem vezes maior, a capacidade de absorção de alimento e de oxigênio aumentará apenas cem vezes, o que não é suficiente para suprir as suas necessidades.

A dificuldade que uma célula grande teria para se abastecer de nutrientes explica por que organismos maiores que 100 µm são quase sempre pluricelulares.

Outra consequência da relação área-volume: a diferença de tamanho entre indivíduos da mesma espécie é causada pelo número de células, e não pelo tamanho delas.

2. Essa atividade interdisciplinar permite que os alunos compreendam melhor como as lentes presentes nos óculos de grau e nos microscópios ópticos funcionam, ajudando-os também a perceber a interação entre a Física e a Biologia.

Atividade prática

Os estudantes deverão observar que a imagem das letras assimétricas aparecem invertidas: a letra "F", por exemplo, aparece assim: ↗

Eles devem observar também que, quando se passa de uma objetiva de menor aumento para uma de maior aumento, as dimensões lineares da imagem aumentam, mas o campo de visão (área observada) diminui. O professor deve informar aos estudantes que a ampliação da imagem em um microscópio de luz ou óptico corresponde ao produto do valor gravado nas objetivas pelo valor que se lê na ocular.

CAPÍTULO 7

1. Ela controla a entrada e a saída de substâncias na célula.
2. No transporte ativo, a substância move-se contra um gradiente de concentração, com gasto de energia da célula; é o caso da bomba de sódio e potássio. No passivo, ela move-se a favor do gradiente.
3. Para obter pedaços de membrana plasmática, esta deve ser rompida, o que pode ser feito colocando

a célula em meio hipotônico, para que haja plasmoptise.

4. A plasmoptise não ocorreria porque as bactérias possuem parede celular, que resiste à entrada de água.
5. Porque todos os seres vivos possuem proteínas em sua composição, e estas são sintetizadas nos ribossomos com base no DNA.
6. Isso torna mais difícil para o organismo combater essas bactérias, porque mesmo depois de serem fagocitadas pelas células de defesa do organismo, elas não podem ser digeridas.
7. De acordo com a teoria endossimbiótica (ou endossimbiônica), as mitocôndrias, organelas celulares que realizam a respiração celular, podem ter surgido de ancestrais de bactérias aeróbias que, fagocitadas por células maiores, escaparam dos mecanismos de digestão e passaram a viver em simbiose no citoplasma dessas células. Já os cloroplastos, organelas responsáveis pela fotossíntese, podem ter surgido de modo semelhante, da fagocitose de ancestrais de cianobactérias (organismos fotossintetizantes de vida livre).
8. A ameba parou de se movimentar e de realizar fagocitose, já que os microfilamentos atuam no movimento da célula.
9. É o citoesqueleto, estrutura formada por microtúbulos, microfilamentos e filamentos intermediários, que colabora na sustentação do citoplasma, nos movimentos da célula e na formação de centriolos, cílios e flagelos.
10. A alta concentração de sais de ureia dentro do olho do tubarão aumenta a pressão osmótica do globo ocular, aproximando-a da pressão osmótica da água do mar. A forma se mantém estável porque os dois meios se tornam aproximadamente isotônicos.

11. $01 + 08 = 09$

12. a

13. b

14. b

15. b

16. e

17. d

18. c

19. e

20. c

Trabalho em equipe

Resposta pessoal. Essa atividade interdisciplinar permite que os alunos compreendam melhor a difusão e a osmose, ajudando-os também a perceber a interação entre a Química e a Biologia.

Atividades práticas

1. a) Os alunos deverão desenhar e identificar amiloplastos e parede celular.
b) Sustentação e proteção (parede celular); reserva de amido (amiloplastos).
2. a) Na solução salina, a batata perdeu água por osmose e amoleceu. A fatia em água pura recebeu água por osmose e ficou com suas células túrgidas.
b) A entrada de água por osmose na batata colocada em água pura e a perda de água por osmose na batata colocada em solução salina explicam a diferença de peso.
3. A água da beterraba passa para o sal por osmose, fazendo com que a cavidade fique cheia de água. Como alguns pigmentos da beterraba também passam para o sal, este fica avermelhado.
4. No primeiro caso, a água entra no ovo, que, por ficar mais pesado, afunda mais. No segundo, o ovo perde água e seu nível de flutuação sobe.
5. Após algum tempo ocorre plasmólise e é possível observar que o citoplasma se separou da parede celular.

CAPÍTULO 8

1. No processo que ocorre no motor dos carros, denominado combustão, a reação ocorre de forma violenta, com a liberação de grande quantidade de energia em pouco tempo; na respiração celular, a liberação de energia é gradual, isto é, ocorre em uma série de etapas, com a liberação de pequenas quantidades de energia a cada etapa.
2. Comercialmente, os lactobacilos são utilizados na produção de iogurtes, coalhadas e certos queijos. Durante um esforço físico intenso, o músculo produz ácido láctico e libera energia em um processo semelhante ao da fermentação realizada pelos lactobacilos.

- 3.** Porque os organismos pluricelulares são maiores e mais complexos, o que faz com que eles precisem consumir mais energia por unidade de tempo. Essa maior demanda é atendida com mais eficiência pela respiração aeróbia, que tem maior rendimento energético do que a anaeróbia.
- 4.** O combustível foi queimado e eliminado na forma de gás carbônico e vapor de água (entre outras substâncias) pelo escapamento, além de liberar energia para o movimento do carro. O carro para se ficar sem combustível porque é ele que fornece energia para que o veículo se movimente.
- 5.** Além de liberar energia para as atividades do organismo, parte do alimento consumido foi eliminada na forma de fezes e outra parte foi transformada pela respiração celular em gás carbônico, eliminado do corpo pelos pulmões, e em água, eliminada pelos pulmões, pele (transpiração) e urina.
- 6.** É o ATP, molécula capaz de armazenar energia. Na forma de ATP, a energia que a célula utiliza em suas diversas atividades pode ser transportada de um ponto a outro e é liberada apenas quando necessário.
- 7.** $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + ATP$.
A energia provém da quebra das ligações da glicose.
- 8.** O oxigênio que foi captado pela respiração pulmonar só participa da última etapa (a cadeia respiratória), como um acceptor de elétrons, quando se combina com íons H^+ e forma água (e não gás carbônico).
- 9.** Essa disposição das mitocôndrias provavelmente facilita a liberação de energia para a movimentação do flagelo, o que é fundamental para o deslocamento dos espermatozoides.
- 10.** As células dos músculos esqueléticos consomem muita energia e, por isso, possuem mais mitocôndrias. O número maior de cristas aumenta a quantidade de enzimas respiratórias, o que leva a uma maior eficiência energética.
- 11.** Esses mecanismos são importantes na manutenção do equilíbrio no interior da célula, isto é, da homeostase.
- 12.** Eles realizam fermentação ou, então, respiração anaeróbia.
- 13.** Álcool e gás carbônico (fermentação alcoólica). Ao realizar esse processo, o fungo consegue energia para suas funções vitais. A fermentação também é usada na produção do álcool usado como com-

burstível nos veículos. O Brasil é um dos maiores produtores do álcool produzido pela fermentação do açúcar da cana-de-açúcar.

- 14.** Espera-se que o estudante concorde, ainda que com ressalvas. Nas mitocôndrias ocorre a maior produção de ATP, molécula que libera energia para o corpo, inclusive na forma de calor. Entretanto, enquanto um aquecedor libera energia diretamente na forma de calor, nas mitocôndrias a energia fica armazenada como ATP e não é utilizada apenas para a produção de calor, mas para a realização das várias atividades da célula.
- 15.** Os orifícios foram produzidos pelo gás carbônico resultante da fermentação ou de reações químicas do fermento químico.
- 16.** a) Tubo 1: microrganismos aeróbicos (aeróbios); tubo 2: microrganismos anaeróbicos (ou anaeróbicos facultativos).
b) Tubo 1: respiração (ou respiração aeróbia); tubo 2: fermentação (ou fermentação láctica ou fermentação não alcoólica).
c) Ácido láctico.

17. a

18. c

19. c

20. a

21. d

22. d

Trabalho em equipe

- 1.** O botulismo pode ser contraído pela ingestão de alimentos em conserva ou enlatados que não foram esterilizados de forma correta. A intoxicação, nesse caso, deve-se à toxina botulínica, produzida pela bactéria *Clostridium botulinum*, que se reproduz na ausência de oxigênio.
A toxina não altera o sabor dos alimentos, o que torna difícil saber se um alimento está contaminado. Mas, se um alimento for fervido por, pelo menos, 15 minutos, essa toxina é destruída.
A toxina botulínica bloqueia a liberação do neurotransmissor acetilcolina, responsável pela contração muscular, provocando visão dupla ou embacada, dificuldade de engolir, falar e respirar, ressecamento da boca, fraqueza nos braços e pernas. Esses e outros sintomas aparecem entre 12 e

72 horas, em média, depois da intoxicação, que traz risco de vida. Por isso, a pessoa intoxicada precisa de atendimento médico imediato, para que possa receber o soro e os antibióticos adequados, conforme o caso.

A salmonelose, causada por bactérias do gênero *Salmonella*, é outra doença transmitida por alimentos contaminados, principalmente ovos crus ou malcozidos, leite não esterilizado, carne contaminada ou produtos à base de ovos crus, como a maionese.

Os sintomas, que se manifestam entre 6 e 72 horas depois da ingestão do alimento contaminado, são: dor de cabeça, enjoos, vômitos, dor abdominal, diarreia e febre baixa. Se a diarreia for forte, pode ser necessária a hospitalização, para evitar a desidratação.

Alguns conselhos práticos que ajudam a conservar os alimentos e garantir a higiene:

- Ao comprar peixe, verifique se as guelras ou brânquias estão vermelhas, se a carne está firme e os olhos, brilhantes e salientes.
 - Lave bem as mãos antes de lidar com alimentos e evite tossir ou espirrar sobre eles. Não deixe cães e outros animais se aproximarem. Procure manter os alimentos cobertos para evitar que as moscas pousem neles e os contaminem com germes.
 - Não coma as partes verdes da batata. Elas podem conter solanina, que é uma substância capaz de causar intoxicações.
 - Não use nos alimentos cozidos os mesmos utensílios que foram usados em alimentos crus. Antes de reutilizá-los, lave-os muito bem.
- Os resultados desta pesquisa podem ser, se possível, divulgados na internet.
2. Atividades de longa duração, como corrida, ciclismo, natação, etc., constituem os chamados exercícios aeróbicos ou aeróbios, os quais aumentam o número de mitocôndrias nas fibras musculares. O número de capilares que levam oxigênio e alimento para as células também aumenta. Por isso, a prática constante desses exercícios aumenta a resistência à fadiga e faz com que a recuperação após um exercício intenso seja mais rápida.
- Os exercícios anaeróbicos ou anaeróbios, como musculação, levantamento de peso e corridas muito rápidas, exigem esforço muscular intenso e têm curta duração. Nesse caso, o suprimento de oxigênio não é suficiente para a atividade, e o ácido láctico começa a se acumular no músculo.
- A atividade física, desde que feita com a orientação de profissionais especializados, proporciona ao nosso corpo, entre outros, os seguintes benefícios:
- desenvolve o músculo cardíaco, fazendo o coração trabalhar melhor (o músculo fica mais forte e bombeia mais sangue em cada contração);
 - aumenta o número de vasos sanguíneos que alimentam os músculos, melhorando a circulação;
 - ajuda a controlar a pressão arterial e a diminuir a taxa de colesterol do sangue;
 - melhora o desempenho dos pulmões;

- melhora a disposição física e mental (o sistema nervoso passa a produzir maior quantidade de substâncias que dão sensação de bem-estar);
 - melhora a coordenação motora e os reflexos;
 - relaxa o corpo e a mente, ajudando a diminuir as tensões nervosas;
 - fortalece os ossos e os músculos;
 - contribui para a manutenção do peso e combate à obesidade;
 - melhora a aparência e a postura.
- 3.** Essa atividade interdisciplinar permite que os alunos compreendam melhor as bases físicas e químicas da liberação da energia na respiração e das conversões entre os diversos tipos de energia, ajudando-os também a perceber a interação entre a Física, a Química e a Biologia.

Atividade prática

O plástico do primeiro copo está estufado e apresenta cheiro de álcool porque o fungo (levedo de cerveja) presente no fermento realizou fermentação. No outro copo não houve mudança, pois não havia glicose para o fungo. Ao microscópio, o aluno pode observar as células do fungo. Se o fermento tivesse sido fervido, o fenômeno não teria ocorrido porque o fungo teria sido destruído.

CAPÍTULO 9

1. Trata-se da conversão de energia luminosa em energia química.
2. No ponto de compensação, a fotossíntese produz a mesma quantidade de oxigênio que é consumida pela respiração. No ponto de saturação, a velocidade da fotossíntese fica constante pela limitação da concentração de gás carbônico.
3. a) Respiração: mitocôndrias; fotossíntese: cloroplastos.
b) **A:** gás carbônico; **B:** água; **C:** glicose; **D:** gás oxigênio.
c) **1:** membrana externa; **2:** granum; **3:** estroma; **4:** membrana interna; **5:** crista mitocondrial; **6:** membrana externa; **7:** membrana interna.
4. Animais são seres heterótrofos e se alimentam de produtos orgânicos do meio. Plantas são autótrofos, necessitam de clorofila para realizar a fotosíntese. Na ausência da clorofila, a planta não consegue produzir a sua matéria orgânica, por fotosíntese, e não sobrevive.

5. e

6. a

7. d

8. b

9. d

10. d

11. d

12. d

13. e

14. a

15. c

Trabalho em equipe

Essa atividade interdisciplinar permite que os alunos compreendam melhor a natureza da luz e das outras ondas eletromagnéticas (ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, ultravioleta, raios X, raios gama), bem como suas aplicações tecnológicas, ajudando-os também a perceber a interação entre a Física e a Biologia.

Atividades práticas

1. a) Cloroplastos.
b) Ela não conseguiria realizar fotossíntese sem os cloroplastos.
2. a) Gás oxigênio.
b) Fotossíntese.
c) Seria interrompida, porque sem luz não ocorre a fase clara da fotossíntese, em que o oxigênio é produzido.

CAPÍTULO 10

1. Os "degraus" são formados por bases nitrogenadas emparelhadas. As laterais são formadas por cadeias de fosfato e desoxirribose, unidas alternadamente.
2. a) **A:** Síntese de RNA mensageiro (transcrição). Ocorre no núcleo. **B:** Síntese de proteínas. Ocorre no citosol.
b) **1.** Trecho de DNA; **2.** Trecho de RNA mensageiro; **3.** Ribossomo; **4.** RNA transportador; **5.** Aminoácidos.
3. Porque a proteína é digerida no organismo, sendo transformada em aminoácidos. Uma vez no

interior da célula, os aminoácidos são reunidos e formam uma nova proteína, diferente da proteína original.

4. Porque a adenina se emparelha obrigatoriamente com a timina e a citosina com a guanina.

5. a) 4 096 moléculas.

b) Foi utilizada a fórmula: 4^n , em que n é igual ao número de combinações diferentes de nucleotídeos que podem ser usados. Nesse caso, n = 6; logo: $4^6 = 4096$.

6. AUCCAUGGA. Aminoácidos: isoleucina, histidina, glicina.

7. ACA – ATA – TAA – GTT – TTA – ACA – GGT – AAT – CCA. Sim, porque um aminoácido pode corresponder a mais de um códon.

8. Não. As células adiposas e as células nervosas de uma pessoa possuem a mesma coleção de genes. A diferença é que o conjunto de genes ativos nas células adiposas é diferente do conjunto de genes ativos nas células nervosas.

9. Não se pode dizer que Dolly tenha pai, pois o processo de clonagem reprodutiva não envolve o sexo masculino. O que os pesquisadores fizeram foi unir uma célula da glândula mamária de uma ovelha com um óvulo sem núcleo de outra ovelha. A célula resultante foi tratada e implantada no útero de outra ovelha.

10. Devido ao pareamento obrigatório das bases nitrogenadas do DNA, a quantidade de citosina é igual à de guanina e a quantidade de adenina é igual à quantidade de timina. Dessa forma, se temos 16% de citosina, teremos 16% de guanina. O restante, 68%, deve ser dividido igualmente entre A e T. Logo, temos: 34% de adenina e 34% de timina.

11. d

12. c

13. b

14. d

15. b

16. c

17. a

18. c

Trabalho em equipe

1. A atividade proposta contribui para o desenvolvimento da capacidade de pesquisa do estudante, além de propiciar uma atualização sobre o tema e o contato com pesquisadores em universidades e centros de pesquisa.

2. a) Em 1952, os pesquisadores norte-americanos Alfred Hershey (1908-1997) e Martha Chase (1927-2003) marcaram dois grupos de vírus bacteriófagos (vírus que atacam bactérias): o primeiro grupo teve as proteínas que formam a cápsula marcadas com enxofre radioativo; e o segundo grupo teve o DNA marcado com fósforo radioativo. Em seguida, deixaram esses dois grupos de vírus em contato com bactérias sensíveis durante algum tempo. Depois examinaram o preparado e só encontraram radioatividade no interior das bactérias infectadas pelo grupo de vírus com DNA marcado. Nas bactérias infectadas por vírus com proteína marcada, a radioatividade estava presente nas cápsulas, que tinham ficado fora do corpo da bactéria. Concluíram que o vírus injetou apenas seu conteúdo de DNA, e este foi suficiente para realizar não apenas a duplicação, mas também a síntese das proteínas componentes da cápsula e a formação dos novos vírus. Então, esse experimento permitiu concluir que o DNA é a molécula responsável pela informação genética.

b) Em 1958, os cientistas Matthew Meselson (1930-) e Franklin Stahl (1929-) testaram a hipótese de que a duplicação do DNA é semiconservativa. Eles cultivaram por várias gerações a bactéria *Escherichia coli* em um meio com o isótopo de nitrogênio ^{15}N , usado pela bactéria para sintetizar suas bases nitrogenadas. Após muitas divisões celulares, praticamente todo o DNA das bactérias continha o isótopo ^{15}N . Essas bactérias foram transferidas para um meio de cultura com o isótopo ^{14}N , mais leve que o ^{15}N , e, à medida que se dividiam, seu DNA passava a incorporar o isótopo ^{14}N em suas bases nitrogenadas. Após uma geração (uma duplicação do DNA), uma amostra de bactérias foi retirada e suas moléculas de DNA foram submetidas ao processo de ultracentrifugação. Nesse processo, quanto mais densa for a molécula de DNA, mais próxima do

fundo do tubo de ensaio ela se deposita. Eles observaram que, depois de uma geração, o DNA apresentava densidade intermediária entre um DNA com ^{14}N e um com ^{15}N . Isso aconteceu porque, inicialmente, ambas as cadeias do DNA da bactéria eram formadas por ^{15}N . Após uma geração, apenas uma das cadeias possuía ^{15}N ; a outra possuía ^{14}N . O experimento foi repetido por mais algumas gerações e serviu de evidência de que a duplicação do DNA é semiconservativa.

CAPÍTULO 11

1. As células diploides possuem dois cromossomos de cada tipo, ou seja, os cromossomos estão aos pares ($2n$). Nas células haploides, há apenas um cromossomo de cada tipo (n).
2. A mitose produz células geneticamente iguais, com o mesmo número de cromossomos da célula original, e ocorre na multiplicação celular que dá origem ao embrião, no processo de crescimento e regeneração de partes danificadas de um ser vivo e na reprodução assexuada. A meiosse produz células geneticamente diferentes, com metade do número de cromossomos da célula original e ocorre na reprodução sexuada, na formação de esporos (nos vegetais e em alguns protistas) e na formação de gametas (nos animais e em alguns protistas).
3. Apenas na prófase I da meiosse ocorre o emparelhamento de cromossomos homólogos.
4. Na metáfase da mitose os cromossomos estão alinhados no equador e, na metáfase I da meiosse, eles estão emparelhados. Na metáfase da mitose, o alinhamento dos cromossomos no equador da célula é importante porque garante que as duas células formadas possuam cópias iguais às dos cromossomos da célula original. Na metáfase I da meiosse, o emparelhamento dos cromossomos é importante porque garante que, no final da primeira divisão, em cada par de cromossomos homólogos, um dos cromossomos vá para uma das células e o outro para a outra. Assim, cada célula-filha terá um cromossomo de cada par.
5. a) Mitose. Porque os 4 cromossomos da célula estão alinhados no equador.
b) **A:** metáfase. **B:** anáfase.
6. 84 cromossomos; 168 cromossomos.

7. A identificação do sexo é possível porque mulheres possuem uma cromatina sexual e homens não possuem nenhuma. No caso das alterações cromossômicas, mulheres com a alteração cromossomial conhecida como síndrome de Turner não apresentam cromatina sexual (possuem apenas um cromossomo X) e homens com a síndrome de Klinefelter apresentam uma cromatina sexual (são XXY) em suas células.

8. b

9. d

10. c

11. $04 + 08 + 32 = 44$

12. e

13. e

14. e

15. d

16. b

17. b

Trabalho em equipe

1. Os alunos deverão apresentar as seguintes informações, entre outras:
 - câncer de pele: os principais fatores de risco são a exposição excessiva ao sol, pele clara e histórico de câncer de pele na família; deve-se usar filtro solar, evitar a exposição ao sol entre 10 horas e 16 horas e procurar o médico quando aparecerem ou houver alterações em sinais na pele, feridas que não cicatrizam, etc. A maioria dos tipos de câncer de pele tem cura por meio de cirurgia ou da destruição com agentes químicos ou elétricos;
 - câncer de pulmão: o maior fator de risco é o fumo. O médico deve ser procurado em caso de tosse persistente, dor no peito, febre, sangue na expectoração. Radiografias podem ajudar no diagnóstico e uma forma de tratamento pode ser a cirurgia;
 - câncer de útero: correm maior risco mulheres que já tiveram certas doenças sexualmente transmissíveis, principalmente por papilomavírus. A prevenção é feita anualmente pelo exame Papanicolaou. O tratamento costuma ser cirúrgico;
 - câncer de mama: as mulheres com maior risco são as que têm casos de câncer na família, nunca tiveram filhos ou os tiveram após os 35 anos de idade ou apresentaram menarca (primeira menstruação)

- antes dos 12 anos. O autoexame deve ser feito mensalmente, além de consultas anuais com o ginecologista ou no intervalo indicado por ele. A partir de certa idade, o médico pode indicar uma mamografia (raios X especiais). O tratamento inclui cirurgia, radioterapia e quimioterapia;
- câncer de intestino: apresentam maior risco pessoas com história de pólipos no intestino (pequenos tumores benignos) ou casos de câncer na família. Deve-se procurar o médico quando houver sangue nas fezes, mudança de ritmo intestinal (prisão de ventre ou diarreia frequente), dor abdominal e perda de peso. Depois dos 40 anos é recomendada a ida ao proctologista para exames preventivos. O tratamento costuma ser cirúrgico;
 - câncer de próstata: a incidência aumenta com a idade e com casos de câncer na família. Homens com mais de 40 anos devem ir periodicamente ao urologista para realizar exame de toque retal e um exame específico de sangue. Deve-se ficar atento para dor, ardência ou dificuldade para urinar. Em geral, o tratamento é cirúrgico.
2. *Respostas variáveis*. Essa atividade contribui para que os alunos verifiquem como os conhecimentos científicos permitem refletir criticamente sobre temas e notícias do cotidiano.

Unidade 4

CAPÍTULO 12

1. Na espécie que apresenta reprodução sexuada. Porque, nesse tipo de reprodução, há duas possibilidades de surgir variedade na população, por mutação ou por recombinação genética, enquanto, no caso da reprodução assexuada, só há uma fonte de variedade, a mutação.
2. Com a fecundação interna, elimina-se a dependência do meio aquático para a reprodução, pois os gametas não correm o risco de desidratar (o que provavelmente aconteceria se ficasse expostos ao ar).
3. Sim. Esses mecanismos impedem a formação de zigotos com um número anormal de cromossomos (triploides, etc.), que gerariam embriões inviáveis.
4. b
5. a) Os óvulos são formados nos ovários.
b) Os embriões são implantados no endométrio que reveste a cavidade uterina.

6. b
7. d
8. b
9. d
10. b
11. b
12. a
13. a
14. a
15. a

Trabalho em equipe

A atividade, ao solicitar a análise de dados relacionados a problemas importantes da atualidade – a saber, Aids e outras doenças sexualmente transmissíveis, contracepção e planejamento familiar –, no Brasil e no mundo, possibilita aos estudantes um maior aprofundamento nesses temas.

Atividade prática

Além de propor aos alunos que pesquisem a estrutura dos vírus e das bactérias, relacionando esses microrganismos às DSTs, essa atividade constitui uma oportunidade de desenvolver a criatividade e a capacidade de criar e entender modelos.

CAPÍTULO 13

1. São os folhetos embrionários: ectoderme, mesoderme e endoderme. Eles são importantes porque darão origem a todos os órgãos do corpo.
2. Porque essa é a fase de organogênese, período em que os principais órgãos estão sendo formados.
3. O embrião, durante todo seu desenvolvimento, não respira pelos pulmões. As trocas gasosas são feitas pela placenta, que se comunica com o embrião pelo cordão umbilical.
4. Os ovos dos répteis protegem os embriões da desidratação e permitem a reprodução fora do ambiente aquático, possibilitando a colonização dos ambientes terrestres.
5. Pela placenta e pelo cordão umbilical.
6. a) O feto produz gás carbônico e ureia, resultantes de seu metabolismo. A mãe pode levar ao filho substâncias tóxicas, como drogas: álcool e nicotina.

- b) Manutenção do embrião no útero e produção de hormônios (progesterona).
- 7. c**
- 8. e**
- 9. e**
- 10. d**
- 11. d**
- 12. b**
- 13. c**
- 14. d**
- 15. e**
- 16. a**

Trabalho em equipe

1. A mulher grávida precisa ir ao médico o mais cedo possível; este deverá pedir-lhe exames e, às vezes, poderá receitar-lhe vitaminas; a gestante deve ser acompanhada ao longo dos 9 meses pelo médico, que acompanhará o desenvolvimento do embrião. Alguns medicamentos podem atravessar a placenta e prejudicar o bebê. Por isso, deve-se consultar o médico antes de tomar algum remédio. O mesmo conselho vale para o período de amamentação da criança. Algumas doenças, se forem contraídas pela mãe durante a gravidez, também podem afetar o bebê. É o caso da rubéola, da Aids, da febre zika e da sífilis, que podem provocar surdez, alterações no cérebro e até a morte da criança. A rubéola pode ser prevenida pela vacinação da mulher antes da gravidez.
2. Esta atividade reforça a importância da assistência médica e dos cuidados a serem seguidos durante a gravidez e nas primeiras fases de vida do bebê.
3. Esta atividade contribui com informações importantes para a conscientização dos estudantes em relação a uma importante questão social em nosso país, a gravidez na adolescência.
4. A atividade permite que os estudantes analisem informações atualizadas sobre um tópico que está em constante transformação, devido à intensificação das pesquisas na área. Permite também o conhecimento das leis sobre o uso de células-tronco. A lei prevê que os embriões usados nas pesquisas sejam inviáveis ou estejam congelados há três anos ou mais e veta a comer-

cialização do material biológico. Também é necessária a autorização do casal.

CAPÍTULO 14

1. Pouca substância intercelular, ausência de vasos sanguíneos e presença de nervos.
2. Uma das funções destes cílios é “varrer” para fora do organismo as partículas de poeira e as bactérias do ar que ficam grudadas no muco presente nas vias respiratórias. Como, em fumantes, o movimento dos cílios do tecido epitelial está comprometido, estas partículas e bactérias não são removidas e aumentam as probabilidades de infecções respiratórias.
3. Melanócito, que fabrica melanina e dá cor à pele. O professor pode aproveitar essa atividade para incentivar o respeito e combater a discriminação contra pessoas portadoras de doenças.
4. Queratina.
5. Porque as pessoas de pele clara possuem menos melanina e, portanto, têm menos proteção contra os raios ultravioleta, que podem causar câncer de pele.
6. a) Tecido epitelial (epiderme) e tecido conjuntivo frouxo (derme).
b) As glândulas sudoríferas (ou sudoríparas) são estruturas que se conectam a poros na superfície da epiderme, eliminando o suor, que ajuda a manter a temperatura corporal. Ao evaporar, o suor absorve grande quantidade de calor da superfície do corpo, resfriando-o. As glândulas sebáceas são pequenas bolsas constituídas por células epiteliais glandulares e sua função está relacionada à lubrificação da pele e dos pelos, evitando o ressecamento da pele e dos pelos.
7. b
8. $01 + 02 = 03$
9. c
10. $01 + 02 + 04 + 16 + 64 = 87$
11. b
12. c
13. a

Trabalho em equipe

As atividades dessa seção têm o objetivo de propor reflexões sobre o senso comum e os conhecimentos

adquiridos no capítulo. Espera-se que os alunos analisem criticamente a crença popular e reflitam sobre possíveis fatores que justifiquem sua origem. A impressão de que o pelo ficou mais forte pode vir do fato de que a sua ponta fina sai com o corte, ficando só a base, que é mais grossa. Mas, quando ele cai e outro cresce, o efeito desaparece. Além disso, o aumento na taxa de hormônios sexuais na adolescência faz os pelos crescerem mais, independentemente de serem raspados ou não.

CAPÍTULO 15

1. Ele deve ter observado uma grande quantidade de substância intercelular.
2. Sem a vitamina C, há diminuição na produção de colágeno, o que faz com que os tecidos conjuntivos fiquem mais fracos, rompendo-se facilmente, o que causa as hemorragias.
3. O tecido conjuntivo adiposo. Esse tecido ajuda na sobrevivência do animal porque funciona como reserva de energia e proteção contra as baixas temperaturas.
4. Ele está errado, porque a pele é um órgão, formado por tecido epitelial (epiderme) e tecido conjuntivo (derme).
5. As células são macrófagos, que fagocitam partículas estranhas ao organismo; no caso, elas fagocitaram as partículas de corante.
6. No embrião, os ossos são formados de cartilagem, que depois será substituída por um material duro e impermeável (fosfato de cálcio), por meio de um processo chamado ossificação endocondral. Essa cartilagem calcificada servirá de molde para a formação do osso.
7. Na derme. Porque se fosse na epiderme, ela acabaria saindo naturalmente, uma vez que essas células estão sempre morrendo e sendo substituídas por células novas.
8. São verdadeiras as afirmativas dos itens b e c.
 - a) A cartilagem é firme e flexível.
 - d) O sangue é um tecido conjuntivo.
 - e) Os ossos são rígidos e ricos em sais de cálcio.
 - f) O tecido ósseo contém células vivas.
 - g) Há vasos sanguíneos no interior dos ossos.
9. a) Células adiposas. Armazenam gordura.
b) O tecido adiposo funciona como reserva energética e isolante térmico.

10. a) Sustentação, flexibilidade, revestimento de articulações e proteção contra choques mecânicos.
b) A ausência de vasos sanguíneos (e/ou linfáticos) dificulta (ou impede) a chegada das células de defesa e de medicamentos ao local de infecção.

11. b

12. d

13. c

14. $01 + 04 + 16 = 21$

15. b

16. c

Trabalho em equipe

1. LER é a sigla de “lesão por esforço repetitivo”. Indica várias doenças em que há lesões em músculos, tendões e articulações: tenossinovites (inflamação dos tecidos que revestem os tendões); síndrome do túnel do carpo (compressão de alguns nervos do punho); tendinites (inflamação dos tendões); bursites (inflamação das bursas, que são pequenas bolsas entre os ossos e tendões nas articulações dos ombros), entre outras.
2. Os órgãos mais afetados são os músculos, os tendões e as articulações dos membros superiores, ombros e pescoço. Os sintomas são desconforto, dor, formigamento, perda de sensibilidade e dificuldade de movimentar mãos, pulsos, dedos ou ombros.
3. O tratamento exige o afastamento temporário do trabalho ou da atividade que está provocando as lesões, além do uso de medicamentos, realização de exercícios de fisioterapia, etc.
4. A doença afeta pessoas que, de modo geral, exercem atividades que exigem movimentos repetitivos, grande esforço nas mãos, como o profissional que trabalha por tempo prolongado com computador, os bancários, os desportistas, as pessoas que executam com frequência certas tarefas domésticas, etc.
5. Sim, porque a ocorrência desses problemas diminui a produtividade e aumenta os gastos médicos, o número de faltas ao trabalho e os casos de aposentadoria precoce.
6. Diminuindo o número de horas em atividades que possam provocar o problema, fazendo pausas periódicas durante o trabalho, praticando exercícios

específicos, adotando postura física adequada. As empresas devem fornecer aos seus funcionários um equipamento adequado (ergonômico), que minimize esse problema.

Atividade prática

Os ossos mergulhados na água não sofrem alterações; já os ossos mergulhados no vinagre ficam mais moles e podem ser dobrados em alguns pontos. A pesquisa deverá indicar que o ácido do vinagre, o ácido acético, retira os sais de cálcio do osso, restando apenas a parte orgânica, que é flexível.

CAPÍTULO 16

1. a) Porque a medula óssea é responsável pela produção das células do sangue.
- b) As células afetadas são os leucócitos (ou glóbulos brancos). Ocorre produção descontrolada de leucócitos anormais, que não são capazes de defender o organismo.
2. O número de hemácias não diminui porque a medula óssea é responsável pela produção constante de novas hemácias a partir dos eritroblastos. Esse processo se chama eritropoiese.
3. Porque, na pessoa anêmica, a baixa concentração de hemoglobina no sangue diminui a capacidade sanguínea de transportar oxigênio para as células, o que, consequentemente, diminui a quantidade de energia liberada por elas, provocando o cansaço pelo esforço físico.
4. a) Porque o sistema linfático não é responsável pela absorção ou eliminação de gordura do corpo.
b) Absorver o excesso de líquido acumulado.
5. d
6. c
7. a
8. e
9. c
10. d
11. c
12. c
13. c
14. a
15. d
16. c
17. c

Trabalho em equipe

- Os estudantes devem descobrir que o exame de sangue pode indicar vários tipos de doença, como anemia e infecções. Descobrirão também que os doadores de sangue precisam ter entre 16 e 69 anos e pesar pelo menos 50 kg, além de precisar passar por uma triagem para que seja orientado sobre as doenças e outras condições que impedem a doação, como doença de Chagas, Aids, malária e hepatite viral (quem teve hepatite viral após os 10 anos de idade não pode doar sangue). O candidato deve estar alimentado (a doação é feita de preferência entre duas e quatro horas após a refeição).

No dia da doação, devem ser evitados alimentos gordurosos (ovos, feijoada, bacon, etc.). Uma pessoa doa no máximo 10% de seu sangue, uma quantidade que o organismo é capaz de repor rapidamente, desde que o doador siga as recomendações feitas após a doação. A campanha visa estimular a criatividade e a solidariedade dos alunos.

- Os resultados vão depender da pesquisa realizada pelo grupo. A campanha visa estimular a criatividade e a conscientização dos alunos sobre a importância da vacinação.
- As queimaduras de primeiro grau atingem a epiderme e provocam dor, pequeno inchaço e vermelhidão sem bolhas. As queimaduras de segundo grau atingem a epiderme e parte da derme. A região fica vermelha, inchada, com bolhas e muita dor. As de terceiro grau atingem todas as camadas da pele e podem chegar até os músculos e ossos, causando morte dos tecidos da pele.

CAPÍTULO 17

1. a) músculo não estriado.
b) músculo estriado cardíaco.
c) músculo não estriado.
d) músculo estriado esquelético.
e) músculo não estriado.
f) músculo estriado esquelético.
O músculo cuja contração é voluntária é o estriado esquelético.
2. Em uma contração fraca (sem peso), apenas uma porcentagem das fibras se contrai. Na contração forte, chegam mais impulsos nervosos ao músculo, fazendo com que mais fibras se contraiam.

3. Isso é importante porque os músculos consomem muita energia durante a contração e a abundância de vasos sanguíneos garante um bom suprimento de oxigênio e nutrientes energéticos, como a glicose.
4. A poliomielite pode provocar paralisia porque compromete nervos que estimulam os músculos estriados esqueléticos, responsáveis pela movimentação voluntária do corpo.
5. O grande número de mitocôndrias nas células do coração indica que essas células consomem muito oxigênio; portanto, uma interrupção no fluxo de sangue para esse órgão provocaria sérias consequências.
6. Músculo estriado cardíaco. Trata-se do músculo que constitui o coração, um dos órgãos que se desenvolvem com a prática de exercícios físicos aeróbios.
7. As unidades de contração citadas são os miômeros. Cada miômero é formado por filamentos de actina e de miosina que se sobrepõem. Os filamentos de actina (filamentos finos) deslizam-se sobre os de miosina (filamentos grossos), levando ao encurtamento dos miômeros. Para que esse mecanismo ocorra é necessária ainda a participação dos íons cálcio e da molécula de ATP liberando a energia necessária para que a contração ocorra.

8. a, b, e, f

9. c

10. a

11. $01 + 02 + 16 + 32 = 51$

12. a

CAPÍTULO 18

1. Porque, na maioria dos casos, as membranas dos neurônios não chegam a se tocar: há um pequeno espaço entre elas, a fenda sináptica.
2. a) A passagem do impulso nervoso ao longo de um neurônio é um fenômeno elétrico porque há uma troca de íons entre a parte externa e interna da membrana do neurônio, provocando uma inversão de cargas elétricas na membrana que se propaga ao longo do neurônio.
- b) A passagem do impulso entre dois neurônios é um fenômeno químico porque o primeiro neurônio libera substâncias químicas (neurotransmissores) no espaço entre eles e são essas substâncias que desencadeiam o impulso nervoso no neurônio seguinte.

3. Porque o curare causa paralisia muscular. A pessoa morre de asfixia quando o diafragma e os músculos intercostais, que fazem o ar entrar e sair dos pulmões, ficam paralisados.

4. a) Correspondem a mensageiros químicos ou neuro-hormônios. Transmitir o impulso nervoso.
 - b) À ponta do axônio. Porque há vesículas com mensageiros químicos.
 - c) Sinapse.
- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 5. a) epitelial. | h) nervoso. |
| b) muscular. | i) nervoso. |
| c) adiposo. | j) epitelial. |
| d) ósseo. | k) adiposo. |
| e) nervoso. | l) ósseo. |
| f) conjuntivo propriamente dito. | m) nervoso. |
| g) epitelial. | n) conjuntivo cartilaginoso. |

6. Porque é na fenda sináptica que ocorre a liberação dos neurotransmissores, substâncias químicas responsáveis pela passagem do impulso nervoso entre neurônios.

7. a) Os impulsos se propagam de **Y** para **X**.
- b) A transmissão do impulso nervoso ocorre na sinapse graças à liberação de mediadores químicos ou neurotransmissores pelas terminações do axônio do neurônio **II**. Essas substâncias atuam nos dendritos do neurônio **I**.
- c) A transmissão unidirecional na sinapse é garantida porque somente nas terminações do axônio pré-sináptico há vesículas com neurotransmissores.

8. e 12. d

9. c 13. a

10. b 14. a

11. a

Atividade prática

- a) O ponto em que o aluno conseguiu segurar a régua dá uma ideia indireta do tempo de reação dele: quanto maior a distância percorrida pela régua, mais tempo o aluno leva para reagir ao estímulo.
- b) O tempo de reação existe, entre outros fatores, devido ao tempo que o impulso leva para ir até o sistema nervoso central e voltar para o músculo.

Unidade 5

CAPÍTULO 19

1. Para demonstrar que, se a matéria orgânica fosse suficiente para a formação de larvas, elas deveriam ter surgido nos dois tipos de vidro.
2. Porque a abertura permitia a entrada de ar no recipiente, e, assim, os defensores da teoria da abiogênese não poderiam alegar que a falta de ar seria o motivo pelo qual os microrganismos não se desenvolveram no caldo de carne.
3. A afirmação do estudante está equivocada. A teoria da geração espontânea dizia que a vida poderia surgir espontaneamente mesmo nas condições atuais do planeta e que ocorria com relativa frequência e regularidade, ao contrário da teoria atual, que afirma que esse é um evento raro, que só pode ocorrer graças às condições ambientais que existiram no passado da Terra, bem diferentes das atuais, e que teria levado muitos milhões de anos para ocorrer.
4. Porque mostram que esse tipo de síntese é possível e, portanto, podem ter ocorrido na Terra primitiva; embora não se possa descartar a possibilidade de essas moléculas terem surgido por meio de outros processos.
5. O RNA tem a propriedade de funcionar como enzima, isto é, ele é capaz de catalisar reações químicas.
6. a) É provável que eles absorvessem moléculas orgânicas simples dos mares.
b) Fermentação, porque não havia oxigênio na atmosfera primitiva.
7. Impediria que ratos de fora invadissem o local onde estivessem a camisa e o trigo, colocando esses substratos, por exemplo, dentro de gaiolas de malhas finas. Além disso, compararia o resultado com o de um local que permitisse a entrada de ratos, como uma caixa de papelão aberta, por exemplo.
8. a) A teoria de Oparin sobre a origem da vida na Terra defende a ideia de que ela surgiu de um longo processo de evolução química. Para que esse processo pudesse ocorrer, foi necessário um conjunto de condições ambientais específicas, encontradas na Terra primitiva: uma atmosfera com imensas descargas elétricas em razão das intensas e frequentes tempestades, radia-

ção ultravioleta (já que ainda não existia camada de ozônio), temperaturas elevadas, além de diversos compostos químicos inorgânicos, como vapor de água, metano, amônia, hidrogênio. Isso deu origem a compostos químicos orgânicos que foram se organizando lentamente até o surgimento da primeira célula (proteína → coacervado). Para o surgimento da vida em Marte, essas condições também seriam necessárias.

b) Para classificar um dos organismos como pertencente ao reino Monera, os cientistas observaram características como: parede celular, unicelularidade; material genético no citoplasma, com evidente ausência da carioteca (procariôntes); ribossomo como única organela citooplasmática; DNA circular. Para classificar o outro organismo como pertencente ao reino Protista foram observadas as seguintes características: unicelularidade; presença de membrana nuclear (eucarionte); organelas comuns às células vegetais – por exemplo, mitocôndria, cloroplastos, parede celular, vacúolo, esses três últimos em algas protistas –; estruturas locomotoras, como cílios e flagelos; vacúolo pulsátil (protista de água doce).

- | | |
|-------|-------------------|
| 9. c | 14. d |
| 10. c | 15. c |
| 11. b | 16. d |
| 12. c | 17. F – V – V – V |
| 13. a | |

CAPÍTULO 20

1. Chimpanzé comum. Chimpanzé comum e bonobo.
2. A classificação procura indicar a história evolutiva dos grupos de seres vivos, isto é, o grau de parentesco evolutivo entre os grupos.
3. a) Cinco gêneros e nove espécies.
b) Os nomes populares (comuns) variam de região para região e, por isso, uma mesma espécie pode ser conhecida por mais de um nome comum. Já os nomes científicos indicam com precisão a espécie referida, permitindo que qualquer pesquisador, independentemente da língua que utilize para se comunicar, comprenda de que ser vivo se está falando.
4. d

5. Espécie **B**. As espécies *P. terribilis* e *E. tricolor* são evolutivamente mais próximas entre si, isto é, possuem um ancestral comum que não é compartilhado com *R. palmipes* (espécie que não apresenta veneno) nem com a espécie **A**. A característica de interesse (presença de veneno) compartilhada pelas duas primeiras espécies pode ter surgido em seu ancestral comum mais próximo. Nesse caso, é provável que todos os descendentes desse mesmo ancestral compartilhem tal característica, o que, portanto, incluiria a espécie **B**.

6. c

7. e

Trabalho em equipe

Respostas pessoais. A atividade busca fazer com que os alunos reflitam sobre a dinamicidade dos processos evolutivos e sobre as maneiras como as ações do ser humano podem afetar a evolução de outras espécies.

11 Significado das siglas de vestibular

- Acafe-SC: Associação Catarinense de Fundações Educacionais (Santa Catarina)
- Cefet-MG: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
- Cesgrario-RJ: Centro de Seleção de Candidatos ao Ensino Superior do Grande Rio (Rio de Janeiro)
- Faap-SP: Fundação Armando Álvares Penteado (São Paulo)
- Faculdade Albert Einstein-SP: Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein (São Paulo)
- Fatec-SP: Faculdade de Tecnologia (São Paulo)
- FGV-SP: Fundação Getúlio Vargas (São Paulo)
- FTESM-RJ: Fundação Técnico-Educacional Souza Marques (Rio de Janeiro)
- Fuvest-SP: Fundação Universitária para o Vestibular (São Paulo)
- IFBA: Instituto Federal da Bahia
- IFCE: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
- IFSP: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
- Ifsul-RS: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (Rio Grande do Sul)
- Mack-SP: Universidade Presbiteriana Mackenzie (São Paulo)
- PUC-MG: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

- PUC-RJ: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
- PUC-RS: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
- PUC-SP: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
- UCS-RS: Universidade de Caxias do Sul (Rio Grande do Sul)
- Udesc: Universidade do Estado de Santa Catarina
- Uece: Universidade Estadual do Ceará
- UEG-GO: Universidade Estadual de Goiás
- UEL-PR: Universidade Estadual de Londrina (Paraná)
- Uema: Universidade Estadual do Maranhão
- UEM-PR: Universidade Estadual de Maringá (Paraná)
- UEMG: Universidade Estadual de Minas Gerais
- Uepa: Universidade do Estado do Pará
- UEPB: Universidade Estadual da Paraíba
- UEPG-PR: Universidade Estadual de Ponta Grossa (Paraná)
- Uerj: Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- Ufal: Universidade Federal de Alagoas
- UFC-CE: Universidade Federal do Ceará
- UFG-GO: Universidade Federal de Goiás
- UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais
- Ufop-MG: Universidade Federal de Ouro Preto (Minas Gerais)
- UFPB: Universidade Federal da Paraíba
- UFPE: Universidade Federal de Pernambuco
- UFPI: Universidade Federal do Piauí
- UFPR: Universidade Federal do Paraná
- UFRGS-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro
- UFRN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte
- UFRRJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
- UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina
- Ufscar-SP: Universidade Federal de São Carlos (São Paulo)
- UFSM-RS: Universidade Federal de Santa Maria (Rio Grande do Sul)
- UFT-TO: Universidade Federal do Tocantins
- UFTM-MG: Universidade Federal do Triângulo Mineiro (Minas Gerais)
- UFU-MG: Universidade Federal de Uberlândia (Minas Gerais)
- UFV-MG: Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais)
- UnB-DF: Universidade de Brasília (Distrito Federal)
- Unemat-MT: Universidade do Estado de Mato Grosso
- Unicamp-SP: Universidade Estadual de Campinas (São Paulo)
- Unifesp: Universidade Federal de São Paulo
- Unifor-CE: Fundação Edson Queiroz Universidade de Fortaleza (Ceará)
- Unirio-RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro
- UPE: Universidade de Pernambuco
- UPF-RS: Universidade de Passo Fundo (Rio Grande do Sul)
- Unesp-SP: Fundação para o Vestibular da Unesp (São Paulo)

