

o  
-  
m



# Livro 2

Pré-vestibular Biologia

SISTEMA DE ENSINO  
**POLIEDRO**



**Autoria:** Elias Avancini de Brito.

**Diretor executivo:** Nicolau Arbex Sarkis.

**Gerência editorial:** João Carlos Puglisi.

**Coordenação de edição técnica:** Marília L. dos Santos C. Ribeiro.

**Edição técnica:** Equipe de editores técnicos da Editora Poliedro.

**Coordenação de produção editorial:** Livia Scherrer dos Santos.

**Analista de produção editorial:** Claudia Moreno Fernandes.

**Coordenação de edição:** Michelle Silva da Mata e Vivian Plascak Jorge.

**Edição:** Equipes de edição da Editora Poliedro.

**Coordenação de revisão:** Mariana Castelo Queiroz.

**Revisão:** Equipe de revisão da Editora Poliedro.

**Coordenação de arte:** Antonio Domingues e Kleber S. Portela.

**Diagramação:** Equipes de arte da Editora Poliedro.

**Ilustrações:** Equipes de ilustração da Editora Poliedro.

**Coordenação de licenciamento:** Ana Rute A. M. Perugini.

**Licenciamento:** Equipe de licenciamento da Editora Poliedro.

**Projeto gráfico:** Alexandre Moreira Lemes e Kleber S. Portela.

**Projeto gráfico da capa:** Bruno Torres e Varão Monteiro Junior.

**Coordenador de PCP:** Anderson Flávio Correia.

**Impressão e acabamento:** nywgraf Editora Gráfica Ltda.

**Créditos:** Capa e frontispício Furtseff/Shutterstock 5 © Dml5050 | Dreamstime.com • © Vladimir Voronin | Dreamstime.com • © Mike Neale | Dreamstime.com 109 www.travelpod.com/member/www.travelpod.com/members/nick.maynard • Luca Caluzzi/Wikipedia • Wilson Magão/PMSBC 227 © Fundação Oswaldo Cruz - Ministério da Saúde • Caylen Rathburr/Wikimedia Commons • Pep1863/Wikimedia Commons contracapa Elinalee/Shutterstock.

A Editora Poliedro pesquisou junto às fontes apropriadas a existência de eventuais detentores dos direitos de todos os textos e de todas as obras de artes plásticas presentes nesta obra, sendo que sobre alguns nenhuma referência foi encontrada. Em caso de omissão, involuntária, de quaisquer créditos faltantes, estes serão incluídos nas futuras edições, estando, ainda, reservados os direitos referidos nos arts. 28 e 29 da lei 9.610/98.

SISTEMA DE ENSINO  
**POLIEDRO**

São José dos Campos - SP  
ISBN: 978-85-7901-058-3  
Telefax: (12) 3924-1616  
editora@sistemapoliedro.com.br  
www.sistemapoliedro.com.br

Copyright © 2015  
Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro



# SUMÁRIO

## Frente 1

<b>6</b>	<b>Proteínas</b> .....	<b>6</b>
	Proteínas.....	7
	Revisando .....	13
	Exercícios propostos .....	14
<b>7</b>	<b>Ácidos nucleicos e síntese de proteínas</b> .....	<b>20</b>
	Ácidos nucleicos.....	21
	Código genético.....	24
	Síntese de proteínas .....	25
	Revisando .....	28
<b>8</b>	<b>Bioenergética</b> .....	<b>42</b>
	Parte I: A liberação de energia.....	43
	Parte II: Fotossíntese e quimiossíntese.....	47
	Revisando .....	52
<b>9</b>	<b>origem dos primeiros seres vivos</b> .....	<b>71</b>
	Introdução.....	72
	Hipótese da panspermia.....	72
	Hipótese de Oparin.....	72
	Revisando .....	74
<b>10</b>	<b>Citoplasma</b> .....	<b>83</b>
	Os componentes citoplasmáticos.....	84
	Revisando .....	89
	Exercícios propostos .....	91
<b>11</b>	<b>Os envoltórios celulares</b> .....	<b>101</b>
	Os tipos de envoltórios celulares .....	102
	Revisando .....	103
	Exercícios propostos .....	104
	Texto complementar .....	17
	Exercícios complementares .....	19
	Exercícios propostos .....	29
	Textos complementares.....	34
	Exercícios complementares .....	37
	Exercícios propostos .....	54
	Textos complementares.....	60
	Exercícios complementares .....	65
	Exercícios propostos .....	75
	Texto complementar .....	77
	Exercícios complementares .....	79
	Textos complementares.....	95
	Exercícios complementares .....	97
	Texto complementar .....	106
	Exercícios complementares .....	108

## Frente 2

<b>6</b>	<b>O homem e o ambiente</b> .....	<b>110</b>
	O homem, o ambiente e o desequilíbrio ambiental.....	111
	Principais impactos ambientais.....	112
	Avaliação de impactos ambientais.....	120
	Tecnologias de redução do impacto ambiental.....	121
	Recuperação de ecossistemas.....	123
<b>7</b>	<b>Procariontes: bactérias e arqueas</b> .....	<b>149</b>
	Parte I: Bactérias.....	150
	Parte II: Arqueas.....	152
	Revisando .....	153
<b>8</b>	<b>Vírus</b> .....	<b>166</b>
	Características gerais dos vírus.....	167
	Bacteriófagos.....	168
	HIV.....	168
	H1N1 .....	170
	Arbovírus .....	170
<b>9</b>	<b>Fungos e algas</b> .....	<b>184</b>
	Reinos <i>Fungie Protoctista</i> .....	185
	Fungos.....	185
	Algas.....	187
	Revisando .....	190
	Impactos ambientais e desenvolvimento sustentável.....	123
	Revisando .....	124
	Exercícios propostos .....	127
	Textos complementares.....	136
	Exercícios complementares .....	140
	Exercícios propostos .....	155
	Textos complementares.....	156
	Exercícios complementares .....	160
	Revisando .....	171
	Exercícios propostos .....	173
	Texto complementar .....	176
	Exercícios complementares .....	178
	Exercícios propostos .....	192
	Textos complementares.....	195
	Exercícios complementares .....	197



<b>10</b>	<b>Plantas e ciclos reprodutivos</b> .....	<b>200</b>
	Classificação básica das plantas.....	201
	Ciclos reprodutivos.....	201
	Revisando.....	203
	Exercícios propostos.....	204
	Texto complementar.....	205
	Exercícios complementares.....	206
<b>11</b>	<b>Briófitas e pteridófitas</b> .....	<b>207</b>
	Classificação geral das plantas.....	208
	Briófitas.....	209
	Pteridófitas.....	210
	Revisando.....	211
	Exercícios propostos.....	212
	Textos complementares.....	214
	Exercícios complementares.....	217
<b>12</b>	<b>Gimnospermas</b> .....	<b>218</b>
	Características das gimnospermas.....	219
	Ciclo reprodutivo.....	219
	Revisando.....	221
	Exercícios propostos.....	223
	Texto complementar.....	224
	Exercícios complementares.....	225

## Frente 3

<b>6</b>	<b>Fisiologia comparada dos entozoários</b> .....	<b>228</b>
	Recapitulando a organização básica dos entozoários.....	229
	Os entozoários diblásticos.....	232
	Os triblásticos acelomados.....	232
	Triblásticos pseudocelomados.....	233
	Triblásticos celomados.....	234
	Revisando.....	238
	Exercícios propostos.....	240
	Texto complementar.....	245
	Exercícios complementares.....	247
<b>7</b>	<b>Verminoses</b> .....	<b>250</b>
	Verminoses: aspectos gerais.....	251
	Verminoses causadas por platelmintos.....	251
	Parasitoses causadas por nematelmintos.....	253
	Revisando.....	257
	Exercícios propostos.....	260
	Texto complementar.....	263
	Exercícios complementares.....	265
<b>8</b>	<b>Cordados</b> .....	<b>268</b>
	O grupo dos cordados.....	269
	Os protocordados.....	269
	Os hemicordados.....	270
	Os vertebrados.....	270
	Revisando.....	286
	Exercícios propostos.....	290
	Textos complementares.....	295
	Exercícios complementares.....	300
<b>9</b>	<b>Fisiologia da digestão</b> .....	<b>305</b>
	O sistema digestório e o processo digestivo.....	306
	Vitaminas.....	310
	Revisando.....	312
	Exercícios propostos.....	314
	Textos complementares.....	318
	Exercícios complementares.....	320
<b>10</b>	<b>O sistema respiratório pulmonar</b> .....	<b>325</b>
	O sistema respiratório pulmonar.....	326
	Componentes do sistema respiratório.....	326
	Mecânica dos movimentos respiratórios.....	327
	Controle dos movimentos respiratórios.....	328
	Revisando.....	328
	Exercícios propostos.....	329
	Textos complementares.....	331
	Exercícios complementares.....	334
<b>11</b>	<b>Sistema circulatório</b> .....	<b>335</b>
	Funções e componentes do sistema circulatório.....	336
	O sistema circulatório dos vertebrados.....	337
	A circulação humana.....	339
	O controle dos batimentos cardíacos.....	339
	Revisando.....	340
	Exercícios propostos.....	343
	Textos complementares.....	346
	Exercícios complementares.....	350
	<b>Cabarito</b> .....	<b>354</b>





# Frente 1



# 6

FRENTE 1

## Proteínas

Proteínas são nutrientes indispensáveis para as necessidades humanas. Uma dieta saudável deve conter esses e outros nutrientes.





## Proteínas

Vimos no capítulo 5 que os componentes químicos dos seres vivos são divididos em dois grandes grupos: os **inorgânicos**, água e sais minerais, e os **orgânicos**, que incluem carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e ácidos nucleicos. O ser humano é heterótrofo, e seus componentes químicos são obtidos na dieta. Uma parte do metabolismo é responsável pela conversão de um tipo de nutriente em outro; por exemplo, se uma pessoa consumir grande quantidade de açúcar, acima das necessidades energéticas diárias, poderá converter açúcar em gordura. Neste capítulo, serão discutidas as proteínas; além disso, será feita uma introdução à nutrição.

Proteínas são **macromoléculas** formadas por um grande número de **aminoácidos**, de maneira análoga aos polissacarídeos, que são macromoléculas formadas por monossacarídeos. Os aminoácidos de uma proteína estão unidos por meio de **ligações peptídicas**, enquanto os monossacarídeos de um polissacarídeo estão unidos por **ligações glicosídicas**.

### Papéis biológicos

As proteínas apresentam inúmeras funções no organismo, destacando-se os papéis estruturais, de transporte, de movimento, de função alimentar, de defesa, de coordenação e de ação catalítica. A tabela 1 resume os principais tipos de proteínas de acordo com a função que exercem.

Classificação funcional da proteína	Exemplos	Localização/atuação
Estruturais	Colágeno	Derme, tendões, ligamentos, ossos e córnea.
	Queratina	Epiderme e anexos (pelos e unhas).
Transporte	Hemoglobina	Presente em hemácias; transporta gás oxigênio nos vasos sanguíneos.
	Mioglobina	Presente nos músculos; armazena gás oxigênio.
Movimento	Actina e miosina	Músculos.
Alimento	Albumina	Clara de ovo.
	Caseína	Leite.
Defesa	Anticorpos	Sangue e tecidos.
Coordenação	Hormônio insulina	Controla a concentração de glicose no sangue.
	Hormônio do crescimento	Determina a elongação dos ossos.
Catalisadoras	Enzimas	Aceleram reações químicas. Estão presentes no sangue, no tubo digestório e no interior das células.

Tab. 1 Classificação funcional das proteínas: tipos, função biológica e ocorrência no organismo.

**Proteínas estruturais** têm papel plástico, ou seja, na **construção** das diversas estruturas do organismo. Entre as proteínas estruturais destacam-se o colágeno e a queratina. O **colágeno** é a proteína mais abundante do organismo e propicia **resistência**

à tração mecânica, contribuindo para a manutenção da estrutura de vários órgãos. O colágeno está presente na **derme**, nos **tendões** (une músculos e ossos), nos **ligamentos** (unem ossos entre si) e também nos **ossos** (juntamente com fosfato de cálcio) e na **córnea**.

**Queratina** é uma proteína impermeável que recobre a epiderme, protegendo vertebrados terrestres contra a **desidratação**. A queratina é o principal componente de vários anexos da epiderme, como **pelos** e **unhas**. Deve-se tomar cuidado para não confundir a queratina com a quitina, que é um polissacarídeo nitrogenado presente no exoesqueleto de artrópodes e na parede celular de fungos.

**Proteínas de transporte** carregam algumas substâncias específicas. É o caso da **hemoglobina**, presente no interior de **glóbulos vermelhos** (hemácias) e que transporta gás oxigênio dos pulmões aos tecidos. Há cerca de 280 milhões de moléculas de hemoglobina no interior de uma hemácia. Nos **músculos**, há uma grande quantidade da proteína **mioglobina**, que armazena gás oxigênio.

Outro tipo são as **proteínas de movimento**, como a **actina** e a **miosina**, abundantes em todos os tipos de **músculos**. O deslizamento dessas proteínas é que permite a realização dos movimentos de contração e distensão muscular. Os músculos esqueléticos são popularmente designados como carne, que representa uma fonte de proteínas na alimentação de muitos animais. No entanto, há **proteínas de função alimentar**, como a **albumina da clara de ovo** (que nutre o embrião) e a **caseína do leite**, fundamental na nutrição de mamíferos jovens.

**Proteínas de defesa** incluem os **anticorpos**, que protegem o organismo contra agentes estranhos, como bactérias, vírus e toxinas. Os componentes estranhos ao corpo e que podem desencadear a produção de anticorpos são denominados **antígenos**. Há situações em que os anticorpos têm um efeito indesejado, pois atacam antígenos que foram introduzidos na tentativa de beneficiar o organismo receptor, como no caso de transfusões sanguíneas e de transplante de órgãos.

**Proteínas de coordenação** são os **hormônios**. Há hormônios esteroides (de natureza lipídica), como o estrógeno e a progesterona; no entanto, há vários hormônios de natureza proteica, como a **insulina** (que contribui para o controle da concentração de glicose no sangue) e o **hormônio do crescimento**, que determina a elongação dos ossos. Já as **proteínas de ação catalítica** são as **enzimas**, que aceleram as reações químicas do metabolismo.

Bioquímica e fisiologia são áreas interdependentes e complementares. Muitos dos assuntos levantados no estudo das proteínas serão abordados de modo mais profundo na Fisiologia, nos Livros de 2 a 4 da Frente 3. É o caso do estudo dos hormônios, dos anticorpos e das proteínas musculares. A queratina é bastante discutida em zoologia, no Capítulo 8 da Frente 3 referente aos cordados.

### Aminoácidos e peptídeos

Em termos químicos, as proteínas são **polímeros** constituídos por **aminoácidos**. Polímero é um composto formado por unidades repetitivas encadeadas. Os seres vivos apresentam vinte tipos de aminoácidos (Fig. 2); em todos eles, há um



carbono central (**carbono alfa**), ao qual estão ligados: um átomo de **hidrogênio**, um grupo **carboxila** ( $-\text{COOH}$ ), um grupo **amina** ( $-\text{NH}_2$ ) e um **radical (R)**, que é a porção variável da molécula e o que confere a identidade de cada um dos vinte aminoácidos. O radical do aminoácido glicina é um átomo de hidrogênio; no aminoácido alanina, o radical é um grupo  $-\text{CH}_3$  (Fig. 1). Os aminoácidos apresentam átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. No entanto, dois aminoácidos, a metionina e a cisteína, também têm enxofre (S).

Nos ribossomos, ocorre a reunião dos aminoácidos para a formação das proteínas. Dois aminoácidos são agrupados em uma reação de síntese por desidratação, com a produção de um **dipeptídeo** e a formação de água (Fig. 3). Essa reação envolve a função ácido carboxílico de um aminoácido e a função amina de outro; ocorre saída de água e estabelece-se uma ligação peptídica entre os dois aminoácidos. A ligação peptídica é do tipo covalente e une um átomo de carbono a um átomo de nitrogênio.

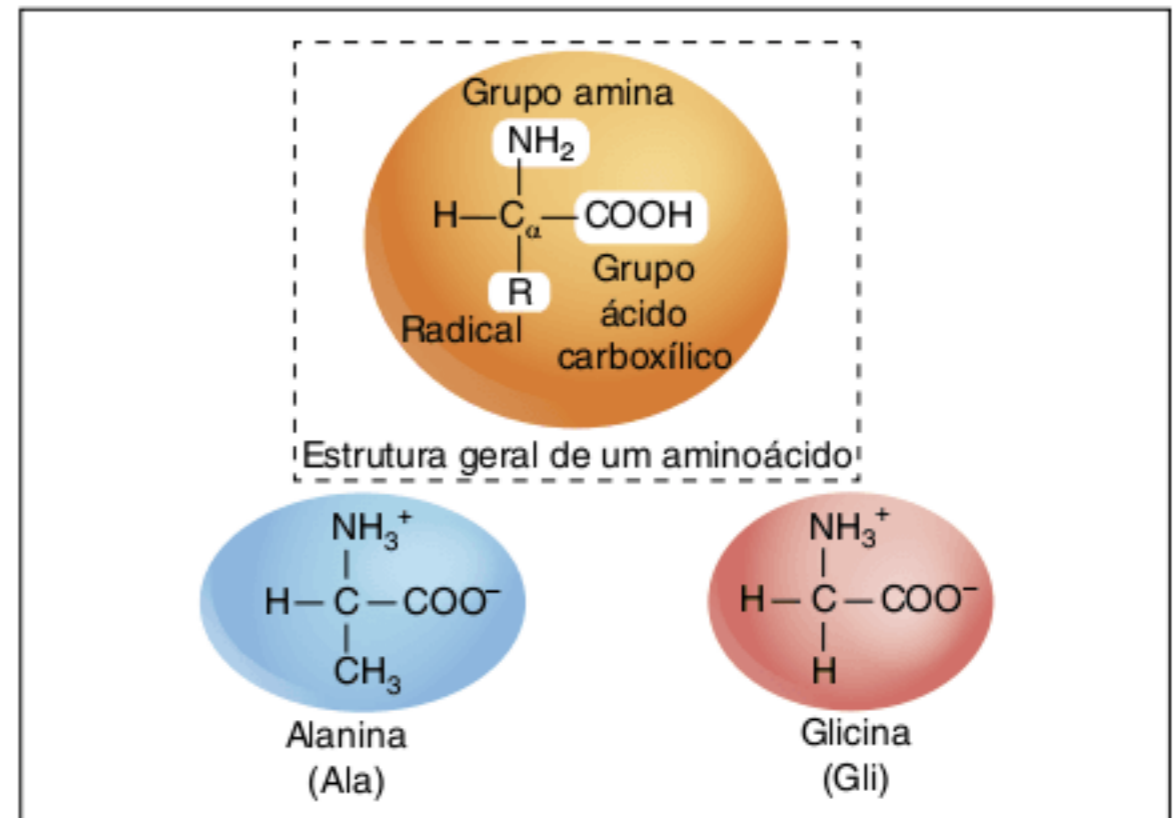


Fig. 1 Estrutura geral dos aminoácidos e fórmula de dois aminoácidos: glicina e alanina, que diferem apenas no grupo radical ( $\text{H}^+$  na glicina, e  $\text{CH}^3$  na alanina).

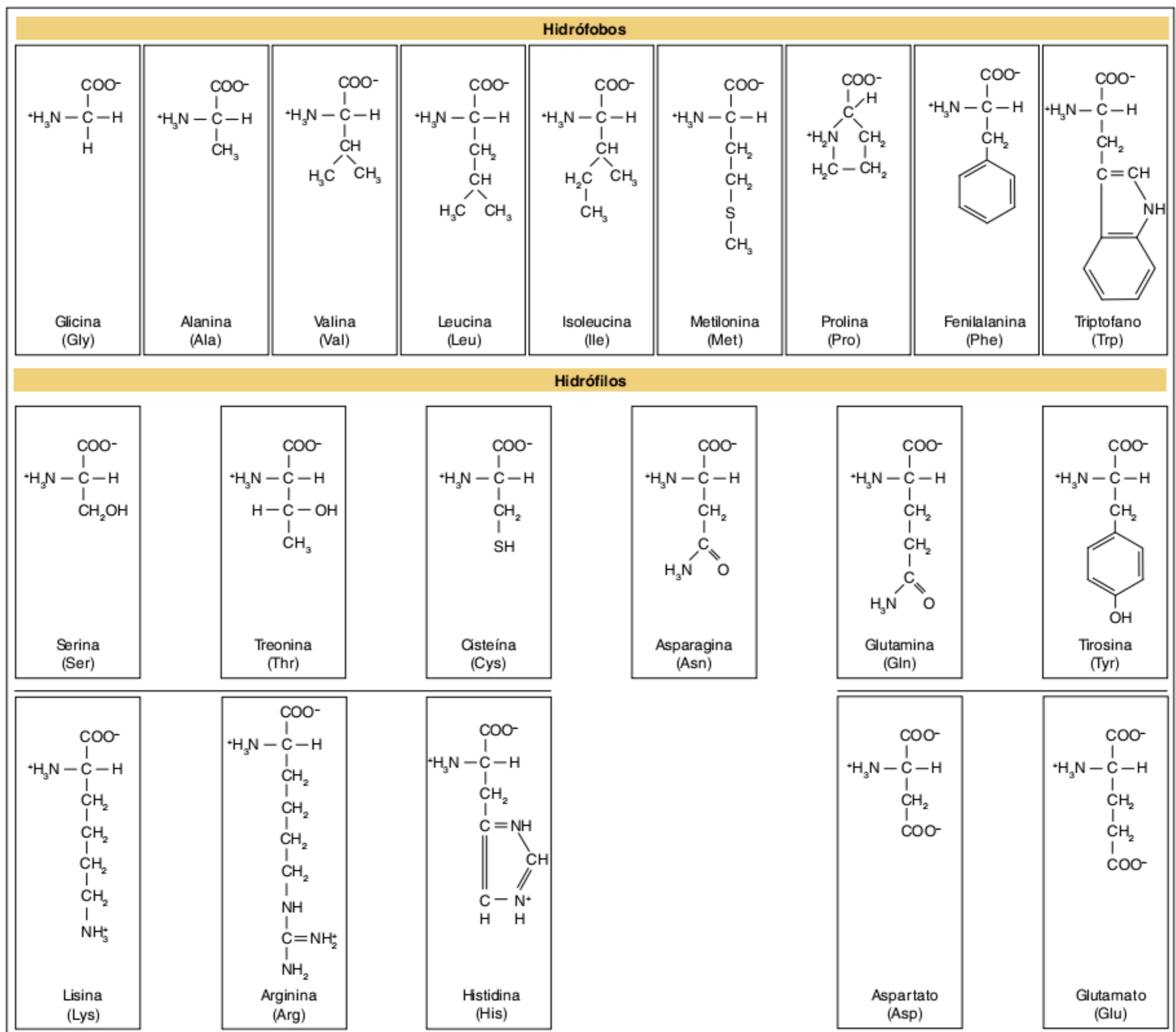


Fig. 2 Representação dos vinte tipos de aminoácidos encontrados nos seres vivos. Abaixo de cada fórmula está indicado o nome do aminoácido e sua abreviatura entre parênteses.



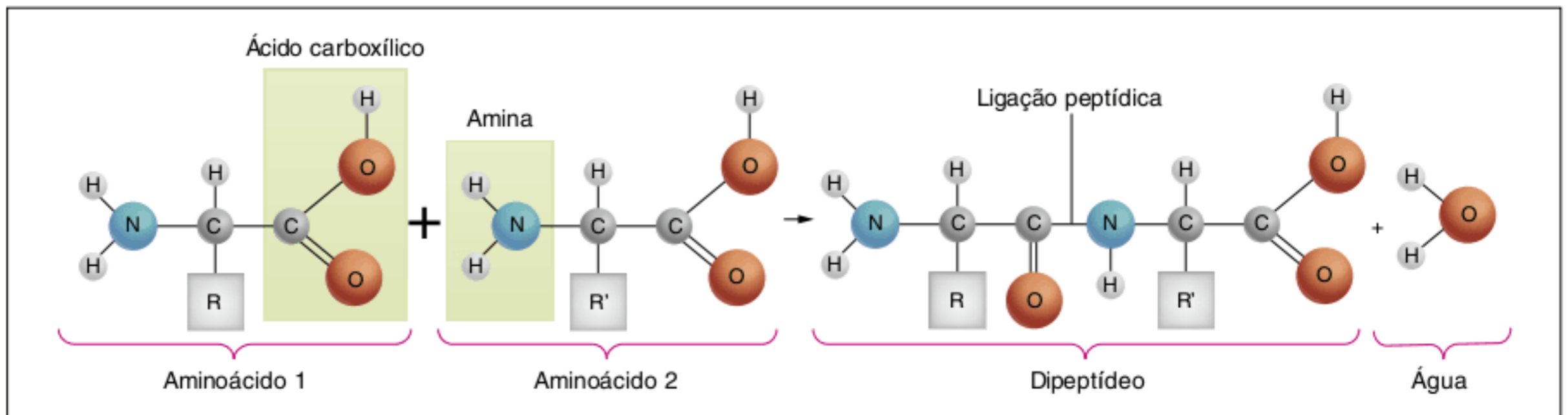


Fig. 3 Reação química entre dois aminoácidos e a formação de uma ligação peptídica.

Três aminoácidos agrupados por reações químicas constituem um **tripeptídeo**. Uma molécula constituída por um pequeno número de aminoácidos é um **oligopeptídeo**; uma molécula com grande número de peptídeos é um **polipeptídeo**. Uma proteína, geralmente, é um **polipeptídeo** com função biológica.

Em relação ao ser humano, há dois tipos de aminoácidos: os essenciais e os naturais (ou não essenciais). **Aminoácidos essenciais** são aqueles que não conseguimos produzir; devemos necessariamente obtê-los na dieta. São eles: fenilalanina, triptofano, treonina, leucina, isoleucina, metionina, valina e lisina. Nos recém-nascidos, a histidina também é um aminoácido essencial. **Aminoácidos naturais (não essenciais)** são aqueles que o ser humano consegue produzir a partir de substâncias orgânicas, como carboidratos ou outros aminoácidos. Há alimentos ricos em aminoácidos essenciais, como carne, leite e ovos. Vegetais podem fornecer esses aminoácidos quando são combinados em uma refeição um cereal (arroz, milho, trigo) e uma leguminosa (plantas cujo fruto é uma vagem), como feijão, soja e lentilha.

O **colágeno** é um componente da gelatina, muito usada como sobremesa e submetida a processos que lhe conferem cor e sabor. No entanto, o colágeno não tem todos os aminoácidos essenciais para o ser humano. Para muitos carnívoros, o colágeno (presente em ossos que esses animais comem) contém todos os aminoácidos essenciais.

### Estrutura das proteínas

Uma proteína pode apresentar quatro níveis de organização: estrutura primária, estrutura secundária, estrutura terciária e, em alguns casos, estrutura quaternária. **Estrutura primária** corresponde à ordem dos aminoácidos ao longo da molécula. Interações entre os resíduos das terminações amino e ácido dos aminoácidos geram ligações de hidrogênio. Por exemplo, o grupo ácido do primeiro aminoácido de uma cadeia pode realizar ligação de hidrogênio com o grupo amino do quarto aminoácido. Assim, o filamento proteico enrola-se, determinando a **estrutura secundária** da proteína. A forma mais comum é um enovelamento em forma de hélice ( $\alpha$ -hélice), mas também existem outras modalidades de estrutura secundária, como a da forma de placas.

A **estrutura terciária** corresponde à forma final que a cadeia proteica assume, normalmente enrolando-se sobre si mesma. Esse enrolamento é determinado pelas interações entre os radicais dos aminoácidos componentes. O radical de um aminoácido da molécula proteica estabelece interações com o radical de outro aminoácido da mesma molécula de proteína, como **ligações de hidrogênio**, **ligações dissulfeto** (que ocorre entre átomos de enxofre dos radicais da cisteína) e **interações hidrofóbicas**. Essas interações são fundamentais na determinação da forma que a molécula proteica assume. A mioglobina tem aspecto enovelado; é uma proteína **globular**, solúvel em água. A queratina tem aspecto alongado e não sofre enovelamento; é uma proteína **fibrosa**, insolúvel em água.

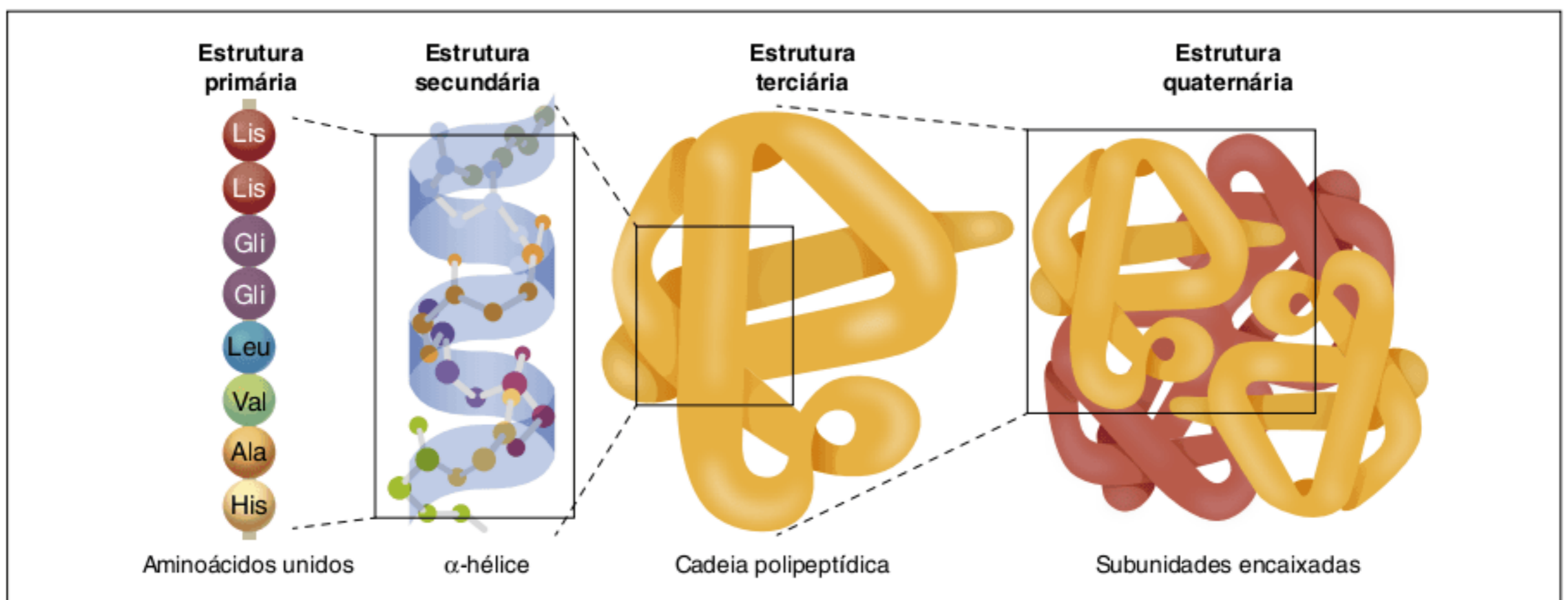


Fig. 4 Os quatro níveis de organização de uma proteína.



A **estrutura quaternária** é o resultado do agrupamento de cadeias peptídicas, formando um complexo molecular capaz de exercer um papel no organismo (Fig. 4). A mioglobina é constituída por uma única cadeia peptídica e, com isso, consegue exercer seu papel de armazenar gás oxigênio nos músculos. Ela não apresenta estrutura quaternária. No entanto, a hemoglobina completa é constituída por quatro cadeias peptídicas; só com esse grupo de quatro cadeias é que a hemoglobina fica capacitada a exercer seu papel de transportar gás oxigênio no sangue. Assim, a hemoglobina apresenta estrutura quaternária.

### Forma e função

A forma de uma ferramenta relaciona-se com sua utilidade. Uma chave de fenda, por exemplo, tem a forma adequada para apertar ou afrouxar parafusos, enquanto a chave de boca é empregada para apertar ou afrouxar porcas (Fig. 5).



Fig. 5 A forma de uma ferramenta está relacionada com a sua utilidade.

De maneira análoga, a forma de uma proteína determina sua função biológica específica. Um determinado anticorpo presente no soro contra veneno de cascavel é específico para esse tipo de antígeno; não é eficiente para combater veneno de jararaca. O anticorpo contra o veneno de cascavel é de natureza proteica e tem a forma adequada para sua função (inutilizar a toxina presente no veneno de cascavel). Ou seja, a forma de uma proteína determina o seu substrato (com quem ela irá se ligar) e a ação que ela terá sobre esse composto.

A forma de uma proteína é determinada pela sua estrutura primária, ou seja, pela sequência dos aminoácidos (devido a interações entre os radicais dos aminoácidos). Por outro lado, a sequência dos aminoácidos é construída nos ribossomos, durante a síntese de proteínas. Tivemos uma noção desse processo no Livro 1, onde vimos que o DNA serve de molde para a produção de RNA mensageiro, que nos ribossomos orienta a síntese de proteínas. O DNA e o RNA mensageiro apresentam sequências de bases nitrogenadas, e a sequência de bases do DNA determina a sequência de bases do RNA mensageiro, que determina a sequência de aminoácidos na cadeia proteica.

A sequência de aminoácidos determina a forma da proteína, que determina sua função biológica específica (Fig. 6).

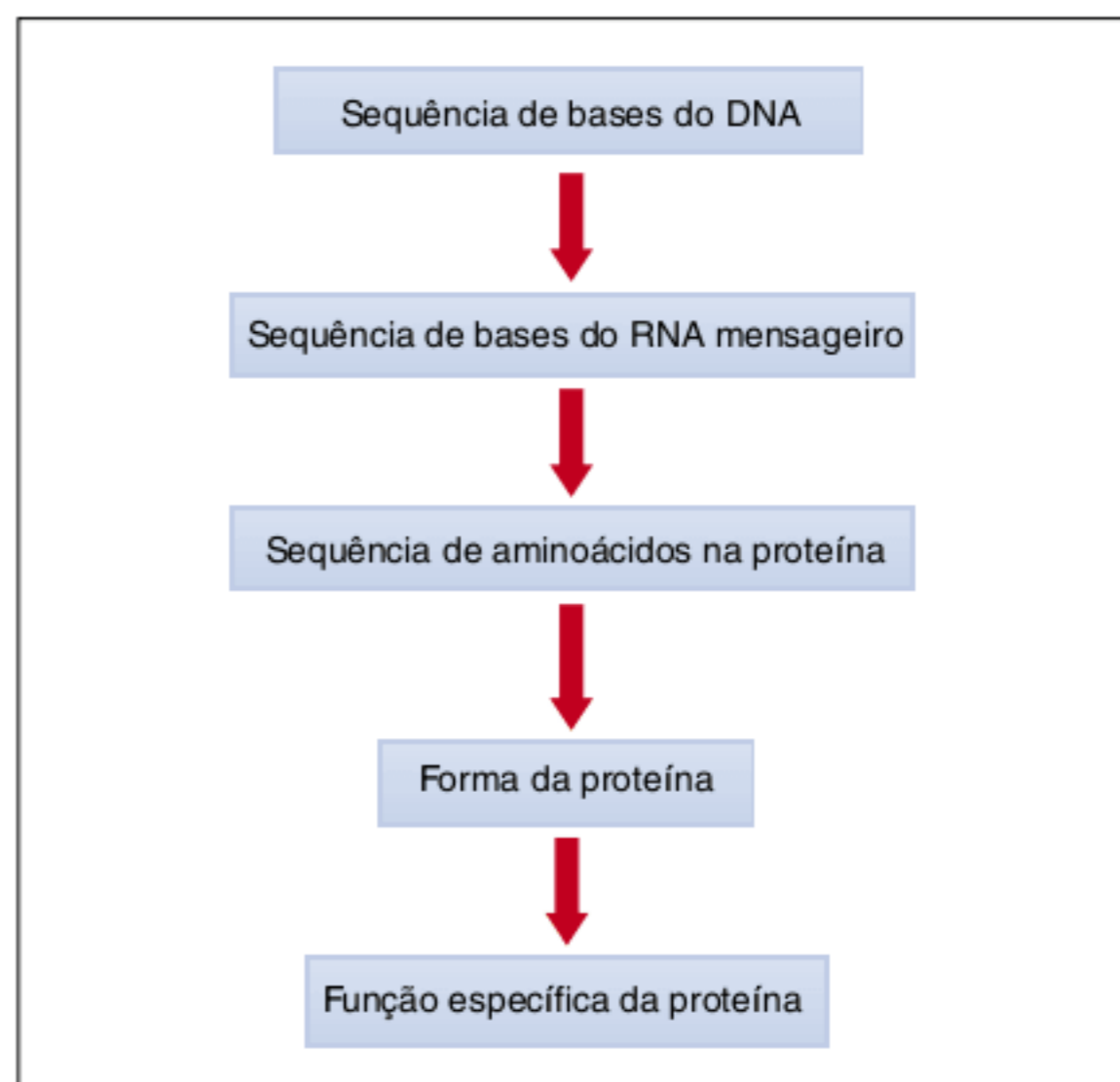


Fig. 6 A forma de uma proteína determina sua função biológica e é determinada pela sequência das bases nitrogenadas do DNA.

Vimos que as mutações podem alterar a sequência de bases nitrogenadas do DNA; isso pode causar mudança na forma e na função da proteína produzida a partir do segmento de DNA afetado.

### Desnaturação proteica

Desnaturação é a alteração da forma de uma proteína sem ocorrer modificação na sequência de seus aminoácidos componentes. A desnaturação pode ser provocada pela exposição à **radiação ultravioleta**, a **temperaturas muito altas ou baixas**, a **elevadas concentrações de sal** e à **variação de pH**. Esses fatores interferem de alguma forma nas interações entre os grupos radicais dos aminoácidos integrantes da cadeia proteica, resultando na modificação de sua forma. A radiação ultravioleta, por exemplo, é uma radiação com alto conteúdo energético e eleva a vibração dos átomos componentes da molécula proteica; o resultado pode ser sua desnaturação (Fig. 7).

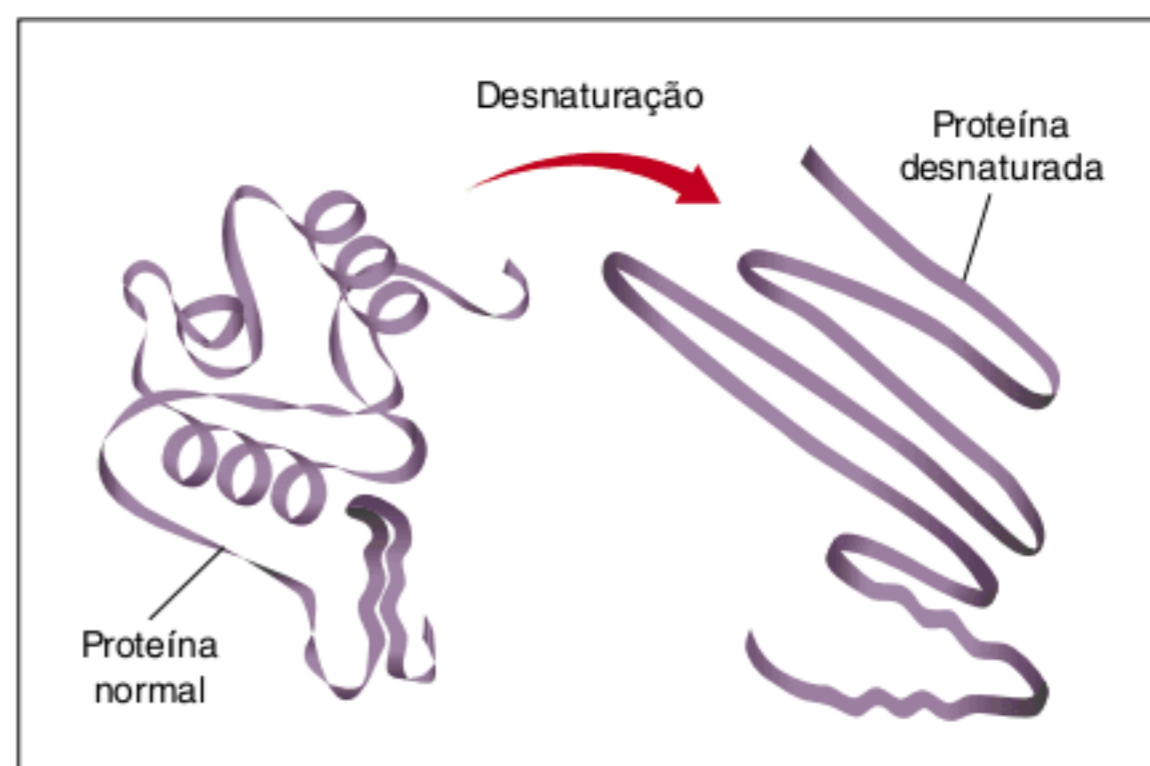


Fig. 7 Representação do processo de desnaturação proteica, caracterizado pela alteração na forma da molécula.



Considerando o ser humano e muitos outros animais, em geral, suas proteínas sofrem mudanças irreversíveis quando são submetidas a temperaturas acima de 43 °C. Temperaturas mais baixas provocam mudanças menos intensas e normalmente são reversíveis. A albumina da clara de ovo, por exemplo, quando é aquecida, sofre desnaturação, e a clara fica endurecida e esbranquiçada. Isso não ocorre quando o ovo é mantido na geladeira (Fig. 8).



Fig. 8 Representação do processo de desnaturação do ovo quando aquecido.

Há seres que vivem em ambientes com temperatura muito alta, e suas proteínas estão adaptadas a essa condição; é o caso de **arqueas termoacidófilas**, presentes em fontes termais com cerca de 80 °C.

O pH é uma escala que identifica o nível de acidez de um meio (uma solução, por exemplo). O valor 7 de pH significa meio neutro; valores de 0 a 7 correspondem a meio ácido (quanto mais próximo do 0, mais ácido); e valores entre 7 e 14 indicam um meio básico ou alcalino (quanto mais próximo do 14, mais básico). A explicação detalhada desses valores é dada em Físico-química.

Alterações de pH podem provocar desnaturação de proteínas. A caseína do leite, por exemplo, é desnaturada em meio ácido. Isso pode ser provocado pela fermentação de bactérias presentes no leite que liberam ácido láctico. A desnaturação da caseína dá ao leite um aspecto mais consistente; essa modificação é a base para a produção de certos derivados do leite, como iogurte e queijo. É possível também produzir desnaturação das proteínas do leite colocando nele suco de limão, rico em ácido cítrico (Fig. 9).

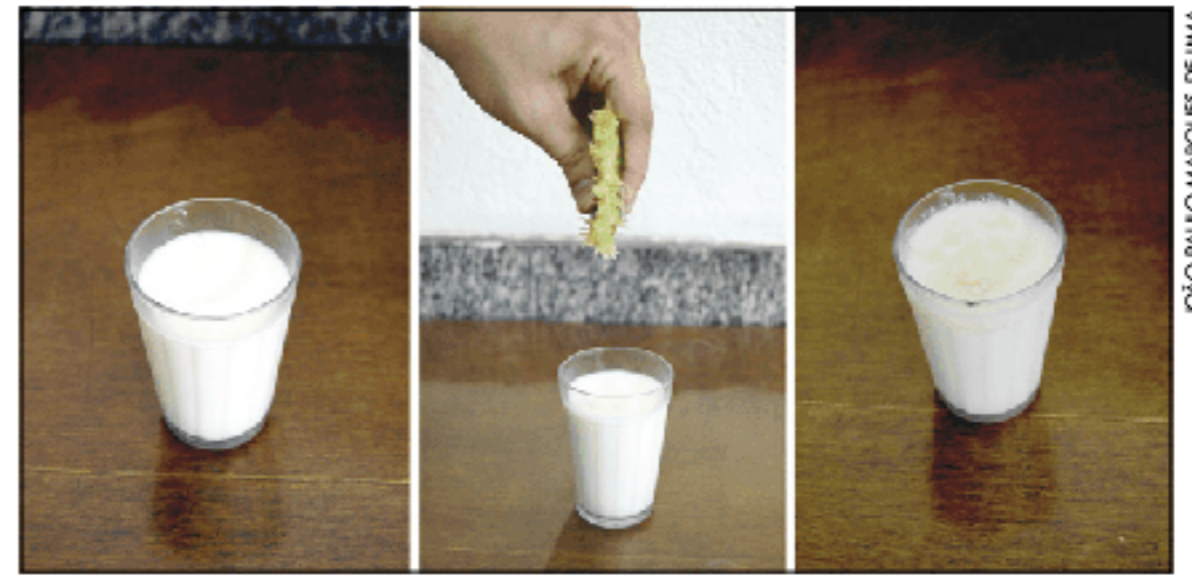


Fig. 9 O ácido cítrico do suco de limão provoca a desnaturação das proteínas do leite.

Retiradas das condições desnaturantes, muitas proteínas podem reassumir sua conformação nativa, em um processo chamado **renaturação**. Entretanto, a velocidade e a eficiência da renaturação são muito menores que as do dobramento das proteínas até atingirem sua forma nativa. A renaturação demonstra que a estrutura terciária de uma proteína é consequência da sua estrutura primária.

### As enzimas

A atividade metabólica dos seres vivos envolve inúmeras reações químicas controladas por enzimas, tanto no interior de células como no meio extracelular (no sangue e no tubo digestório, por exemplo). Enzimas são **catalisadores proteicos** e aceleram reações químicas específicas. Uma reação química sem a presença da enzima específica ocorreria de maneira muito mais lenta e isso seria incompatível com a taxa de reação necessária aos processos vitais. Uma enzima, ao catalisar uma reação específica, envolverá sempre os mesmos reagentes (designados como o **substrato** da enzima) e formará o complexo **enzima-substrato**. Nesse complexo, ocorrerá a reação que irá liberar os produtos, que serão sempre os mesmos para essa reação. Ao final da reação, os produtos são liberados e a enzima é regenerada, podendo ser empregada inúmeras vezes para catalisar a mesma reação química. Cada enzima é específica para um tipo de substrato. Assim, a enzima sacarase realiza a hidrólise da sacarose, enquanto a enzima maltase hidrolisa a maltose (Fig. 10).

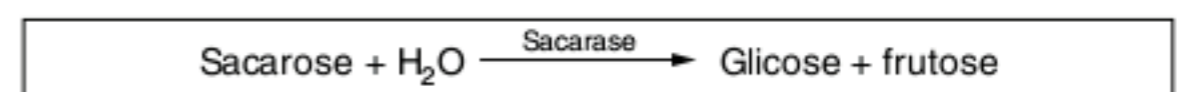


Fig. 10 Reação química de hidrólise da sacarose, catalisada por uma enzima específica (sacarase).

No Livro 1 foi apresentada uma noção de material genético. Um exemplo citado foi o do gene (segmento de DNA) responsável pela determinação da pigmentação normal da pele, com a síntese de melanina. Esse gene determina a produção da enzima tirosinase, que atua sobre o aminoácido tirosina (o substrato), convertendo-o em melanina (produto da reação).

As enzimas apresentam um local conhecido como **centro ativo** (ou **sítio ativo**), uma espécie de “bolsa molecular” na qual as moléculas dos reagentes se encaixam. As interações entre a enzima e as moléculas do substrato facilitam a reação química, gerando os produtos da reação. A enzima é recuperada no final do processo (Fig. 11).



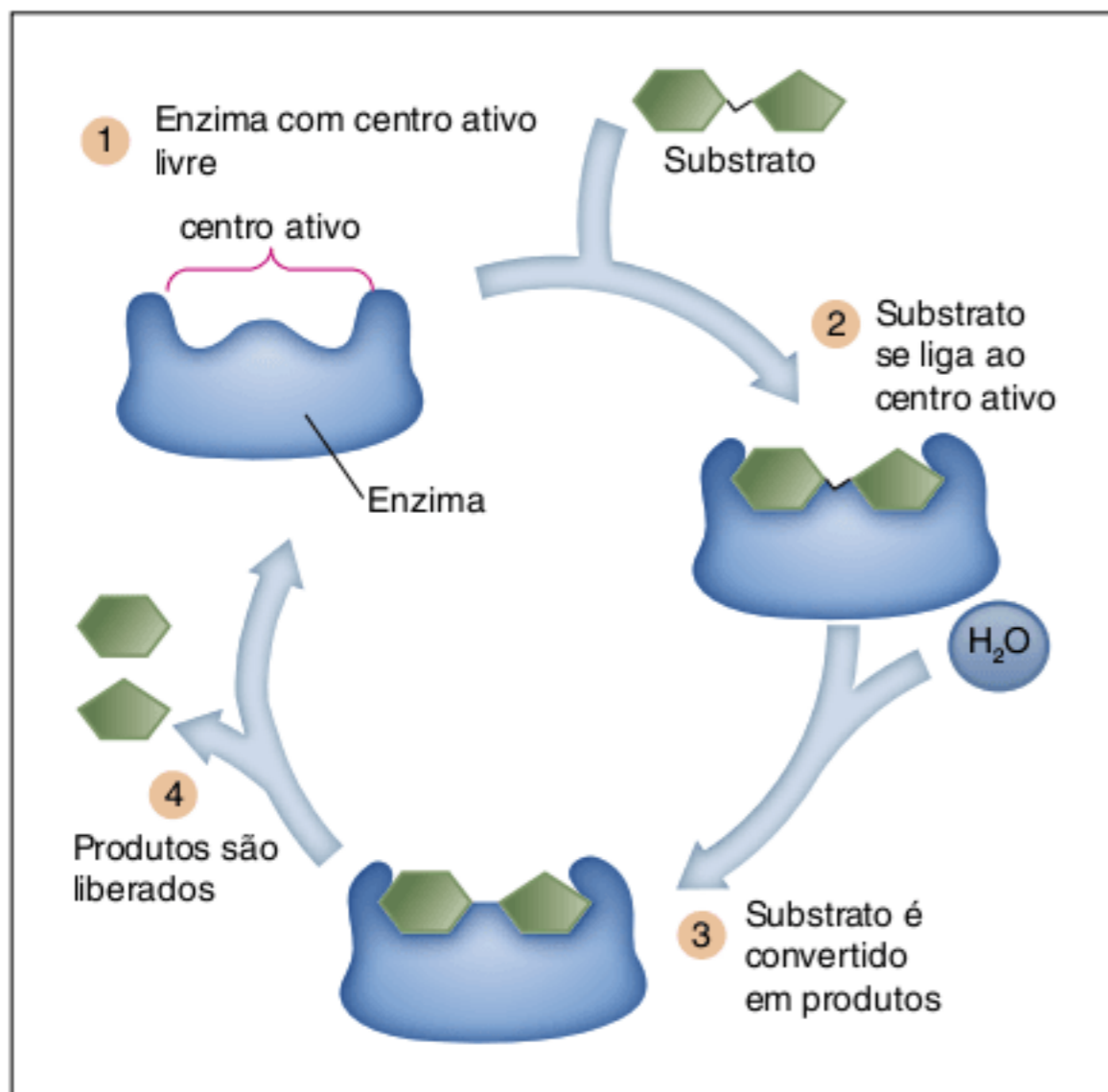


Fig. 11 Modelo de reação química catalisada por enzima. O substrato e o centro ativo da enzima interagem no processo.

O encaixe entre enzima e substrato é fundamental para a eficácia da atividade enzimática. Com a forma adequada, a velocidade da reação controlada por uma enzima torna-se máxima. Alterações na forma da enzima (principalmente no seu centro ativo) reduzem a velocidade da reação. Ocorre que a forma das proteínas é afetada pela temperatura e pelo pH, entre outros fatores. Há uma **temperatura ótima** para a atividade de uma enzima; nessa temperatura a velocidade da reação enzimática é máxima (Fig. 12). A temperatura do corpo humano é de cerca de 37 °C; a temperatura ótima fica um pouco acima disso. Assim, nosso metabolismo trabalha um pouco abaixo do ótimo. Estados de elevação de temperatura são designados como hipertermia; uma modalidade de hipertermia é a febre. Diante de uma infecção viral ou bacteriana, o organismo pode apresentar uma reação febril, elevando a atividade metabólica, o que contribui para combater o organismo invasor. No entanto, temperaturas corporais muito elevadas podem trazer danos, como convulsões, ou mesmo levar o indivíduo à morte.

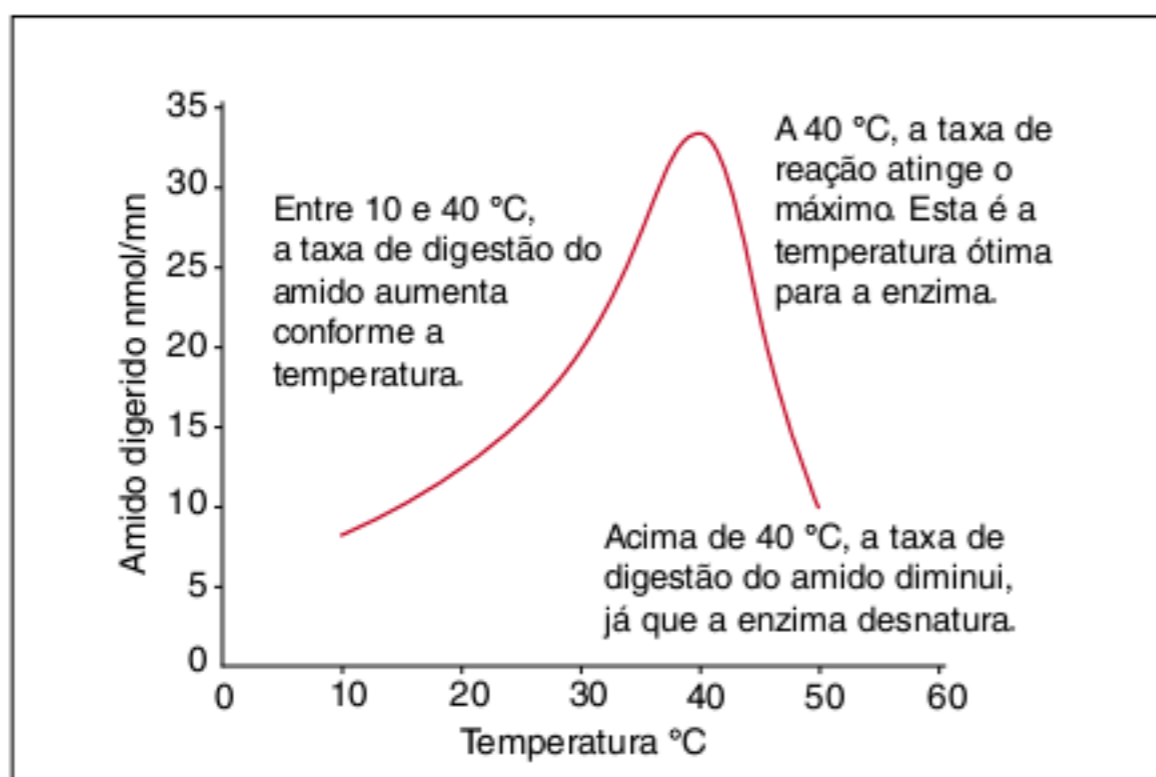


Fig. 12 Gráfico representativo da atividade de uma amilase, enzima que hidrolisa amido. A temperatura do corpo humano é de cerca de 37 °C; a temperatura ótima dessa enzima fica um pouco acima disso.

Toda enzima tem um **pH ótimo** para sua atividade, no qual a velocidade da reação enzimática é máxima. A enzima pepsina, por exemplo, atua no estômago, com pH em torno de 2; já a enzima tripsina atua no duodeno, com pH em torno de 8. Cada enzima atua em um determinado pH, e variações bruscas nesse pH ótimo causam sua desnaturação (Fig. 13).

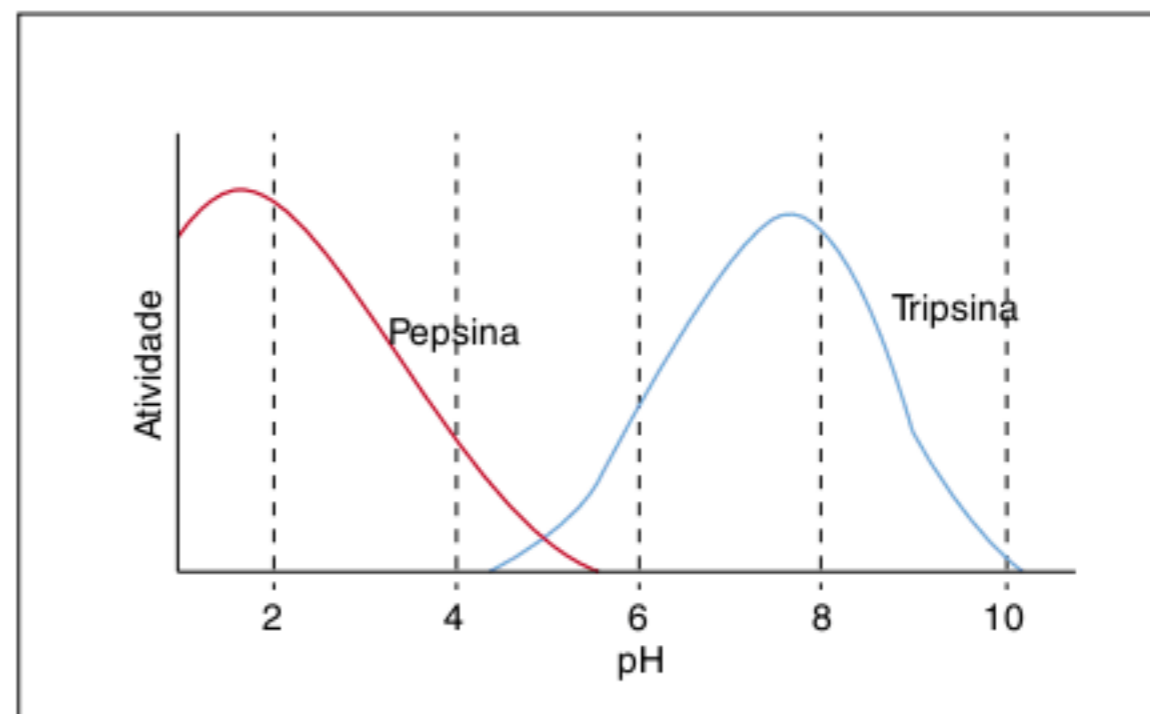


Fig. 13 Gráfico representativo da atividade de enzimas pepsina e tripsina em diferentes valores de pH. A pepsina tem melhor desempenho em meio ácido, e a tripsina em meio básico.

A velocidade de uma reação enzimática também depende da **concentração de substrato**. Pequenas concentrações de substrato determinam baixas velocidades de reação; já a elevação da concentração de substrato aumenta a velocidade da reação, pois aumenta o número de choques entre enzima e substrato. No entanto, a partir de certa concentração, a velocidade da reação não se altera, uma vez que as enzimas não têm capacidade de processar maior quantidade de moléculas de substrato (Fig. 14).

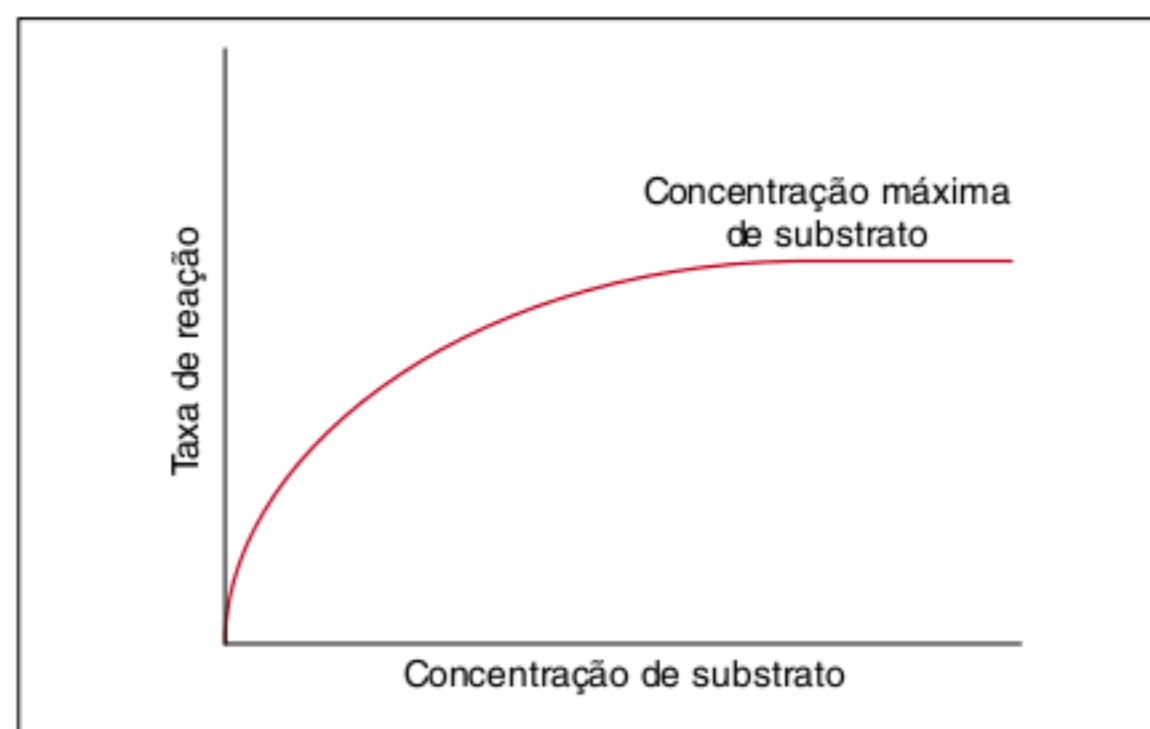


Fig. 14 Gráfico representativo da velocidade de uma reação enzimática em função da concentração de substrato. A velocidade aumenta com a elevação da concentração do substrato até atingir o ponto de saturação, a partir do qual a velocidade permanece constante.

Algumas enzimas só apresentam atividade quando estão associadas a outra substância, denominada cofator, que pode ser um **mineral** ou uma **molécula orgânica** (não proteica), como certas vitaminas. A molécula completa da enzima, associada a um cofator, é denominada **holoenzima**. Sua parte proteica é chamada de **apoenzima**, e o cofator orgânico recebe o nome de **coenzima** (Fig. 15).



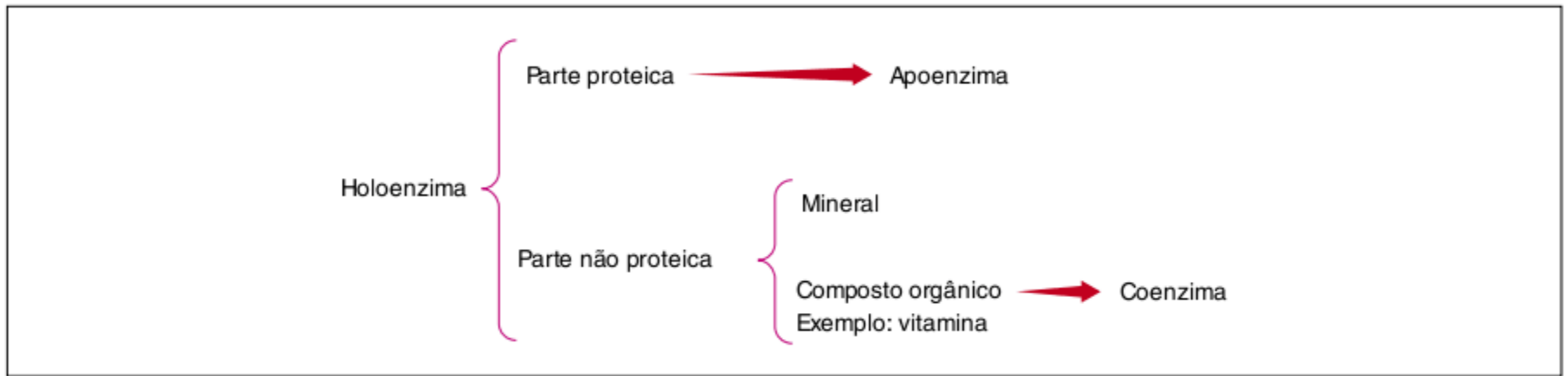


Fig. 15 Uma enzima integral (holoenzima) tem componentes proteicos e não proteicos.

## Revisando

**1** Explique, sob o ponto de vista químico, o que são proteínas.

**2** Cite um exemplo de proteína que desempenha os seguintes papéis:

- estrutural: \_\_\_\_\_
- transporte: \_\_\_\_\_
- movimento: \_\_\_\_\_
- alimento (nutrição): \_\_\_\_\_
- defesa: \_\_\_\_\_
- coordenação: \_\_\_\_\_
- ação catalítica: \_\_\_\_\_

**3** Qual o nome da reação que une dois aminoácidos por meio de uma ligação peptídica?

**4** O que são aminoácidos essenciais?

**5** O que são aminoácidos não essenciais ou naturais?

**6** Defina estrutura primária.

**7** Qual é o tipo de estrutura proteica que corresponde ao formato helicoidal da molécula?

**8** Uma molécula proteica dobra-se sobre si mesma por meio de interações entre os radicais dos aminoácidos. Essa descrição corresponde a qual estrutura proteica?

**9** Preencha corretamente os espaços: A sequência de bases nitrogenadas do \_\_\_\_\_ determina a sequência de bases nitrogenadas do \_\_\_\_\_, que determina a sequência de \_\_\_\_\_ de uma proteína.



**10** Preencha corretamente os espaços: A forma de uma proteína é determinada pela sequência de \_\_\_\_\_; por outro lado, a forma de uma proteína determina sua \_\_\_\_\_.

**11** O que é desnaturação? Cite três fatores que podem determinar a desnaturação proteica.

---

---

---

**12** O que são enzimas?

---

---

---

**13** Cite os fatores que interferem na atividade enzimática.

---

---

---

**14** O que é coenzima?

---

---

---

## Exercícios propostos

**1 Fuvest** Leia o texto a seguir, escrito por Jons Jacob Berzelius em 1828.

*Existem razões para supor que, nos animais e nas plantas, ocorrem milhares de processos catalíticos nos líquidos do corpo e nos tecidos. Tudo indica que, no futuro, descobriremos que a capacidade de os organismos vivos produzirem os mais variados tipos de compostos químicos reside no poder catalítico de seus tecidos.*

A previsão de Berzelius estava correta, e hoje sabemos que o "poder catalítico" mencionado no texto deve-se:

- (a) aos ácidos nucleicos.
- (b) aos carboidratos.
- (c) aos lipídeos.
- (d) às proteínas.
- (e) às vitaminas.

**2 UEL 1998** Consideram-se aminoácidos essenciais para um determinado animal aqueles:

- (a) de que ele necessita e sintetiza a partir de outras substâncias.
- (b) de que ele necessita mas não consegue sintetizar, tendo que recebê-los em sua dieta.
- (c) de que ele necessita apenas nas primeiras etapas de seu desenvolvimento.

- (d) obtidos diretamente a partir de vegetais, que são os únicos organismos a sintetizá-los.
- (e) resultantes da degradação de suas próprias proteínas.

**3 Unirio 2000** A albumina, que é uma macromolécula de peso molecular em torno de 42.000 g e encontrada na clara do ovo, é uma proteína formada pela reação entre:

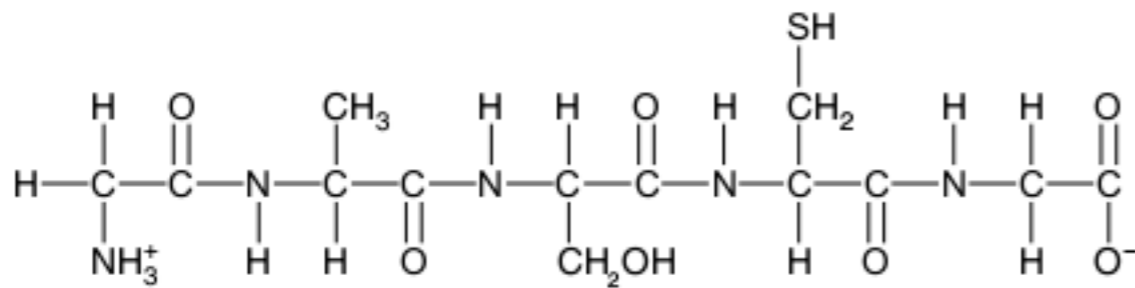
- (a) ésteres.
- (b) amidas.
- (c) aminas.
- (d) aminoácidos.
- (e) ácidos carboxílicos.

**4 Puccamp 1993** Os fenilcetonúricos têm falta de uma enzima do fígado responsável pelo metabolismo do aminoácido fenilalanina. Para que essa substância não se acumule no sangue, sua dieta alimentar deve restringir, dentre os nutrientes mencionados a seguir:

- (a) as proteínas apenas.
- (b) os carboidratos apenas.
- (c) as gorduras apenas.
- (d) as gorduras e os carboidratos.
- (e) as gorduras e as proteínas.



**5 Fuvest 1995** A hidrólise de um peptídeo rompe a ligação peptídica, originando aminoácidos. Quantos aminoácidos diferentes se formam na hidrólise total do peptídeo representado a seguir?



- (a) 2      (b) 3      (c) 4      (d) 5      (e) 6

**6 UFRGS 2000** As proteínas alimentares ingeridas pelos animais não são absorvidas como tais. Eles as degradam por meio de enzimas, rearranjam-nas e assim produzem suas próprias proteínas. Os animais ingerem alimentos proteicos para suprir seu organismo de:

- (a) ácidos carboxílicos.  
(b) açúcares.  
(c) glicerídios.  
(d) aminoácidos.  
(e) glicogênio.

**7 CPS 2004** Um estudo realizado na Unifesp revela que a má nutrição na infância é a maior causa de hipertensão e doenças cardíacas em adultos e adolescentes de baixa renda. Depois das mortes violentas, a hipertensão é apontada como maior causa de mortalidade entre a população de baixa renda. Esse quadro coloca os brasileiros pobres com a mesma expectativa de vida encontrada em países como o Afeganistão, cuja média de vida é 47 anos.

A pesquisa indica que o maior problema na alimentação da população carente é, além da falta de alimentos, a ausência de aminoácidos. De acordo com a pesquisa, a inclusão, por exemplo, de carne e feijão seria suficiente para corrigir a falha. O estudo revela, portanto, a falta principalmente de alimentos ricos em:

- (a) carboidratos, considerados alimentos energéticos e presentes nos ovos e verduras.  
(b) lipídios de grande importância para o metabolismo celular e presentes nas batatas e tubérculos.  
(c) proteínas, consideradas nutrientes construtores e presentes no leite e nos peixes.  
(d) vitaminas hidrossolúveis, que transportam os nutrientes para células e presentes nas frutas e legumes.  
(e) sais minerais, que fornecem energia necessária para o organismo e presentes nos cereais e condimentos.

**8 PUC-Rio 1999** A estrutura primária de uma proteína é determinada:

- (a) por sua forma tridimensional que dá origem às estruturas secundárias.  
(b) pela sua disposição espacial originada pela interação da cadeia peptídica.  
(c) pela sequência dos aminoácidos na cadeia peptídica.  
(d) pela divisão das estruturas secundárias.  
(e) pela quantidade de colágeno presente.

**9 Udesc** Os aminoácidos apresentam quimicamente um carbono central onde eles estão ligados. Em relação a isso, assinale a alternativa correta.

- (a) 1 grupo amina ( $\text{NH}_2$ ), 3 hidrogênio (H), 1 grupo carboxila ( $\text{COOH}$ ), 4 Radical (R).  
(b) 2 grupo amina ( $\text{NH}_2$ ), 1 hidrogênio (H), 2 grupo carboxila ( $\text{COOH}$ ), 1 Radical (R).  
(c) 1 grupo amina ( $\text{NH}_2$ ), 1 hidrogênio (H), 1 grupo carboxila ( $\text{COOH}$ ), 1 Radical (R).  
(d) 1 grupo amina ( $\text{NH}_2$ ), 1 hidrogênio (H), 3 grupo carboxila ( $\text{COOH}$ ), 2 Radical (R).  
(e) 2 grupo amina ( $\text{NH}_2$ ), 1 hidrogênio (H), 1 grupo carboxila ( $\text{COOH}$ ), 3 Radical (R).

**10 PUC-PR** As enzimas estão presentes em pequenas quantidades no organismo. Elas são moléculas extremamente específicas, atuando somente sobre um determinado composto, e efetuam sempre o mesmo tipo de reação. Em relação às enzimas, foram feitas quatro afirmações:

- I. Enzimas são proteínas que atuam como catalisadoras de reações químicas.
- II. Cada reação química que ocorre em um ser vivo, geralmente, é catalisada por um tipo de enzima.
- III. A velocidade de uma reação enzimática independe de fatores como a temperatura e o pH do meio.
- IV. As enzimas sofrem um processo de desgaste durante a reação química da qual participam.

São verdadeiras as afirmações:

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

**11 Uece 1997** Leia atentamente o texto e responda ao que se pede.

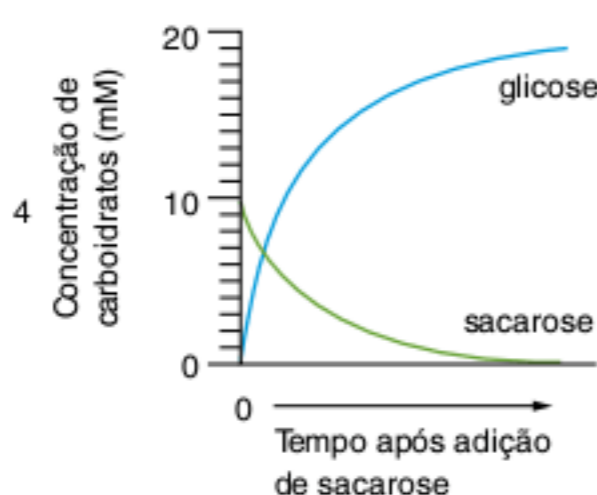
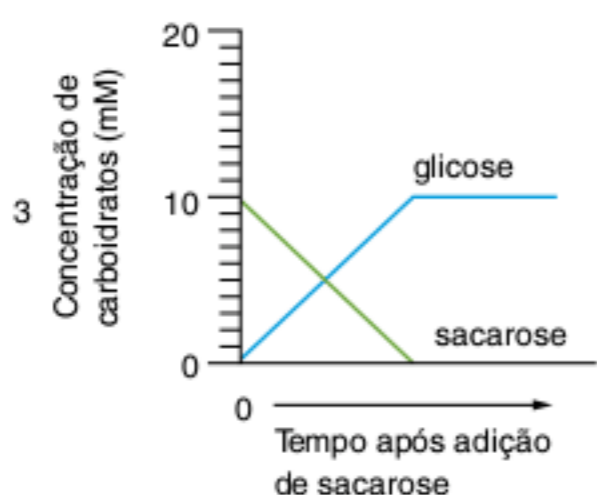
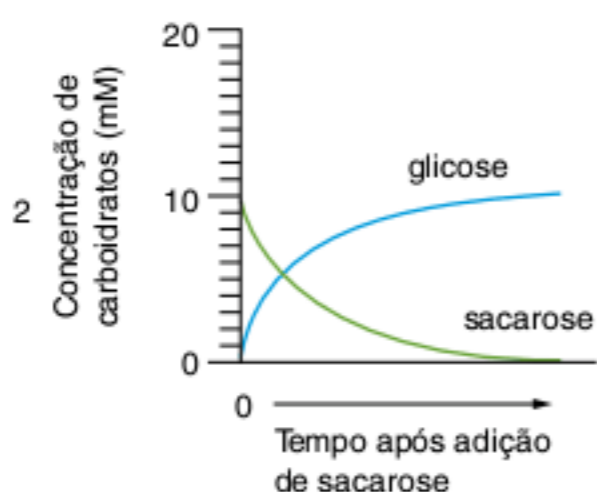
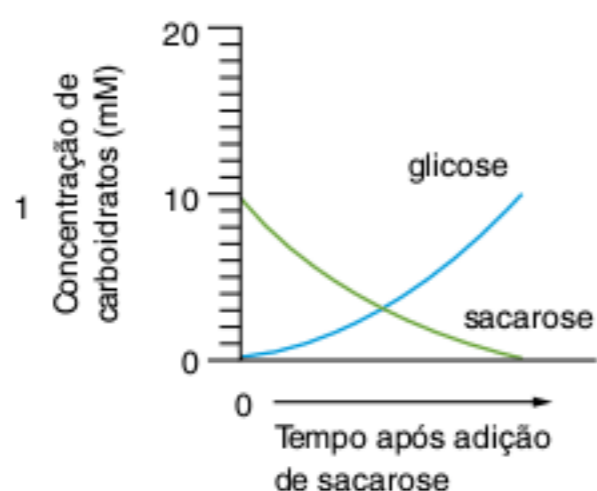
*A maciez da carne de peru para o Natal depende de certa habilidade no cozinhar, pois a desnaturação do colágeno e a coagulação das proteínas dos músculos (actina e miosina) ocorrem em temperaturas e velocidades diferentes nas diversas partes do peru. Deve-se saber que o ideal para a maciez da carne do peru é que a temperatura no interior dele atinja 70 °C, que é indispensável para transformar o colágeno em gelatina e proporcionar a coagulação dos músculos. Todavia, quanto mais tempo o peru ficar em alta temperatura, mais água ele perde e mais risco corre de sua carne ficar com a conhecida secura do peru de Natal. O tempo ideal de cozimento de um peru de 5 kg a 160 °C é de 3h e 35 min.*

Marque a opção correta relativa a tópicos retirado do texto.

- (a) As proteínas complexas são formadas exclusivamente de aminoácidos.  
(b) A glicina é um glicídio e responde por 33% da composição do colágeno.  
(c) A albumina encontrada na clara do ovo é uma proteína complexa e sofre desnaturação quando aquecida.  
(d) A actina e a miosina são proteínas e as unidades básicas das moléculas de proteína são os aminoácidos.



**12 Uerj** A invertase é a enzima que hidrolisa a sacarose em glicose e frutose. Incubou-se, em condições adequadas, essa enzima com sacarose, de tal forma que a concentração inicial, em milimoles por litro, do dissacarídeo fosse de 10 mM. Observe os gráficos a seguir.



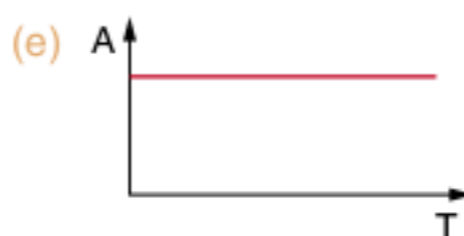
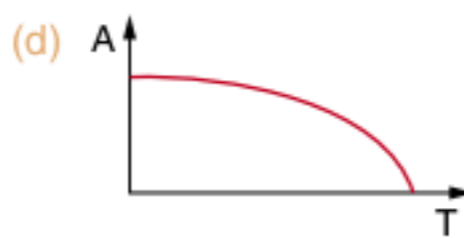
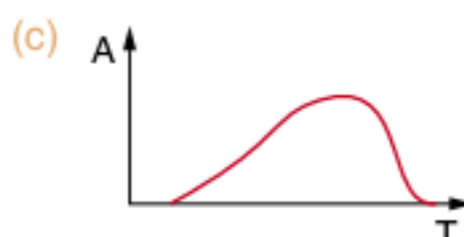
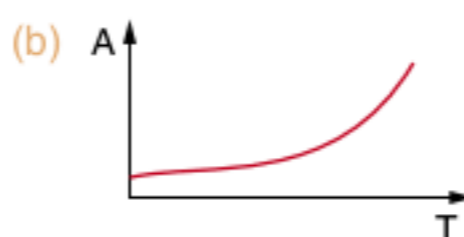
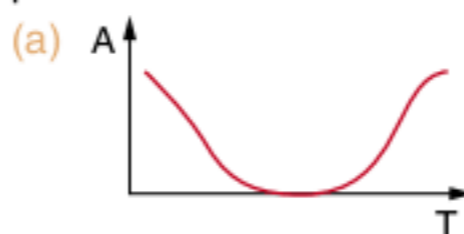
Aquele que melhor representa a variação das concentrações, em função do tempo de incubação, da sacarose e da glicose, é o de número:

- (a) 4
- (b) 3
- (c) 2
- (d) 1

**13 Mackenzie** Quando aumentamos gradativamente a temperatura do meio em que se encontra uma enzima que está abaixo da temperatura ótima, sua atividade catalítica:

- (a) aumenta, atinge um ponto máximo e depois diminui.
- (b) diminui, atinge um ponto mínimo e depois aumenta.
- (c) aumenta indefinidamente.
- (d) diminui indefinidamente.
- (e) permanece constante.

**14 Mackenzie** O gráfico da atividade enzimática em função da temperatura, que comprovaria a questão anterior, está representado na alternativa:



**15 UFF** Considere um gato siamês, que difere de outras raças de gatos por sua pelagem característica: escura nas patas, no focinho e no pavilhão auditivo, contrastando com o resto do corpo, onde é clara. As regiões escuras são as mais frias e, nelas, a substância que controla a produção do pigmento responsável pela pelagem escura é ativa, enquanto nas claras, que são quentes, essa substância é inativa. Pela sua ação no escurecimento da pelagem do animal, conclui-se que essa substância é:

- (a) um glicídio.
- (b) um lipídeo.
- (c) uma enzima.
- (d) um glicosaminoglicano.
- (e) uma vitamina.



## TEXTO COMPLEMENTAR

### Nutrição

A dieta representa o conjunto de alimentos ingeridos pelo indivíduo. Esses alimentos fornecem os nutrientes necessários às atividades metabólicas e fisiológicas. Nutrição significa o processo de absorção dos nutrientes fornecidos pelo alimento.

Os alimentos são tradicionalmente classificados em três grupos: energéticos, plásticos e reguladores. Entre os **alimentos energéticos** estão os **carboidratos** e os **lipídeos**. A degradação final dos alimentos energéticos ocorre por processos oxidativos, principalmente respiração celular e, eventualmente, fermentação. Esses processos oxidativos liberam a energia necessária para a manutenção das atividades do organismo. Uma pessoa gasta diariamente em torno de 2.000 kcal (quilocalorias). Pessoas sedentárias gastam menos, enquanto pessoas que praticam atividade física gastam mais. A dieta deve suprir as necessidades calóricas. Caso a pessoa tenha uma ingestão maior de calorias do que emprega no metabolismo, passa a ocorrer acúmulo de gordura.

Os **alimentos plásticos** são empregados na construção das estruturas do organismo. As **proteínas** são os principais alimentos plásticos, mas os **lipídeos** são também necessários à construção de estruturas, como a formação de membranas. As proteínas podem ser utilizadas no fornecimento de energia para o organismo.

**Alimentos reguladores** contribuem para o controle das reações químicas do metabolismo, que são controladas por enzimas. Vitaminas e certos minerais são alimentos reguladores e, conforme vimos, atuam como cofatores enzimáticos.

Além dos nutrientes mencionados, o organismo deve receber água, permitindo a reposição da **água** perdida na urina, nas fezes, no suor e na respiração pulmonar. A água é fundamental para o **transporte de substâncias** pelo sangue e pelos canais do sistema urinário; a água também é o meio onde as **reações químicas** do metabolismo ocorrem. A dieta também deve incluir  **fibras de celulose**, que estimulam o **peristaltismo**, diminuem a absorção de gorduras e facilitam a eliminação de fezes.

Diariamente, devemos receber na nutrição água e os diversos tipos de nutrientes, na quantidade correta; isso constitui uma dieta equilibrada. A má nutrição é a ingestão excessiva de um ou mais nutrientes ou o seu consumo em quantidade inferior à necessária (subnutrição).

Alguns nutrientes são íons ou moléculas de pequeno tamanho, sendo absorvidos sem a ocorrência de digestão. É o caso de sais minerais, vitaminas e monossacarídeos. Outros alimentos têm moléculas cujo tamanho não permite absorção; são submetidos à hidrólise enzimática. Dissacarídeos e o amido (polissacarídeo) são convertidos em monossacarídeos; proteínas são hidrolisadas em aminoácidos; gorduras e óleos são digeridos em glicerol e ácidos graxos. Os produtos da digestão são absorvidos e distribuídos aos tecidos pelo sangue.

## RESUMINDO

### Proteínas

Proteínas são macromoléculas formadas por um grande número de aminoácidos. Os aminoácidos de uma proteína estão unidos por ligações peptídicas.

### Papéis biológicos

- Proteínas estruturais têm papel plástico, ou seja, na construção de estruturas do organismo. São exemplos o colágeno e a queratina.
- Proteínas de transporte carregam algumas substâncias específicas, como a hemoglobina, que transporta gás oxigênio. Nos músculos há uma grande quantidade da proteína mioglobina, que armazena gás oxigênio.
- Proteínas de movimento, como a actina e a miosina, presentes nos músculos, auxiliam na contração muscular.
- Proteínas de função alimentar, a albumina da clara de ovo e a caseína do leite, têm aspecto nutricional.
- Proteínas de defesa incluem os anticorpos. Os componentes estranhos ao corpo e que podem desencadear a produção de anticorpos são denominados antígenos.
- Proteínas de coordenação são os hormônios, como a insulina (que contribui para o controle da concentração de glicose no sangue) e o hormônio do crescimento, que determina a alongação dos ossos.
- Proteínas de ação catalítica são as enzimas, que aceleram as reações químicas do metabolismo.

### Aminoácidos e peptídeos

Em termos químicos, as proteínas são polímeros constituídos de aminoácidos. Os seres vivos apresentam vinte tipos de aminoácidos. Nos ribossomos ocorre a reunião dos aminoácidos para a formação das proteínas. Dois aminoácidos são agrupados em uma reação de síntese por desidratação, com a produção de um dipeptídeo e a formação de água. Essa reação forma uma ligação peptídica entre os dois



aminoácidos. Uma molécula com grande número de peptídeos é um polipeptídeo. Uma proteína geralmente é um polipeptídeo com função biológica.

Em relação ao ser humano, há dois tipos de aminoácidos. Aminoácidos essenciais são aqueles que não conseguimos produzir; devemos necessariamente obtê-los na dieta. Aminoácidos naturais (não essenciais) são aqueles que o ser humano consegue produzir a partir de substâncias orgânicas, como carboidratos ou outros aminoácidos.

### Estrutura das proteínas

Uma proteína pode apresentar quatro níveis de organização. A estrutura primária corresponde à ordem dos aminoácidos ao longo da molécula. O filamento proteico enrola-se, determinando a estrutura secundária da proteína; a forma mais comum é um enovelamento em forma de hélice ( $\alpha$ -hélice). A estrutura terciária corresponde à forma final que a cadeia proteica assume, normalmente enrolando-se sobre si mesma. A estrutura quaternária é o resultado do agrupamento de cadeias peptídicas, formando um complexo molecular.

### Forma e função

A forma de uma proteína determina sua função biológica específica. A sequência de bases do DNA determina a sequência de bases do RNA mensageiro, que determina a sequência de aminoácidos na cadeia proteica. A sequência de aminoácidos determina a forma da proteína, que determina sua função biológica específica. Mutações podem alterar a sequência de bases nitrogenadas do DNA; isso pode causar mudança na forma e na função da proteína produzida a partir do segmento de DNA afetado.

### Desnaturação proteica

Desnaturação é a alteração da forma de uma proteína sem ocorrer modificação na sequência de seus aminoácidos componentes. A desnaturação pode ser provocada pela exposição à radiação ultravioleta, a temperaturas muito altas ou baixas e à variação de pH. Em geral, as proteínas humanas sofrem mudanças irreversíveis quando são submetidas a temperaturas acima de 43 °C; temperaturas mais baixas provocam mudanças menos intensas e normalmente são reversíveis.

### As enzimas

A atividade metabólica dos seres vivos envolve inúmeras reações químicas controladas por enzimas. Enzimas são catalisadores proteicos e aceleram reações químicas específicas. Ao final da reação, os produtos são liberados e a enzima é regenerada, podendo ser empregada inúmeras vezes para catalisar a mesma reação química. Cada enzima é específica para um tipo de substrato.

As enzimas apresentam um local conhecido como centro ativo (ou sítio ativo), uma espécie de “bolsa molecular”, no qual as moléculas dos reagentes se encaixam. Há uma temperatura ótima para a atividade de uma enzima; nessa temperatura, a velocidade da reação enzimática é máxima. Toda enzima tem um pH ótimo para sua atividade; nesse pH a velocidade da reação enzimática é máxima. A velocidade de uma reação enzimática também depende da concentração de substrato. A elevação da concentração de substrato aumenta a velocidade da reação; no entanto, a partir de certa concentração, a velocidade da reação não se altera.

Algumas enzimas só apresentam atividade quando estão associadas a outra substância, denominada cofator, que pode ser um mineral ou uma molécula orgânica (não proteica), como certas vitaminas (coenzima).

## ■ QUER SABER MAIS?



SITE

- Informações sobre a estrutura das proteínas

<<http://themedicalbiochemistrypage.org/protein-structure.html>>



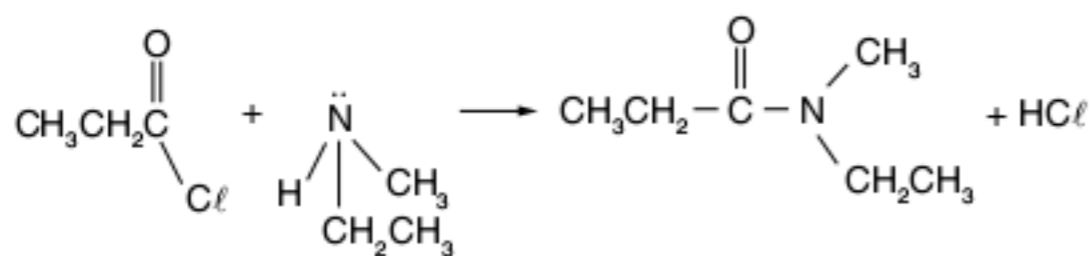
## Exercícios complementares

**1 Unicamp 1995** Os  $\alpha$ -aminoácidos são moléculas que têm um grupo amino e um grupo carboxila ligados a um mesmo átomo de carbono. Um dos vinte  $\alpha$ -aminoácidos encontrados em proteínas naturais é a alanina. Esta molécula possui também um átomo de hidrogênio e um grupo metila ligados ao carbono  $\alpha$ . Na formação de proteínas, que são polímeros de aminoácidos, estes se ligam entre si através de ligações chamadas peptídicas. A ligação peptídica forma-se entre o grupo amino de uma molécula e o grupo carboxila de uma outra molécula de aminoácido, com a eliminação de uma molécula de água.

Com base nessas informações, pede-se:

- a fórmula estrutural da alanina.
- a equação química que representa a reação entre duas moléculas de alanina formando uma ligação peptídica.

**2 UFSM 1999** Observe a reação:

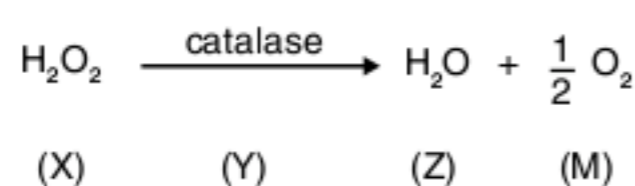


Na reação para síntese de N-etil-N-metil-propanamida, é formada uma ligação entre um átomo de carbono carbonílico e um átomo de nitrogênio, conhecida como ligação amida.

Essa ligação, chamada peptídica, é também comum em macromoléculas de origem natural encontradas em seres vivos, as quais são:

- o amido.
- os triglicerídeos.
- o nylon 66.
- o glicogênio.
- as proteínas.

**3** Dada a seguinte reação:



Hipoteticamente, se você arranjasse uma substância (N), enzimaticamente competitiva com o substrato da reação apresentada, e a colocasse no meio, você poderia afirmar que:

- a substância (N), sendo molecularmente semelhante a Z, inibe a ação de Y.
- a substância (N) é molecularmente semelhante a Y e, por isso, inibe a ação de Z.
- a substância (N) compete com Y para se ligar a Z.
- a substância (N) é molecularmente semelhante a X e, por isso, compete com este X para ligar-se a Y.
- a substância (N) é molecularmente semelhante a Y e, por isso, inibe a ação de X.

**4 CEFET-PR 2006 (Adapt.)** Ao ingerirmos um sanduíche (pão, alface, queijo, carne e tomate), introduzimos substâncias que são essenciais para o nosso organismo.

Sobre este assunto é incorreto afirmar que:

- como o pão contém amido, um carboidrato, ele vai começar a ser “quebrado” na boca pela saliva que contém a enzima ptialina.
- a alface contém fibras que auxiliam na formação do bolo fecal.
- o queijo contém muita gordura que é classificada como carboidrato.
- as proteínas da carne são digeridas no estômago pela pepsina.
- o tomate é rico em caroteno, licopeno, sais minerais e vitaminas.

**5 Unesp 2000 (Adapt.)** Os médicos de uma cidade do interior do Estado de São Paulo, ao avaliarem a situação da saúde de seus habitantes, detectaram altos índices de anemia, de bócio, de cárie dentária, de osteoporose e de hemorragias constantes através de sangramentos nasais. Verificaram a ocorrência de carência de alguns íons minerais e, para suprir tais deficiências, apresentaram as propostas seguintes.

Proposta I – distribuição de leite e derivados.

Proposta II – adicionar flúor à água que abastece a cidade.

Proposta III – adicionar iodo ao sal consumido na cidade, nos termos da legislação vigente.

Proposta IV – incentivar os habitantes a utilizar panelas de ferro na preparação dos alimentos.

Proposta V – incrementar o consumo de frutas e verduras.

Diante destas propostas, responda:

Qual delas traria maior benefício à população, no combate à anemia? Justifique.



# 7

FRENTE 1

## Ácidos nucleicos e síntese de proteínas



A insulina é um hormônio proteico cuja produção é determinada por um gene, ou seja, por um segmento de uma molécula de DNA. Ela ajuda a controlar a concentração de glicose no sangue. Um diabético tem deficiência de insulina e deve receber essa substância, às vezes na forma de injeções. Algumas pessoas portadoras de diabetes têm DNA sem a informação para a produção de insulina.

Atualmente, a produção de insulina envolve a retirada do gene de um indivíduo capaz de produzi-la e a inserção desse gene no material genético de uma bactéria. A bactéria geneticamente modificada passa a produzir insulina, que é usada pelo diabético. No fundo, tudo envolve dois seres humanos diferentes: um que tem o DNA para a produção de insulina e outro que não tem esse DNA.

É necessário conhecer a natureza química do DNA para entender seu funcionamento e seus potenciais usos como ferramenta biotecnológica.



## Ácidos nucleicos

### Conceito

Ácidos nucleicos são **macromoléculas** constituídas por unidades conhecidas como **nucleotídeos**; são, portanto, polímeros de nucleotídeos. Há dois tipos de ácidos nucleicos: o **DNA** (ácido desoxirribonucleico) e o **RNA** (ácido ribonucleico). A sigla de cada um deles pode ser designada, na ordem da língua portuguesa, como ADN e ARN, respectivamente.

Um nucleotídeo consta de três componentes: um fósforo, uma pentose e uma base nitrogenada. Uma **pentose** é um açúcar com 5 átomos de carbono; dois tipos podem estar presentes nos ácidos nucleicos: a **ribose**, que entra na composição do RNA, e a **desoxirribose**, que entra na composição do DNA. As **bases nitrogenadas** são compostos orgânicos com esqueleto em anel contendo nitrogênio. Elas podem ser do tipo **púrica** (cuja molécula apresenta dois anéis) ou **pirimídica** (que tem um anel). As bases púricas são a **adenina (A)** e a **guanina (G)**; as bases pirimídicas são a **citossina (C)**, a **timina (T)** e a **uracila (U)**. A timina é uma base presente apenas no DNA, enquanto a uracila só ocorre no RNA. As demais bases estão presentes nos dois tipos de ácidos nucleicos. Já o **fosfato**, que é um grupo formado por um átomo de fósforo ligado a 4 átomos de oxigênio, confere carga negativa ao nucleotídeo. Um nucleotídeo pode ter mais de um fosfato (Fig. 1).

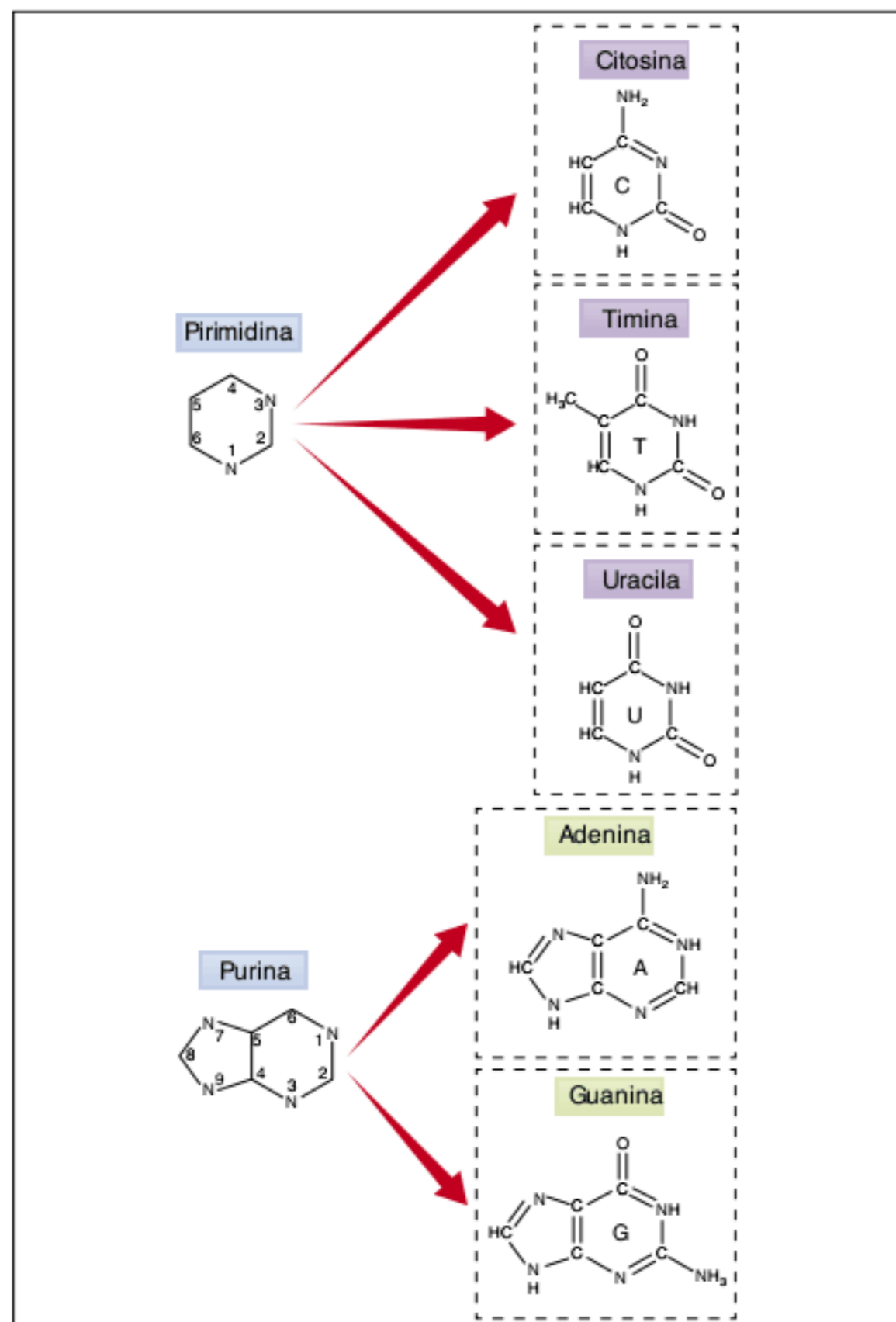


Fig. 1 Estrutura das bases nitrogenadas (pirimídicas e púricas). Essas substâncias são componentes dos ácidos nucleicos, os quais também apresentam fosfato e pentose.

Assim, já é possível constatar diferenças entre o DNA e o RNA em relação à pentose e à base nitrogenada exclusiva (Tab. 1).

Ácido nucleico	Pentose	Base nitrogenada exclusiva
DNA	Desoxirribose	Timina
RNA	Ribose	Uracila

Tab. 1 Diferenças básicas entre DNA e RNA, os quais diferem em relação a uma base nitrogenada e sua pentose componente.

**Nucleosídeo** é o composto constituído por uma pentose e uma base nitrogenada. Considerando os nucleosídeos de DNA, temos:

- Adenina + desoxirribose = adenosina
- Guanina + desoxirribose = guanosina
- Citossina + desoxirribose = citidina
- Timina + desoxirribose = timidina

Quando um ou mais fosfatos são ligados à pentose do nucleosídeo, tem-se a molécula de um **nucleotídeo**. Já tivemos contato com nucleotídeos relacionados ao metabolismo energético, como o ADP (adenosina difosfato) e o ATP (adenosina trifosfato) (Fig. 2).

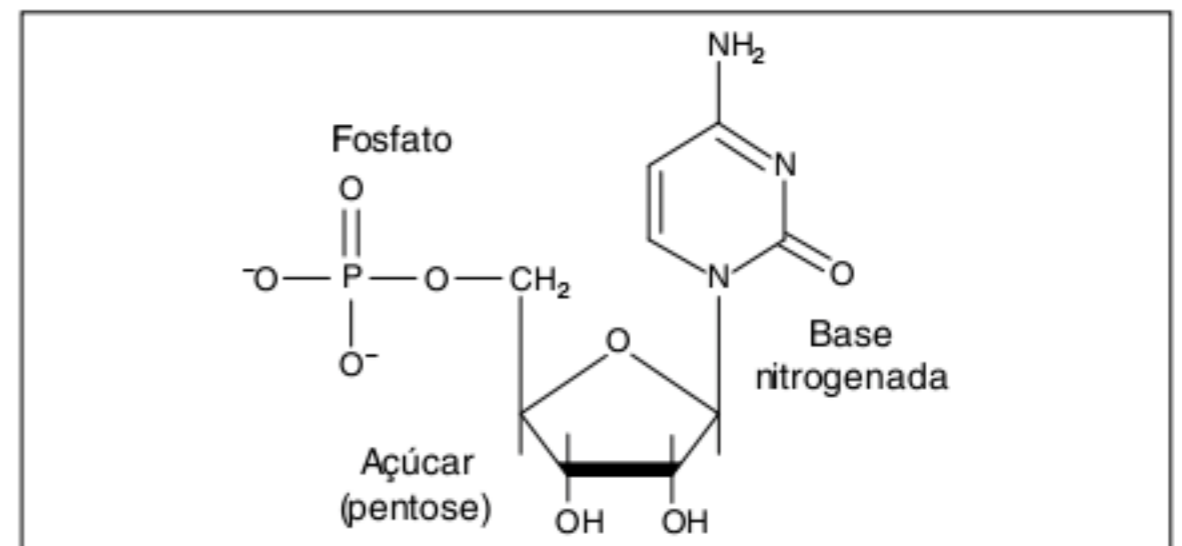


Fig. 2 Estrutura química de um nucleotídeo.

Os ácidos nucleicos estão relacionados com a hereditariedade (a herança biológica) e com o controle das atividades metabólicas. Nucleotídeos como o ATP relacionam-se com o metabolismo energético.

### DNA

Estudaremos três aspectos fundamentais do DNA: localização nas células, estrutura e papéis biológicos.

#### Localização nas células

Nas células **eucarióticas**, grande parte do DNA encontra-se no núcleo, como componente dos filamentos de  **cromatina**, que têm extremidades livres e seu DNA está associado a proteínas básicas, conhecidas como **histonas**. O DNA também está presente em **mitocôndrias** e **cloroplastos**. Nessas organelas, ele é circular e não tem histonas associadas.

Nas células **procarióticas**, há DNA no **nucleoide**, na forma de um cromossomo circular e sem histonas associadas. Essas células também apresentam **plasmídeos**, que são moléculas circulares menores de DNA.

#### Estrutura do DNA

As primeiras informações sobre o DNA foram obtidas em 1869 por Johann Miescher, mas sua função como material genético só foi elucidada no século XX. A descoberta da estru-



tura do DNA foi feita em 1953 pelos cientistas James Watson e Francis Crick, que basearam parte do seu trabalho em dados obtidos por outros cientistas, como as imagens de difração de raio X da molécula de DNA e análises químicas dessa substância.

O DNA tem quantidades iguais de adenina e de timina (uma base púrica e outra pirimídica). Guanina (púrica) e citosina (pirimídica) também apresentam quantidades iguais. Isso pode ser expresso das seguintes maneiras, considerando as quantidades das bases nitrogenadas (Fig. 3):

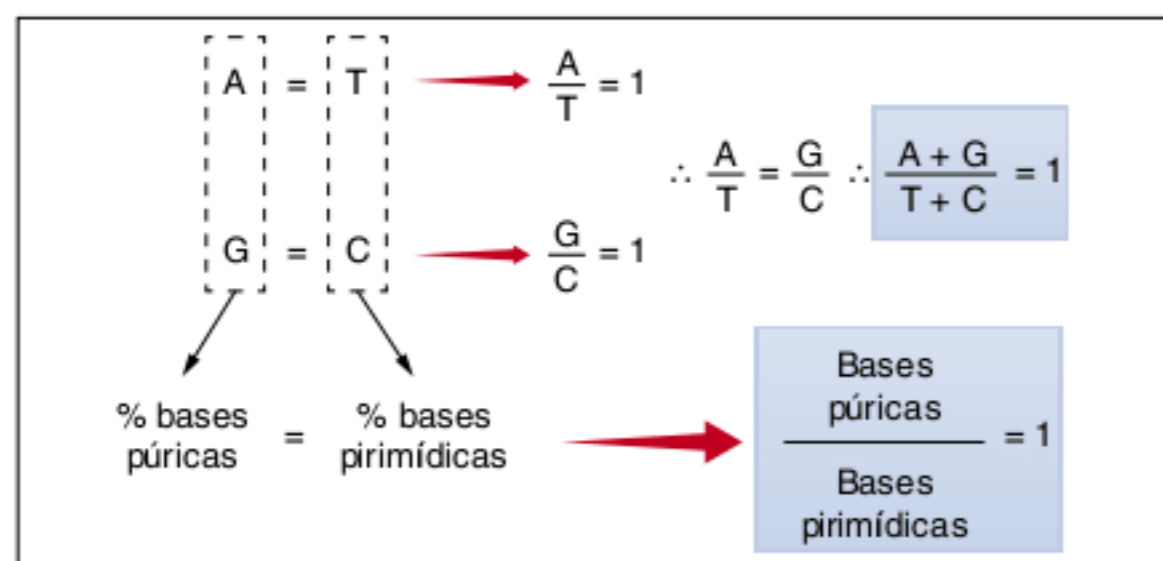


Fig. 3 Correspondência entre os tipos de bases nitrogenadas.

Empregando esses e outros dados, Watson e Crick concluíram que a molécula de DNA é constituída por **duas cadeias**, ou fitas de polinucleotídeos, e que há uma correspondência de bases nitrogenadas. Assim, se em um ponto de uma cadeia houver adenina, no ponto correspondente da outra cadeia haverá timina. O mesmo vale para guanina e citosina.

Cada cadeia é um polinucleotídeo. As bases se orientam para o lado interno da cadeia e se associam com as bases correspondentes da cadeia complementar, que ficam unidas por **ligações de hidrogênio**. Adenina e timina se unem por duas ligações de hidrogênio, enquanto guanina e citosina se unem com 3 ligações de hidrogênio (Fig. 4). O DNA de bactérias **termófilas**, que vivem em ambientes com temperaturas entre 80 e 120 °C, possui maior proporção de G e C do que de A e T, o que gera maior estabilidade na estrutura do DNA, permitindo que essas bactérias sobrevivam em ambientes com características extremas.

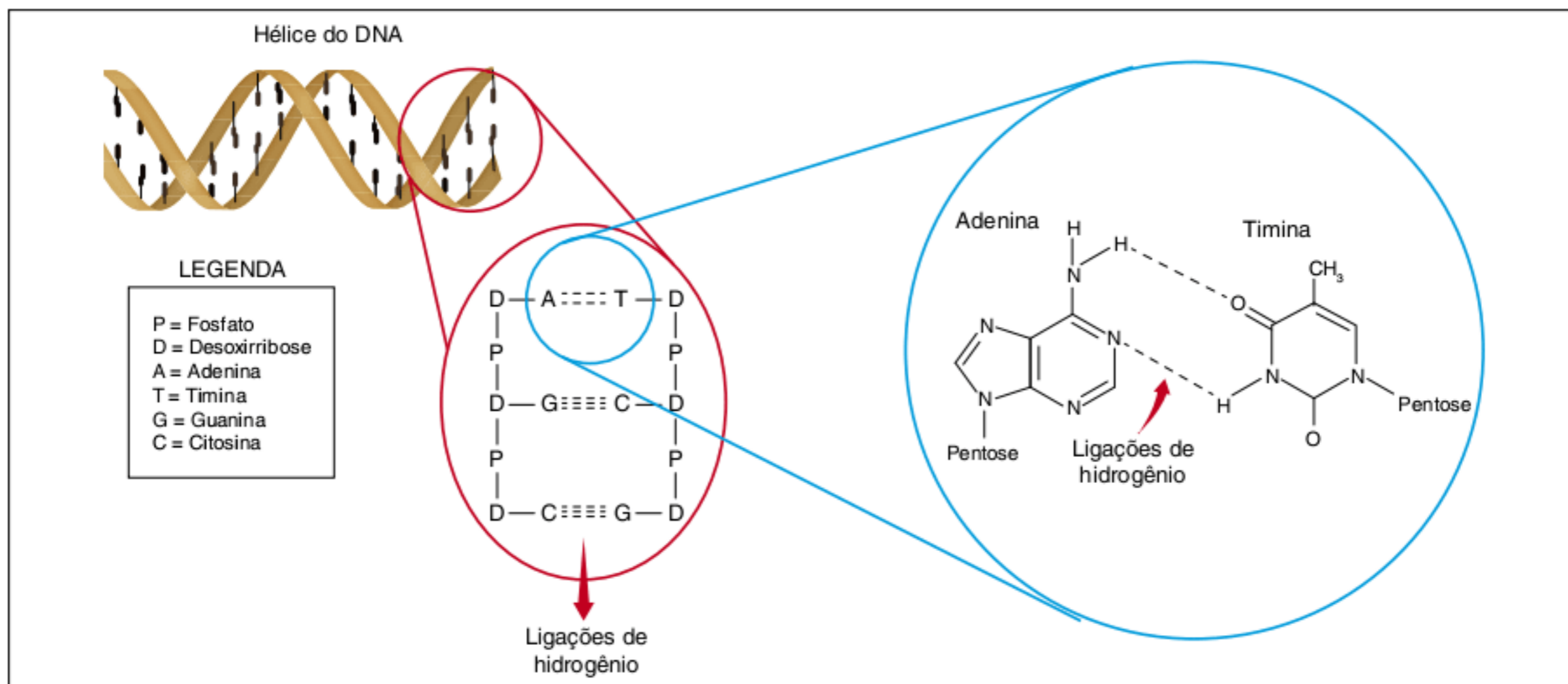


Fig. 4 Hélice de DNA, formada por duas cadeias polinucleotídicas emparelhadas. As duas fitas são unidas por ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas. Na parte inferior, está representado o pareamento entre adenina e timina.

O aspecto do DNA é comparável ao de uma escada de cordas: os corrimãos, constituídos por fosfato e desoxirribose alternadamente, e os degraus, formados por um par de bases nitrogenadas (A com T e C com G). Cada base nitrogenada é ligada a uma desoxirribose, que está unida a um fosfato. Os nucleotídeos se unem por meio de ligações entre o fosfato e a pentose.

No modelo de Watson e Crick, a “escada” é torcida e cada cadeia tem formato helicoidal, razão pela qual a estrutura do DNA é descrita como uma **dupla-hélice**.

## Papéis do DNA

O DNA é o material hereditário dos seres vivos, sendo responsável pelo controle do metabolismo. A hereditariedade, ou herança biológica, deve-se ao fato de o DNA ser a principal molécula transmitida entre as gerações, ou seja, é ele que transmite as informações genéticas da geração parental para os descendentes, o que determina a semelhança entre as gerações. Essas informações são transmitidas aos descendentes por meio da reprodução. Um passo fundamental na transmissão das informações genéticas é a **replicação (duplicação)** do material genético. Nos eucariontes, isso ocorre antes de a célula se dividir, no período S da interfase.

O controle do metabolismo é realizado por meio de **enzimas**, cuja produção é controlada pelo DNA. O DNA serve de molde para a produção de **RNA mensageiro (RNAm)** por um processo conhecido como **transcrição**, que orienta, nos ribossomos, a síntese de proteínas, em um processo denominado **tradução** (Fig. 5). Algumas proteínas são enzimas que controlam reações químicas.

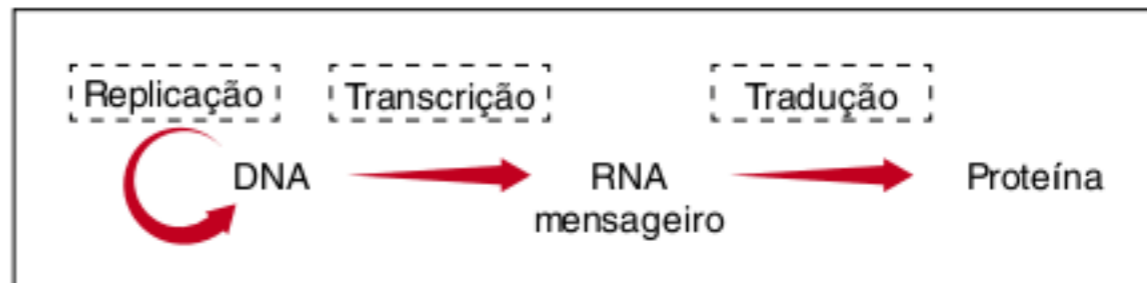


Fig. 5 O DNA serve de molde para formar novas moléculas de DNA (replicação) e de RNA mensageiro (transcrição). Nos ribossomos, o RNA mensageiro orienta a síntese de proteínas.



## Replicação

A molécula de DNA tem sua duplicação intermediada pela enzima **DNA polimerase** (mais detalhes serão apresentados adiante). As duas fitas são afastadas, e nucleotídeos de DNA, dissolvidos no núcleo celular, vão sendo encaixados pela atividade enzimática. Completada a construção das fitas complementares, as moléculas em dupla-hélice separam-se.

A duplicação do DNA é do tipo **semiconservativa**, pois as duas moléculas produzidas no processo têm uma cadeia antiga e uma cadeia nova, recém-gerada; isso significa que o DNA conserva uma metade antiga e acrescenta uma metade nova (Fig. 6).

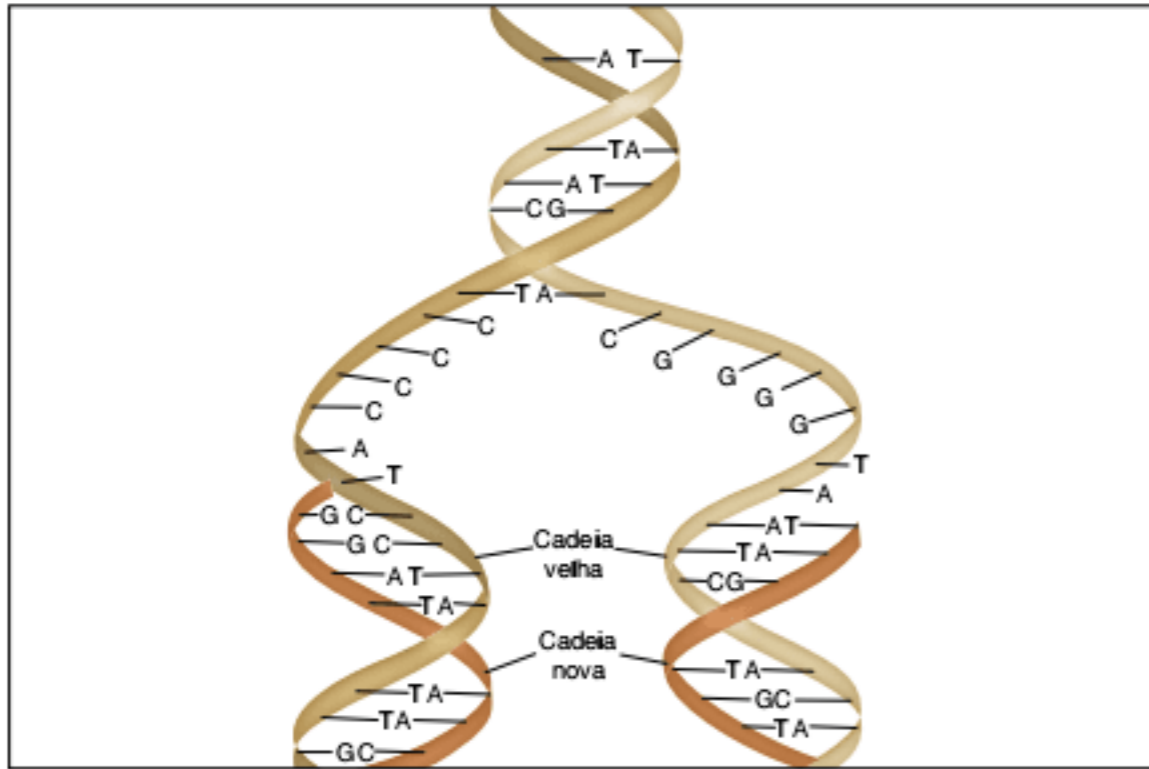


Fig. 6 As duas cadeias da hélice parental se separam e cada uma delas especifica a síntese de uma cadeia complementar de acordo com as regras de emparelhamento de bases.

Esse processo, evidentemente, envolve o pareamento com a seguinte correspondência de bases:

A	—————	T
C	—————	G
T	—————	A
G	—————	C

Cada nova cadeia de DNA produzida é complementar à cadeia antiga que serviu como molde para a replicação (Fig. 7). A enzima DNA polimerase age adicionando um nucleotídeo por vez à cadeia polinucleotídica em formação, fazendo a ligação entre o fosfato e a pentose.

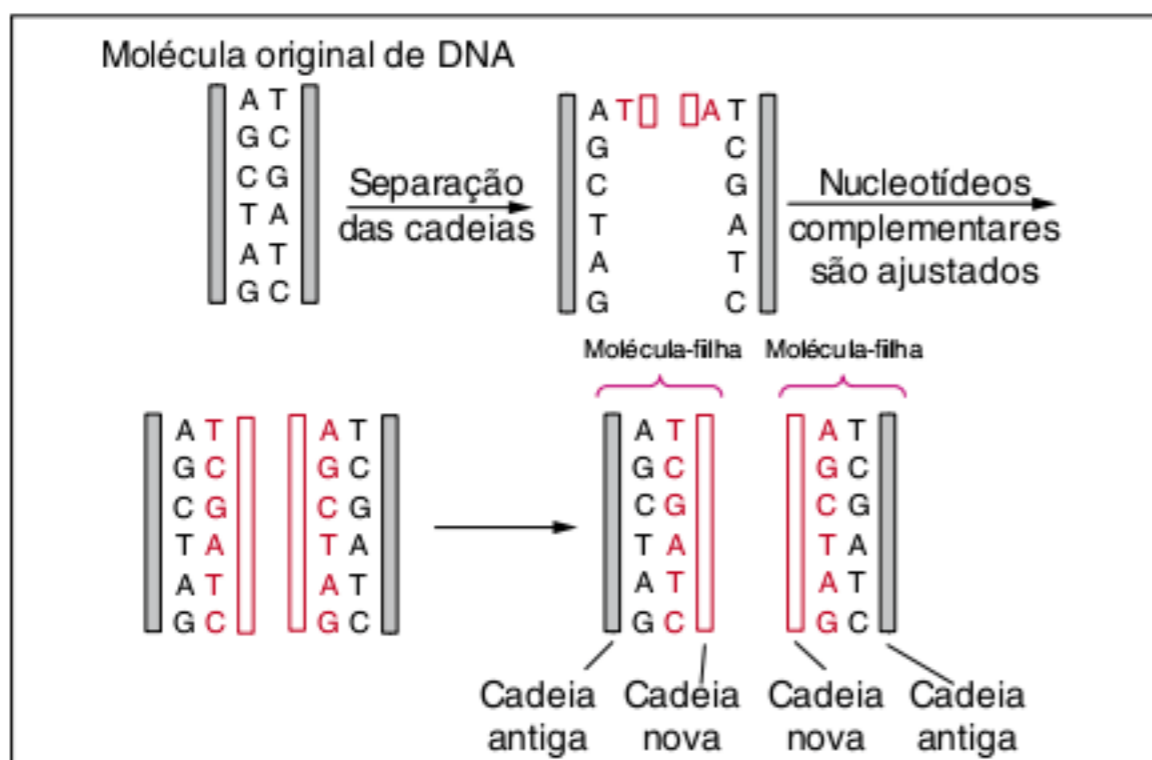


Fig. 7 Detalhe do processo de replicação semiconservativa, apresentando o pareamento de bases nitrogenadas complementares.

Cada uma das moléculas produzidas é idêntica à molécula original de DNA. Esse processo garante a preservação da identidade do material genético, que pode ser transmitido às células-filhas sem alterações.

Eventualmente, pode haver uma alteração na ordem das bases nitrogenadas do DNA, caracterizando uma mutação. A taxa de emparelhamento de nucleotídeos errados é alta, da ordem de 1 em cada 10 mil nucleotídeos incorporados. Porém, a DNA polimerase somente incorpora um nucleotídeo corretamente emparelhado à nova cadeia, o que diminui a taxa de erro para 1 em cada 10 milhões de nucleotídeos incorporados. Essa é uma das menores taxas de erro conhecidas para enzimas. Assim, a DNA polimerase constitui um dos mecanismos de reparo de mutações no DNA.

## Transcrição

É o processo de produção de RNA a partir de um molde constituído por DNA. A transcrição do DNA nuclear depende da enzima RNA polimerase e da presença de nucleotídeos de RNA dispersos no núcleo.

Com a intervenção da RNA polimerase, certo trecho da molécula de DNA tem suas cadeias afastadas. Uma das cadeias é ativa, isso quer dizer que só uma das cadeias serve de molde para a produção de RNA, ou seja, o RNA terá apenas uma cadeia, sendo caracterizado como **simples fita**. Nucleotídeos complementares de RNA são ajustados à cadeia molde de DNA, com a seguinte correspondência de bases:

Bases de DNA	Bases complementares de RNA
A	————— U
G	————— C
C	————— G
T	————— A

Vale lembrar que o RNA não possui timina (T), em seu lugar apresenta a base uracila (U). O processo de transcrição está representado na figura 8.

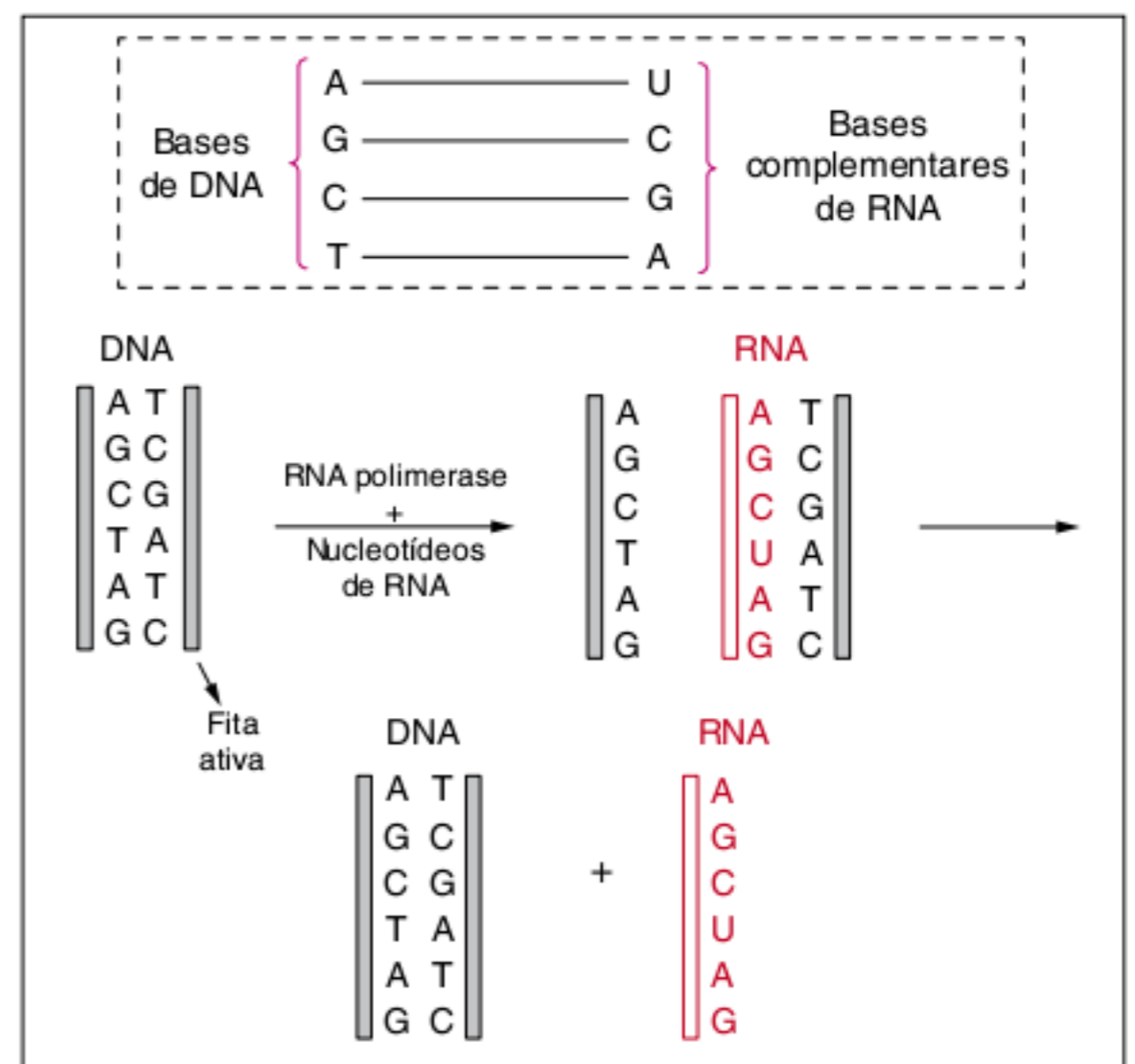


Fig. 8 Processo geral de formação de RNA a partir de DNA.



Com isso, é possível estabelecer uma comparação entre DNA e RNA. Enquanto o DNA apresenta duas cadeias polinucleotídicas (dupla fita), o RNA apresenta apenas uma (simples fita). Ambos apresentam 3 bases nitrogenadas em comum (A, G e C) e uma exclusiva, sendo a uracila exclusiva do RNA e a timina exclusiva do DNA. Também há uma diferença quanto ao tipo de pentose: o RNA possui ribose e o DNA desoxirribose, que, como o nome indica, apresenta um oxigênio a menos. Outra diferença é o aparato enzimático utilizado na síntese. O DNA utiliza um conjunto de enzimas, dentre elas a DNA polimerase, enquanto o RNA utiliza outro conjunto, tendo como enzima principal a RNA polimerase (Tab. 2).

	DNA	RNA
Bases nitrogenadas	AGCT	AGCU
Número de cadeias	2	1
Pentose	Desoxirribose	Ribose
Enzimas envolvidas em sua síntese	DNA – polimerase e outras	RNA – polimerase

Tab. 2 Comparação entre DNA e RNA. Esses ácidos nucleicos diferem em sua estrutura química; além disso, sua produção envolve diferentes enzimas.

## RNA

Nos eucariontes, o RNA forma-se a partir do DNA, presente no núcleo, nas mitocôndrias e nos cloroplastos. Vamos considerar o RNA oriundo do núcleo. Há três modalidades de RNA: **mensageiro** (RNAm), **ribossômico** (RNAr) e **transportador** (RNAt). Cada um desses tipos é formado a partir de diferentes trechos de moléculas de DNA.

### RNA ribossômico

Está relacionado a um segmento de algumas moléculas de DNA, junto das quais se forma o **nucléolo**. Vimos no Livro 1 que o nucléolo é rico em moléculas de RNAr. Os **ribossomos** são organelos constituídos por duas subunidades de tamanhos diferentes, compostas de proteínas e de grande quantidade de RNAr, que corresponde a mais da metade da massa desse organelo. Assim, o RNAr é um componente da estrutura dos ribossomos (Fig. 9).

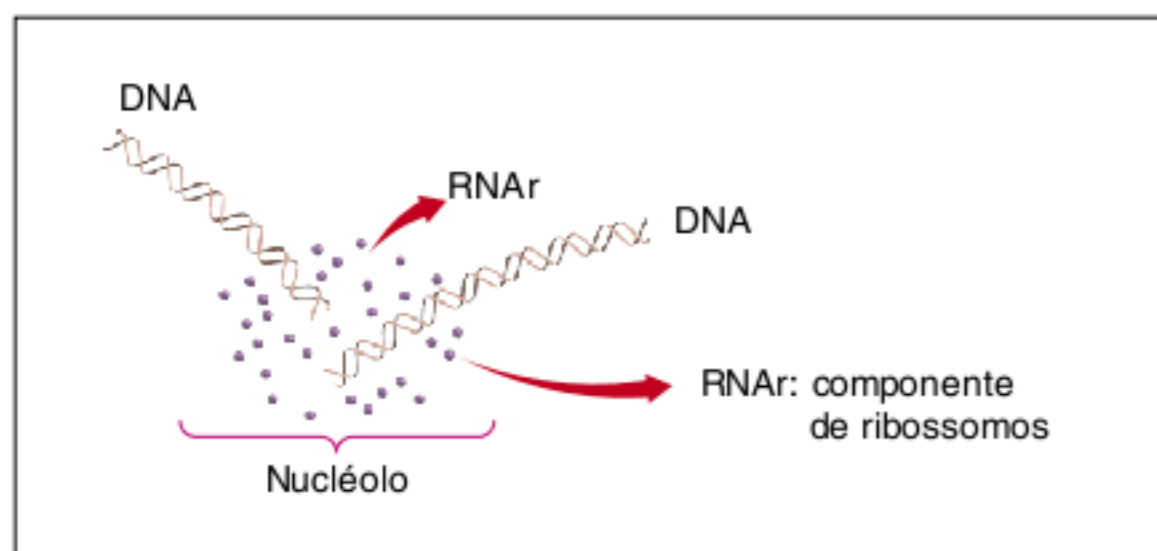


Fig. 9 Moléculas de RNA ribossômico são produzidas a partir de alguns segmentos de moléculas de DNA. Nos eucariontes, isso ocorre na região correspondente ao nucléolo.

### RNA mensageiro

É o que transmite informações do DNA aos ribossomos, orientando a síntese de uma determinada proteína. Assim, o

segmento de DNA que serve de molde para a produção de certo RNAm corresponde a um gene.

### RNA transportador

É também denominado **RNA solúvel**. Sua função é carregar um aminoácido específico, que está dissolvido no citosol, até os ribossomos, onde se realiza a síntese de proteínas (Fig. 10).

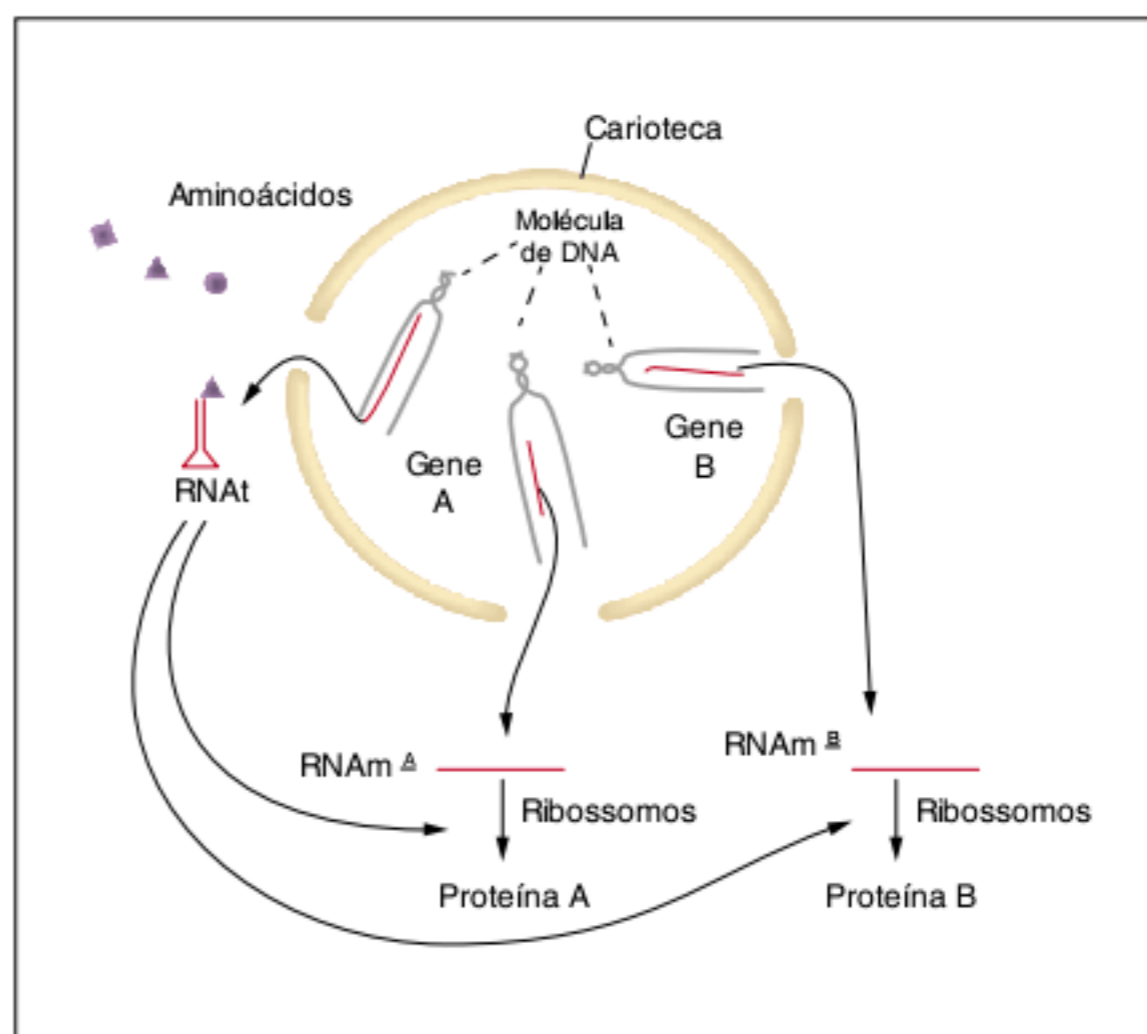


Fig. 10 A origem e o papel do RNAt e do RNAm.

### Outros ácidos nucleicos

Além dos RNAs citados, existem diversos outros tipos de RNA com funções distintas. Há, por exemplo, moléculas de RNA que atuam como catalisadores e recebem denominação de **ribozimas**.

Os ácidos nucleicos **virais** podem ter muitas variações em relação ao padrão que foi descrito. Assim, há vírus que têm DNA com uma cadeia, RNA com duas cadeias e RNA com capacidade de replicação. Alguns desses aspectos serão estudados na Frente 2.

### Código genético

Uma molécula de RNA mensageiro liga-se a ribossomos e orienta a síntese de uma determinada proteína. O RNAm tem uma sequência de nucleotídeos, cuja parte variável é a das bases nitrogenadas. Assim, pode-se dizer que o RNAm apresenta uma sequência de bases nitrogenadas. A proteína, por sua vez, apresenta uma sequência de aminoácidos. Qual é a conexão entre essas duas sequências: bases do RNAm e aminoácidos da proteína? Os cientistas Khorana e Nirenberg estabeleceram experimentalmente a seguinte relação: três bases nitrogenadas de uma molécula de RNA mensageiro correspondem a um aminoácido que integra uma cadeia proteica; é uma relação de 3 para 1 (3 bases para 1 aminoácido). Essa correspondência é o **código genético** (Fig. 11).



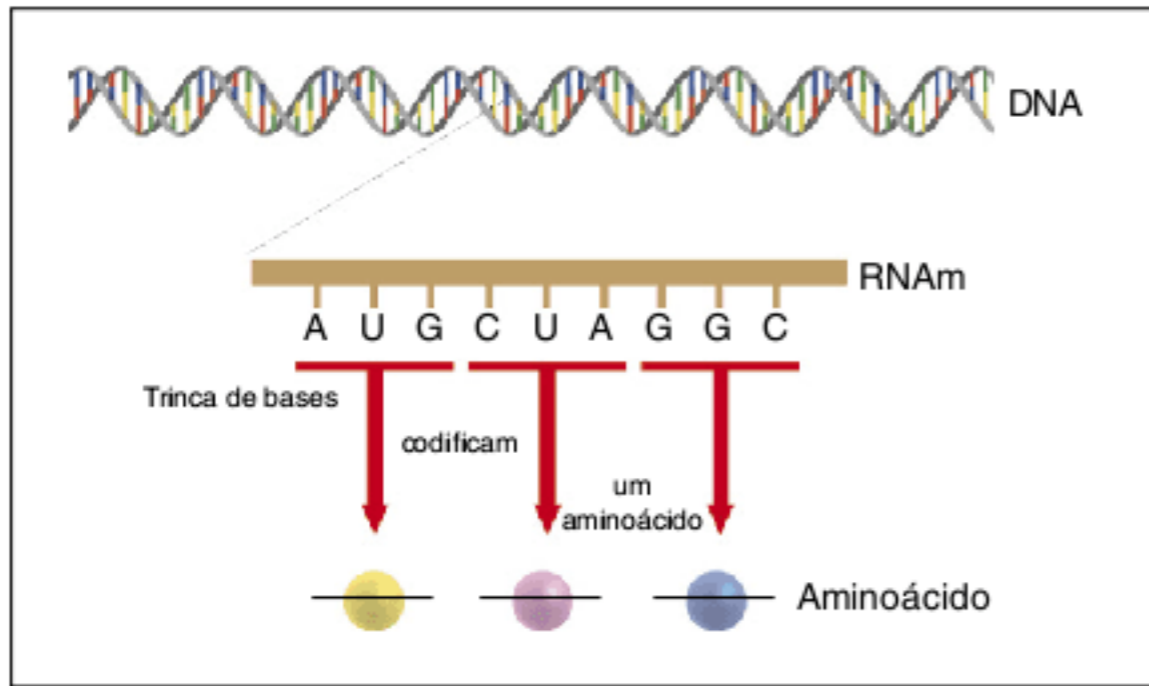


Fig. 11 O código genético: três bases nitrogenadas do RNA mensageiro correspondem a um aminoácido.

Um trio ou trinca de bases do RNAm corresponde a um **códon**, que, normalmente, corresponde a um aminoácido. A primeira correspondência descoberta foi do trio de bases UUU, que corresponde ao aminoácido fenilalanina. Com o tempo, foram descobertas as demais correspondências do código genético. A tabela 3 mostra alguns exemplos.

Trinca de bases do DNA	Trinca de bases do RNAm (códon)	Aminoácido
AAA	UUU	Fenilalanina
AAT	UUA	Leucina
CAA	GUU	Valina

Tab. 3 Alguns exemplos de código genético.

O código genético é **universal**, ou seja, é o mesmo para praticamente todos os seres vivos. Assim, UUU corresponde ao aminoácido fenilalanina no ser humano, em uma baleia, em uma margarida ou em uma bactéria. A universalidade do código genético é o que possibilita inserir material genético humano em uma bactéria de modo que ela possa sintetizar uma proteína humana, como a insulina. Apenas em alguns casos as trinca de RNAm correspondem a diferentes aminoácidos; isso ocorre, por exemplo, em certos protozoários e certas leveduras. A universalidade do código genético é uma das principais evidências da origem comum de todos os seres vivos.

No total, são 64 trinca possíveis. No entanto, os seres vivos têm 20 tipos de aminoácidos. Assim, há mais códons do que

aminoácidos para serem identificados. O que ocorre é que códons diferentes podem identificar um mesmo aminoácido. Esses códons funcionariam como “sinônimos”, pois se expressam no mesmo aminoácido, ou seja, diferentes códons codificariam o mesmo aminoácido. Por causa disso, dizemos que o código genético é **degenerado**. Por exemplo, UUU corresponde a fenilalanina, mas o códon UUC também corresponde a esse mesmo aminoácido.

Há códons que não correspondem a nenhum aminoácido. Eles apresentam grande importância no controle da síntese de proteína. Existem códons para parar o processo de síntese, isto é, eles sinalizam que não será acrescentado mais nenhum aminoácido, encerrando a síntese daquela determinada proteína. É o caso dos códons UGA, UAG, UUA (Fig. 12). Também há um códon que identifica o início do processo. Toda proteína começa a ser sintetizada com a introdução do aminoácido metionina, cujo códon é AUG. Posteriormente, a metionina do início é removida da molécula proteica formada. A figura 13 apresenta os 64 códons de RNAm e sua correspondência.

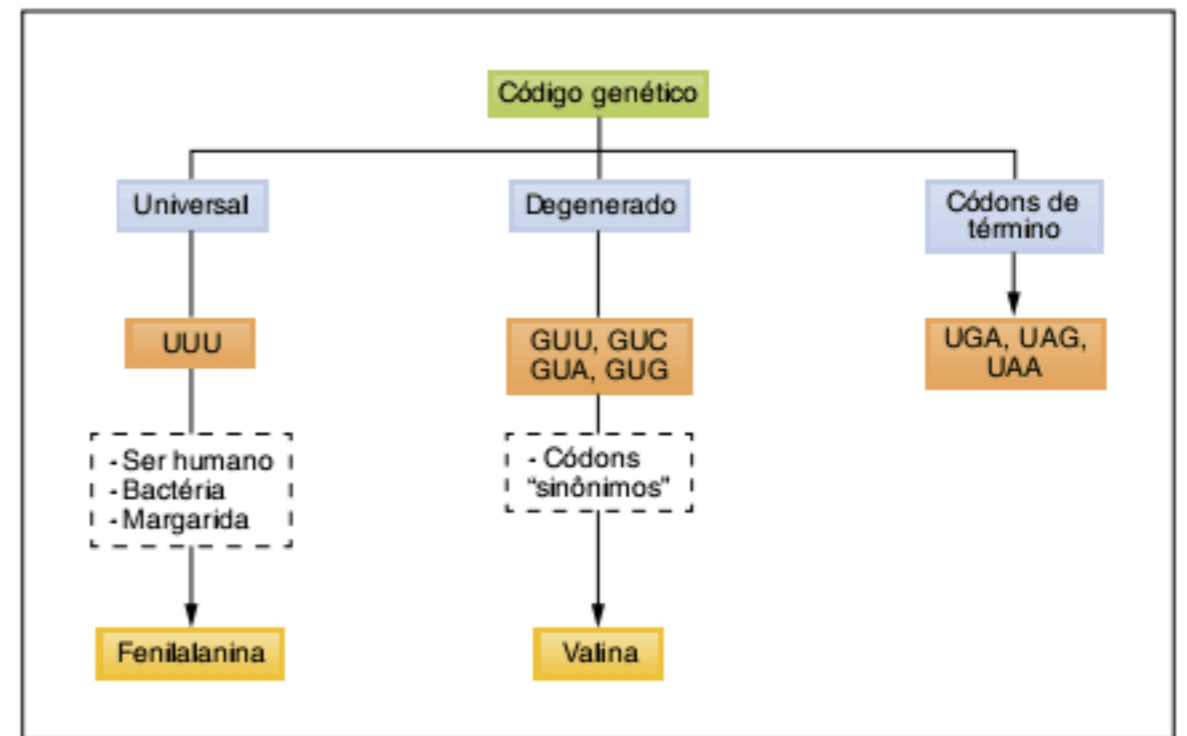


Fig. 12 Esquema que resume aspectos principais do código genético. São apresentados exemplos de códons de término e de código degenerado.

## Síntese de proteínas

Todo o processo de síntese proteica envolve, além do RNAm, outros componentes citoplasmáticos, como enzimas, ATP, aminoácidos, RNA transportador e ribossomos. Alguns detalhes serão adicionados às explicações sobre o RNAt e ribossomos.

AGA	AGG	GCA	CGA	GCC	CGC	GCG	CGG	GAC	AAC	UGC	GAA	CAA	GGG	CAC	AUC	CUG	AAA	UUC	CCG	UCG	ACG	UAC	GUG	UAG
GCU	CGU	GAU	AAU	UGU	GAG	CAG	GGU	CAU	AUU	CUU	AAG	AUG	UUU	CCU	UCU	ACU	UGG	UAU	GUU	UGA	UAA	UAA	UAG	UGA
Alanina	Arginina	Ácido aspártico	Asparagina	Cisteína	Ácido glutâmico	Glutamina	Glicina	Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina	Fenilalanina	Prolina	Serina	Treonina	Triptofano	Tirosina	Valina	Stop				

Fig. 13 Os 64 códons de RNAm e sua correspondência. Notam-se códons de parada (“Stop”) e o códon de iniciação (metionina).



## RNA transportador

O RNA transportador é constituído por uma cadeia de nucleotídeos e, em alguns segmentos, ocorre o emparelhamento de bases complementares. Uma extremidade da molécula sempre termina com a sequência de bases CCA; é nessa extremidade que a molécula de RNAt liga-se a um determinado aminoácido e o conduz ao RNAm associado a ribossomos. Outra parte da molécula apresenta uma trinca de bases que identifica o tipo de RNAt; trata-se do **anticódon**, que realiza o emparelhamento com bases complementares do RNAm, realizando o emparelhamento anticódon-códon (Fig. 14).

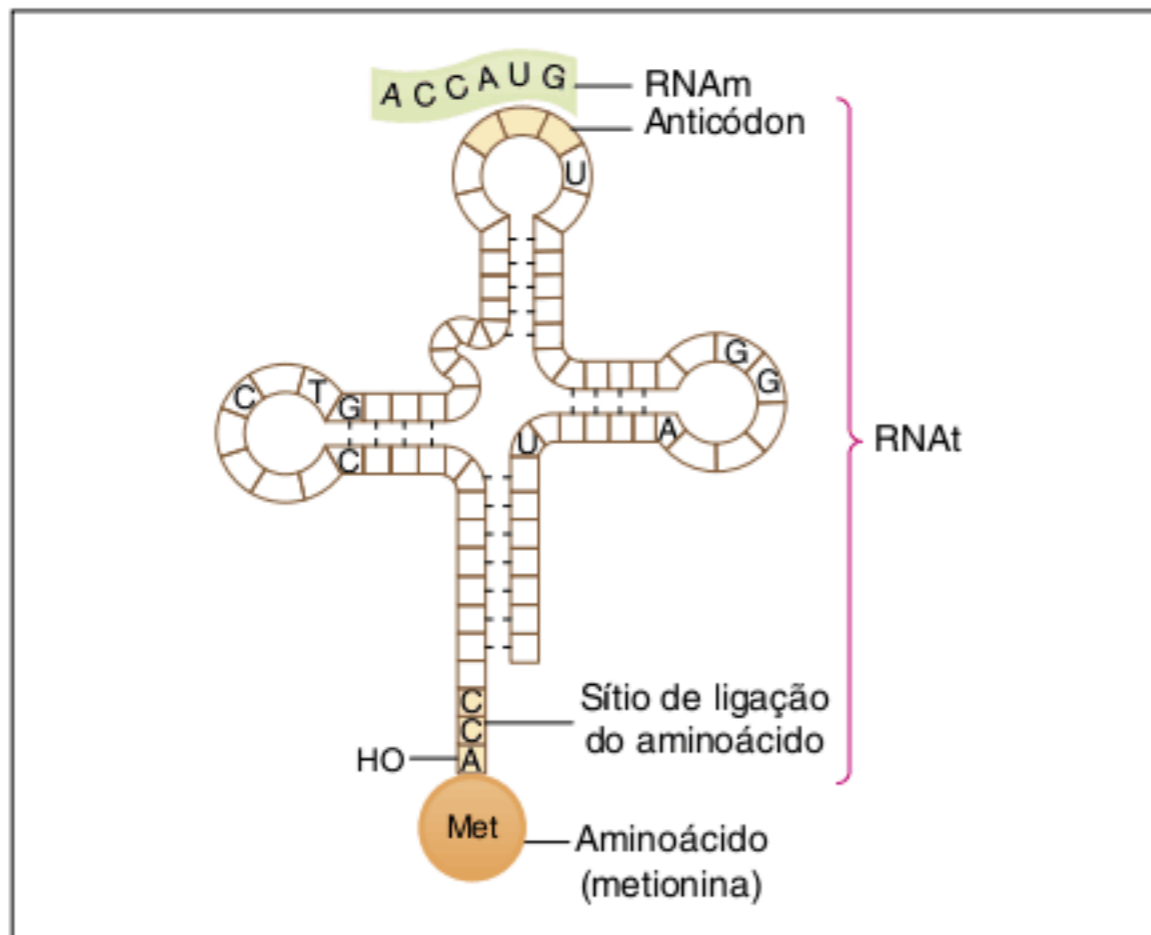


Fig. 14 Estrutura da molécula de RNAt ligada às bases complementares de um RNAm e ao aminoácido correspondente.

## Ribossomos

Ribossomos são organelas que não apresentam envoltório membranoso, sendo constituídos, quimicamente, por proteínas e por RNA ribossômico. Cada ribossomo completo tem duas subunidades, uma grande e uma pequena, que só se unem durante

a síntese de proteínas e, depois disso, separam-se. A subunidade grande tem um canal por onde passa a cadeia proteica que vai sendo construída. A subunidade menor tem três locais ou sítios de ligação, onde se prendem duas moléculas de RNAt e uma molécula de RNAm (Fig. 15).

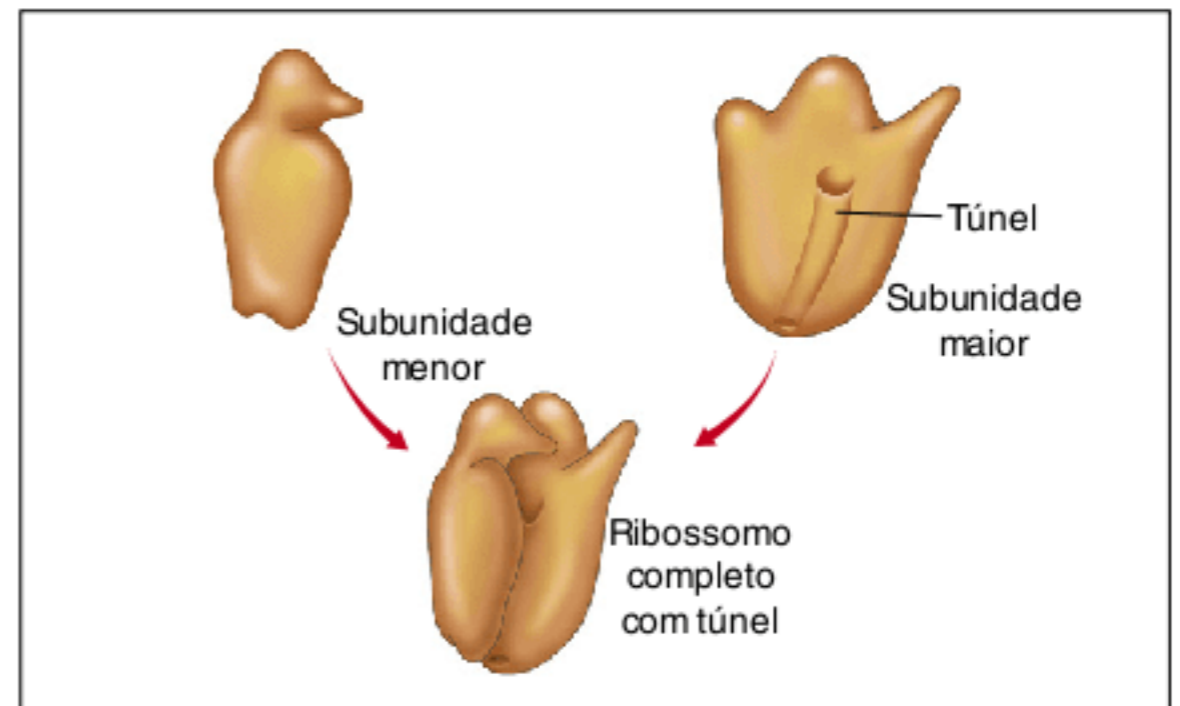


Fig. 15 Um ribossomo tem duas subunidades que se unem durante a síntese de proteínas.

## Etapas da síntese proteica

A síntese proteica tem três etapas: iniciação, alongação e terminação, todas no citoplasma.

### Iniciação

No citosol, a molécula de RNAm, proveniente do núcleo, une-se a uma subunidade pequena de um ribossomo. Vamos considerar a seguinte sequência hipotética de bases do RNAm: AUGGGUUA...UGA.

O aminoácido metionina une-se a um RNAt, dotado de anticódon UAC; trata-se de uma reação química controlada por uma enzima específica. O RNAt com metionina une-se por ligações de hidrogênio ao códon AUG do RNAm. A subunidade grande se junta a todo esse conjunto, e o ribossomo está completo (Fig. 16).

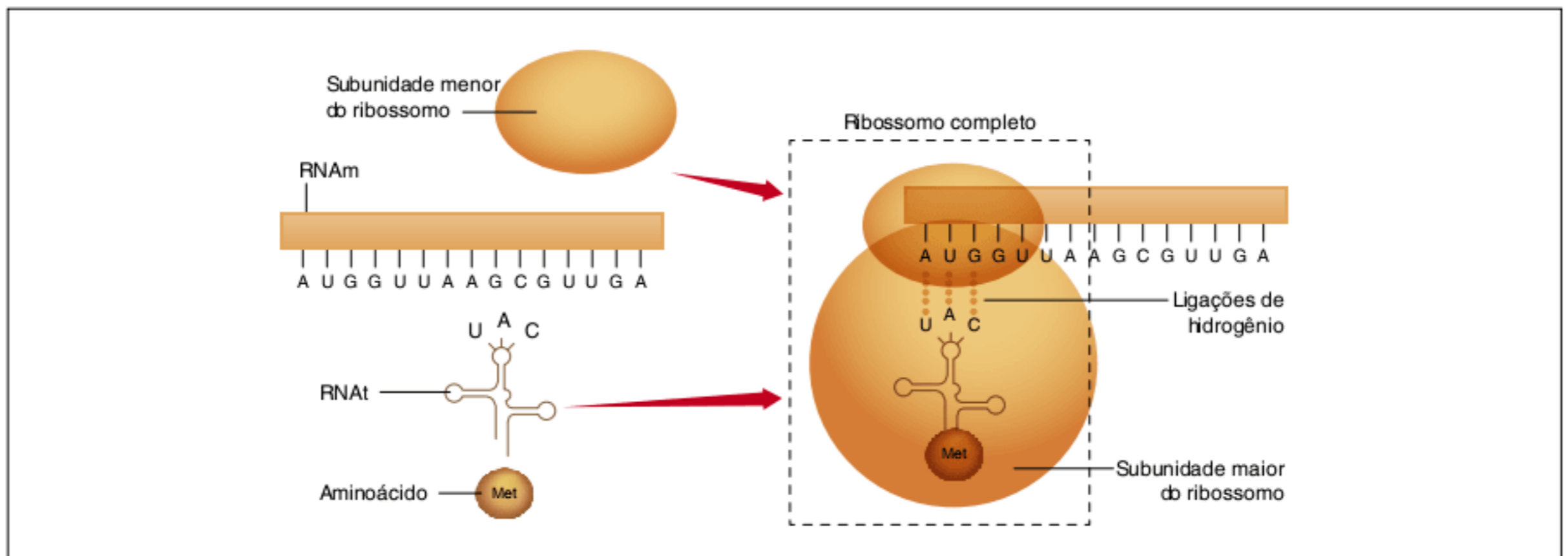


Fig. 16 Representação da etapa de iniciação da síntese de proteínas.



### Elongação

O RNAt com anticódon CAA une-se a um aminoácido valina e ao códon GUU do RNAm. O aminoácido metionina do primeiro RNAt reage com o aminoácido valina do segundo RNAt, estabelecendo-se uma ligação peptídica, e então o primeiro RNAt (com UAC) é liberado do ribossomo. Todos os RNAt liberados podem se associar novamente ao aminoácido específico e voltar a participar do processo de síntese proteica (Fig. 17).

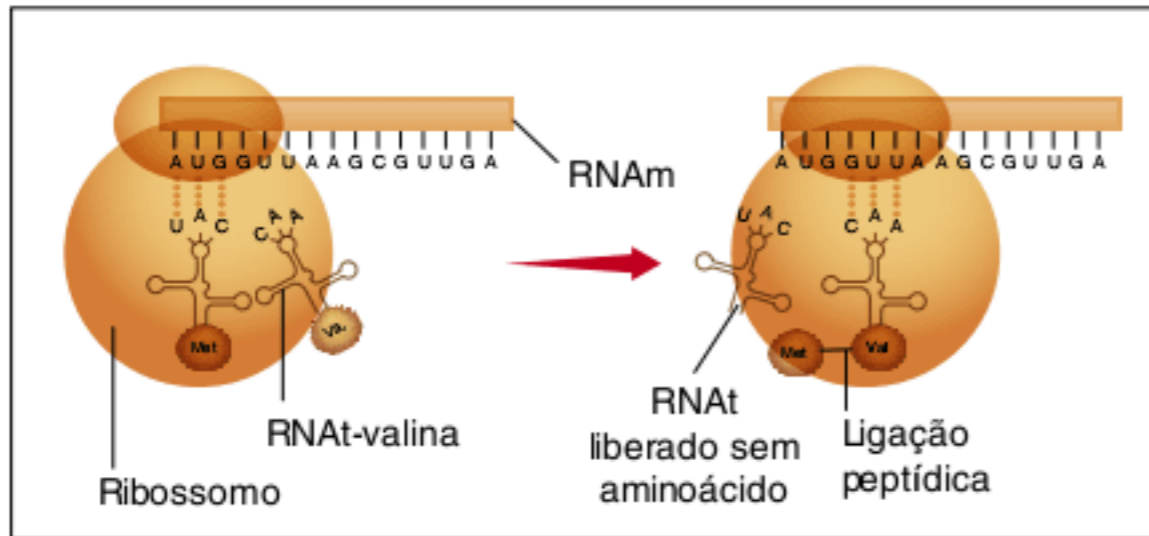


Fig. 17 Representação da etapa de elongação da síntese de proteínas.

O ribossomo desloca-se ao longo da cadeia de RNAm e fica sobre o próximo códon (AAG). Um RNAt com anticódon UUC une-se ao aminoácido lisina e liga-se ao códon AAG do RNAm. Lisina e valina (último aminoácido acrescentado à cadeia) reagem entre si e estabelecem outra ligação peptídica. O RNAt ao qual a valina estava ligada desprende-se. O ribossomo move-se para o códon seguinte. Esse processo vai se repetindo até a última etapa, a terminação.

### Terminação

É quando o ribossomo chega ao códon correspondente a término, como UGA. Um RNAt com anticódon ACU não tem

correspondência com nenhum aminoácido. Esse RNAt liga-se ao códon de término do RNAm e não é adicionado outro aminoácido à cadeia proteica. Dessa cadeia é removido o primeiro aminoácido, a metionina, e a molécula proteica está pronta para exercer seu papel no metabolismo. Ocorre a separação do RNAt, do RNAm e das subunidades dos ribossomos (Fig. 18).

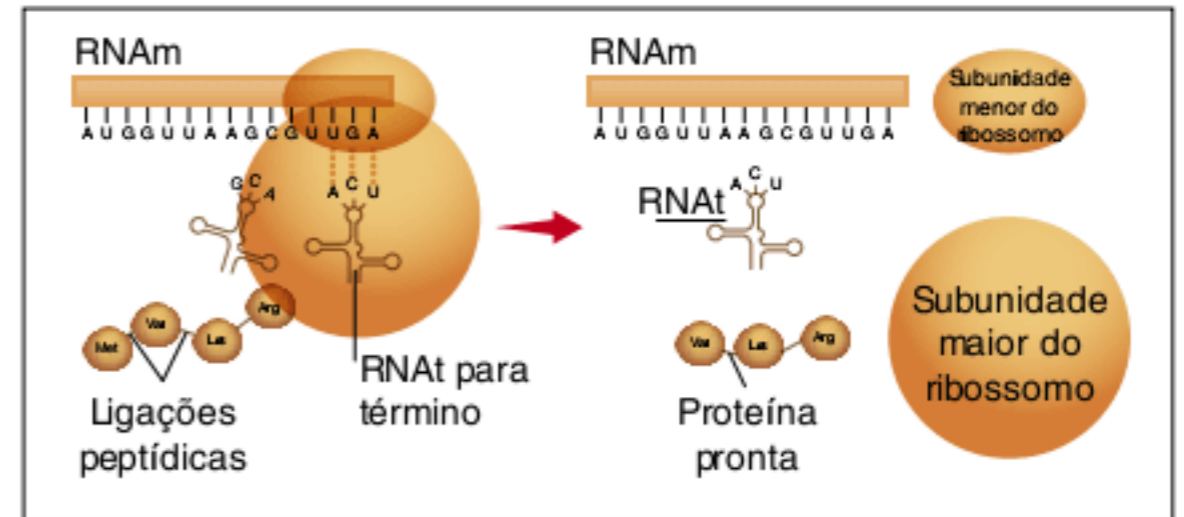


Fig. 18 Representação da etapa de terminação da síntese de proteínas.

### Polirribossomos

Um ribossomo percorre toda a molécula de RNAm e, no final, é produzida uma cadeia polipeptídica, ou seja, uma proteína. No entanto, a mesma molécula de RNAm é percorrida por vários ribossomos, constituindo o que se chama de polirribossomos ou polissomos. Alguns ribossomos estão no início da molécula de RNAm e apresentam uma cadeia peptídica ainda curta; outros ribossomos estão em um trecho mais adiantado da molécula de RNAm e têm associada uma cadeia peptídica mais longa, indicando que cada um está em uma parte do processo de tradução. Todos os ribossomos completarão o processo, gerando muitas moléculas proteicas do mesmo tipo a partir de uma única cópia do RNAm (Fig. 19).

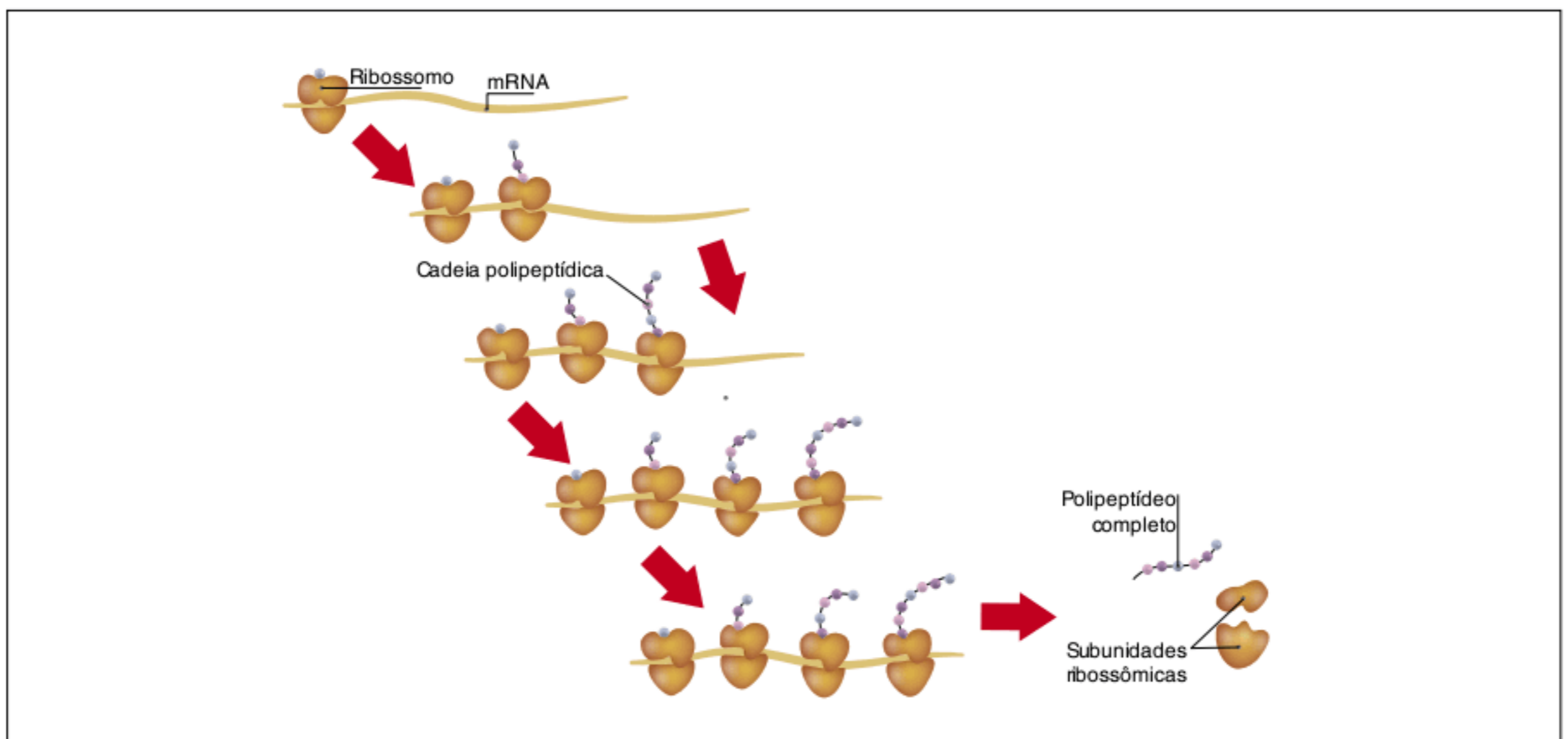


Fig. 19 Representação da formação de polirribossomos e a produção de várias moléculas de um mesmo tipo de polipeptídeo.



# Revisando

**1** O que são ácidos nucleicos? Quais são os dois tipos de ácidos nucleicos?

---

---

---

**2** Quais são os três componentes de um nucleotídeo?

---

---

---

**3** Cite os dois tipos de pentoses e indique o ácido nucleico a que pertencem.

---

---

---

**4** Quais são os dois tipos de bases nitrogenadas? Cite os tipos presentes em cada ácido nucleico.

---

---

---

**5** Em que estruturas celulares o DNA está presente?

---

---

---

**6** Descreva as características do DNA presentes nos filamentos de cromatina de um eucarionte.

---

---

---

**7** Descreva as características do DNA de procariontes.

---

---

---

**8** Cite os dois principais papéis biológicos do DNA.

---

---

---

**9** Por que a replicação do DNA é semiconservativa?

---

---

---

**10** O que é transcrição?

---

---

---

**11** O que é tradução?

---

---

---



**12** Cite os três tipos de RNA presentes nos seres vivos. Indique a função de cada um deles.

---



---



---

**13** O que é código genético?

---



---

**14** O que significa dizer que o código genético é universal?

---



---

**15** Por que o código genético é degenerado?

---



---

**16** O que são polissomos?

---



---

## Exercícios propostos

**1 CEFET-CE 2004** O DNA e o RNA são biopolímeros constituídos de unidades menores denominadas nucleotídeos. Essas unidades são compostas de um grupo fosfato, um açúcar e uma base nitrogenada. Os açúcares presentes no DNA e no RNA são, respectivamente:

- (a) glucose e ribose.
- (b) desoxirribose e ribose.
- (c) ribose e desoxirribose.
- (d) desoxirribose e glucose.
- (e) glicose e rafinose.

**2 UFV 2004** Este ano comemorou-se 50 anos da publicação do trabalho de Francis Crick e James Watson, que estabeleceu o modelo da estrutura da molécula de ácido desoxirribonucleico (DNA). Dentre as afirmativas abaixo, assinale a alternativa correta.

- (a) Uma cadeia simples de DNA é constituída de nucleotídeos, compostos por uma desoxirribose ligada a um fosfato e a um aminoácido.
- (b) A polimerização de uma fita simples de DNA é dita semiconservativa, pois independe da existência de uma fita molde.
- (c) Os nucleotídeos são polimerizados por meio de ligações fosfodiéster entre o fosfato e a base nitrogenada.
- (d) Duas cadeias simples de DNA formam uma dupla-hélice, por meio da formação de pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.
- (e) As duas cadeias de uma dupla-hélice possuem a mesma orientação, e suas sequências de bases são complementares.

**3 Enem 2004** 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.

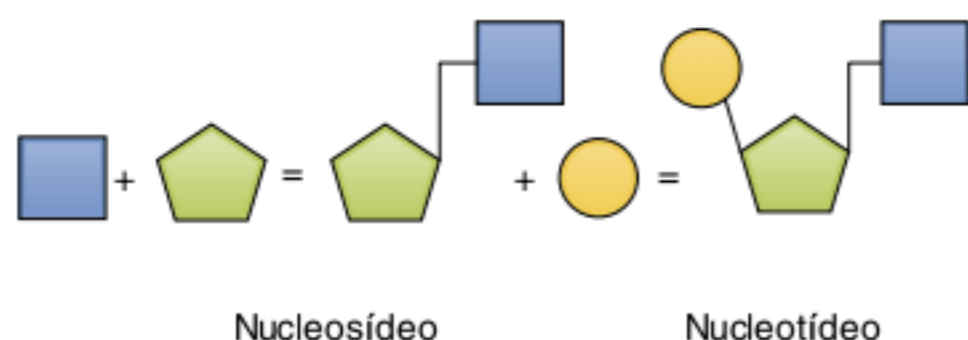
Exemplos de materiais analisados	Bases nitrogenadas			
	Adenina	Guanina	Citosina	Timina
Espermatozoide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozoide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	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.



**4 PUC-RS 2007** Responda com base na representação gráfica da formação do nucleotídeo e nas informações a seguir.



Os ácidos nucleicos (DNA e RNA) são compostos de monômeros chamados nucleotídeos, os quais são formados por subunidades representadas por um retângulo, um pentágono e um círculo.

As formas geométricas citadas no texto anterior representam, respectivamente, base \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e grupo \_\_\_\_\_

- (a) pirimídica – ribose – fosfato
- (b) nitrogenada – desoxirribose – nitrato
- (c) púrica – ribose – fosfato
- (d) pirimídica – desoxirribose – nitrato
- (e) nitrogenada – pentose – fosfato

**5 UEL 2006** Considere que um cientista esteja, em um laboratório, tentando reproduzir *in vitro* a síntese de moléculas de DNA. Com base nos conhecimentos sobre o tema, assinale a alternativa que indica, corretamente, as moléculas imprescindíveis que ele deve utilizar para que possa atingir o seu objetivo.

- (a) Quatro diferentes tipos de nucleotídeos, contendo as bases nitrogenadas adenina, timina, citosina e guanina; a enzima DNA polimerase e DNA.
- (b) Os nucleotídeos contendo as bases nitrogenadas timina, guanina, adenina e citosina; a enzima RNA polimerase; RNA mensageiro e DNA.
- (c) As enzimas RNA e DNA polimerase; os três tipos de RNA (mensageiro, transportador e ribossômico) e DNA.
- (d) A enzima DNA polimerase; os vinte tipos diferentes de aminoácidos, DNA e RNA.
- (e) As enzimas RNA e DNA polimerase; vinte tipos diferentes de aminoácidos; DNA e RNA.

**6 UFC 2007** Leia o texto a seguir.

O mamífero-símbolo da Idade do Gelo provavelmente tinha dois tipos de pelagem: castanho-escuro e loiro. A inferência vem diretamente do DNA do mamute-lanoso "*Mammuthus primigenius*", de exemplares mortos há 43 mil anos na Sibéria. É uma das primeiras vezes em que os genes de um bicho extinto dão pistas sobre características suas em vida.

"Mamutes podem ter tido pelo 'loiro', sugere análise de DNA".

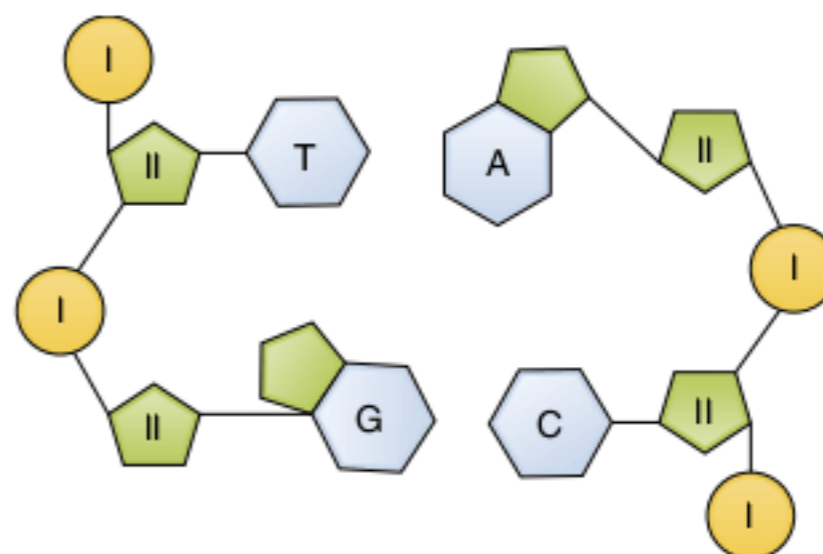
Folha de S. Paulo, 7 jul. 2006.

Em relação às características genéticas deste mamífero, é possível afirmar corretamente que:

- (a) seus genes estavam dispostos em cromossomos circulares.
- (b) seu DNA era composto por bases nitrogenadas, ribose e fosfato.

- (c) seus genes estavam organizados nos plasmídeos.
- (d) suas moléculas de DNA apresentavam estrutura helicoidal.
- (e) seus genes para o tipo de pelagem localizavam-se no DNA mitocondrial.

**7 UFPE 2003** Considerando que na figura a seguir tem-se uma representação plana de um segmento da molécula de DNA, analise as proposições a seguir.



- 1) Um nucleotídeo é formado por um grupo fosfato (I), uma molécula do açúcar desoxirribose (II) e uma molécula de base nitrogenada.
- 2) Um nucleotídeo com Timina (T) em uma cadeia pareia com um nucleotídeo com Adenina (A) em outra cadeia.
- 3) Um nucleotídeo com Guanina (G) em uma cadeia pareia com um nucleotídeo com Citosina (C) em outra cadeia.
- 4) Pontes de hidrogênio se estabelecem entre as bases nitrogenadas T e A e entre as bases nitrogenadas C e G.

Está(ão) correta(s):

- (a) 1 apenas.
- (b) 2 e 3 apenas.
- (c) 1, 2 e 3 apenas.
- (d) 2, 3 e 4 apenas.
- (e) 1, 2, 3 e 4.

**8 Unesp 2004** Erros podem ocorrer, embora em baixa frequência, durante os processos de replicação, transcrição e tradução do DNA. Entretanto, as consequências desses erros podem ser mais graves, por serem herdáveis, quando ocorrem:

- (a) na transcrição, apenas.
- (b) na replicação, apenas.
- (c) na replicação e na transcrição, apenas.
- (d) na transcrição e na tradução, apenas.
- (e) em qualquer um dos três processos.

**9 Fatec 2009** Em 1993, Kary Mullis, um geneticista ao serviço da Cetus, uma empresa de Biotecnologia da Califórnia, recebeu o prêmio Nobel da Química pelo desenvolvimento de um método que permite sintetizar, em poucas horas e *in vitro*, uma grande quantidade de um determinado fragmento de DNA. Esta técnica é parte integrante da moderna biotecnologia molecular, tendo trazido um enorme progresso para várias áreas, como o diagnóstico de doenças e medicina forense.



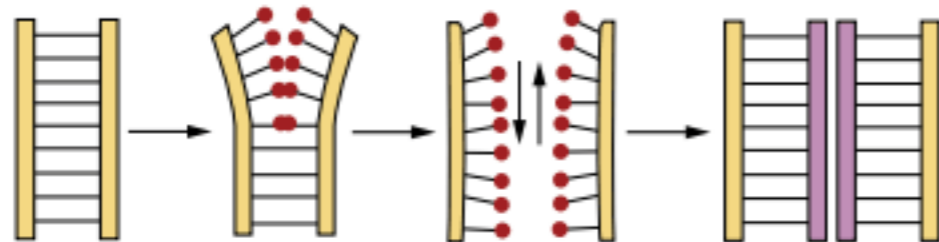


Disponível em: <<http://images.google.com.br/images?ndsp=208um=1&hl=pt-BR&q=dna&start=1008sa=N>>. Acesso em: 6 out. 2008.

Com base em seus conhecimentos sobre a molécula de DNA e sua duplicação, assinale a alternativa correta.

- (a) O processo de duplicação do DNA é conhecido como semiconservativo, pois a "molécula-mãe" do DNA, que serve de modelo, origina uma molécula de DNA, com duas novas cadeias de nucleotídeos.
- (b) As cadeias do DNA são separadas pelo rompimento das pontes de hidrogênio que fazem a ligação entre as bases, num processo catalisado por enzimas.
- (c) As pontes de hidrogênio que unem ambas as fitas do DNA se formam entre as bases nitrogenadas, representadas pelas letras A, C, G e U.
- (d) Quando as pontes de hidrogênio em uma molécula de DNA são quebradas obtêm-se riboses livres.
- (e) A polimerase do DNA é uma enzima que atua na produção de nucleotídeos.

**10 UFPE 2005** Na figura a seguir é ilustrado um processo muito importante para a vida. Analise-o e assinale a alternativa que indica corretamente qual é este processo.



- (a) Produção de proteína.
- (b) Transcrição do RNA.
- (c) Produção de RNA ribossômico.
- (d) Helicoidização do DNA.
- (e) Replicação do DNA.

**11 UFSC 2009** O DNA é a molécula biológica responsável pela codificação da informação genética nos seres vivos. Sobre esse assunto, é correto afirmar que:

- 01 a molécula de DNA é formada por duas cadeias caracterizadas por sequências de bases nitrogenadas.
- 02 na molécula de DNA podem existir oito diferentes tipos de complementação de bases nitrogenadas.
- 04 a quantidade de adenina presente em uma das cadeias é exatamente igual à quantidade de timina da cadeia complementar.
- 08 na molécula de DNA podem existir cinco diferentes tipos de bases nitrogenadas.
- 16 no processo de mitose, cada molécula de DNA dá origem a quatro moléculas de DNA exatamente iguais.

Soma =

**12 UFRGS 2005** O cientista britânico Francis Crick, um dos descobridores da estrutura da molécula de DNA, morto em julho de 2004, será lembrado como um dos mais influentes cientistas de todos os tempos. Em 1958, publicou um manifesto sobre a síntese de proteínas, apresentando suas hipóteses sobre a estrutura teórica da biologia molecular, lançando, assim, as bases para a descoberta do código genético.

Entre as hipóteses apresentadas naquele texto, destaca-se o dogma central da Biologia. Segundo esse dogma:

- (a) o código genético é degenerado, pois um aminoácido pode ser codificado por mais de uma trinca.
- (b) a transferência de informações genéticas ocorre do DNA para o RNA, e deste para a proteína.
- (c) cada polipeptídeo tem uma sequência específica de nucleotídeos determinada pelo gene.
- (d) cada molécula de DNA é formada pela reunião de nucleotídeos, que podem ser de quatro tipos diferentes.
- (e) uma molécula de DNA difere de outra pela sequência de seus nucleotídeos.

**13 Uerj 2007** Compartimentos e estruturas que contêm ácidos nucleicos, em uma célula eucariota, estão apresentados na seguinte alternativa:

- (a) mitocôndria – aparelho de Golgi – lisossomo
- (b) mitocôndria – retículo endoplasmático rugoso – cloroplasto
- (c) retículo endoplasmático liso – aparelho de Golgi – cloroplasto
- (d) retículo endoplasmático rugoso – retículo endoplasmático liso – lisossomo

**14 UFSM 2005** Analise as afirmativas.

- I. As proteínas e os ácidos nucleicos são formados por aminoácidos.
- II. DNA e RNA são os ácidos nucleicos encontrados tanto em células eucariontes como procariontes.
- III. A informação contida no DNA pode ser copiada em uma fita de RNA, através do processo denominado transcrição.
- IV. A informação presente no RNA pode ser transformada em uma sequência de aminoácidos, através do processo denominado tradução.

Está(ão) correta(s):

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

**15 UFRGS 2001** Cinco amostras com ácidos nucleicos foram analisadas quimicamente e apresentaram os seguintes resultados:

- I. 1º amostra: ribose
- II. 2º amostra: timina
- III. 3º amostra: dupla-hélice
- IV. 4º amostra: uracila
- V. 5º amostra: 20% de guanina e 30% de citosina



Entre estas amostras, quais se referem a DNA?

- (a) Apenas I e II.
- (b) Apenas I e III.
- (c) Apenas II e III.
- (d) Apenas II e IV.
- (e) Apenas II e V.

**16 Unirio 2004**

**Censores do Genoma/RNA de Interferência (RNAi)**

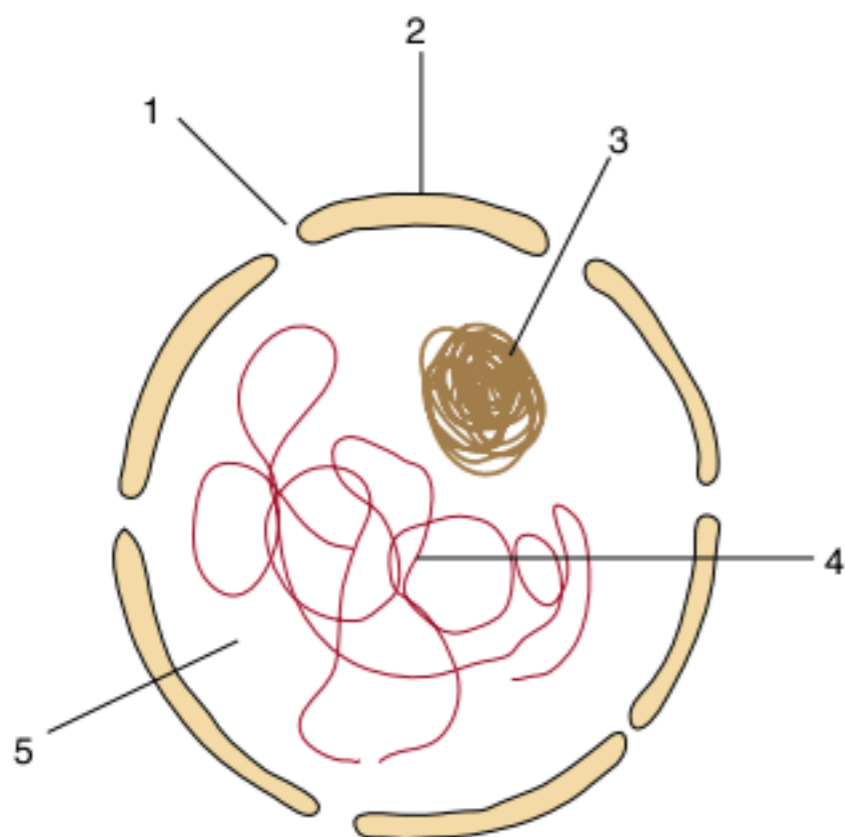
Quase todas as células animais e vegetais apresentam um mecanismo interno que utiliza formas distintas do RNA, a molécula mensageira genética, para naturalmente silenciar determinados genes. Esse mecanismo se desenvolveu tanto para proteger as células de genes hostis como para regular a atividade de genes normais durante o crescimento e desenvolvimento. Novos medicamentos poderão ser desenvolvidos para explorar o mecanismo do RNAi na prevenção e no tratamento de doenças.

*Scientific American Brasil, 2003.*

Uma das formas distintas de RNA citada no texto, que participa do silenciamento dos genes é um tipo de RNA de filamento duplo, cujo emparelhamento das bases obedece ao critério padrão (base púrica : base pirimídica). Neste tipo de molécula, a relação entre suas bases nitrogenadas é:

- (a)  $(U + C) / (G + A) = 1$
- (b)  $(U + A) / (C + G) = 1$
- (c)  $(T + C) / (A + G) > 1$
- (d)  $(T + C) / (A + G) = 1$
- (e)  $(U + C) / (A + G) . 1$

**17 UFPI 2003**



Analisando o desenho esquemático que representa o núcleo de uma célula animal qualquer, podemos identificar que o componente responsável pela síntese de RNA que forma o ribossomo é assinalado pelo número:

- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 4
- (e) 5

**18 UFSM 2000** Numere a 2ª coluna de acordo com a 1ª.

Coluna 1

- 1. DNA
- 2. RNA

Coluna 2

- dupla-hélice
- ribose
- fita única ou simples
- desoxirribose
- bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina, timina
- bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina, uracila

A sequência correta é:

- (a) 1 – 2 – 1 – 2 – 2 – 1.
- (b) 2 – 1 – 1 – 2 – 2 – 2.
- (c) 1 – 2 – 2 – 1 – 1 – 2.
- (d) 2 – 1 – 2 – 1 – 1 – 2.
- (e) 1 – 1 – 2 – 2 – 2 – 1.

**19 Puccamp 1998** Os itens a seguir referem-se à estrutura, composição e função dos ácidos nucleicos.

- Estrutura:
  - I. dupla-hélice
  - II. cadeia simples
- Composição:
  - 1. presença de uracila
  - 2. presença de timina
- Função:
  - a. síntese de proteínas
  - b. transcrição gênica

São características do ácido ribonucleico:

- (a) I – 1 – a
- (b) I – 2 – b
- (c) II – 1 – a
- (d) II – 1 – b
- (e) II – 2 – b

**20 UFPE 2001** Nos últimos anos, a biologia molecular tem fornecido ferramentas úteis para a produção de plantas e animais transgênicos. As informações armazenadas nas moléculas de DNA são traduzidas em proteínas por meio de moléculas intermediárias denominadas:

- (a) proteases.
- (b) plasmídios.
- (c) rRNA.
- (d) tRNA.
- (e) mRNA.

**21 Fatec 2006** O metabolismo celular depende de uma série de reações químicas controladas por enzimas, isto é, proteínas que atuam como catalisadores e que podem sofrer mutações genéticas sendo modificadas ou eliminadas.



Assinale a alternativa correta, levando em conta os ácidos nucleicos, a ocorrência de mutações e as consequentes mudanças do ciclo de vida da célula.

- (a) O DNA é constituído por códons, que determinam a sequência de bases do RNA mensageiro, necessária à formação dos anticódons, responsáveis pela produção das proteínas.
- (b) No caso de uma mutação acarretar a transformação de um códon em outro relacionado ao mesmo aminoácido, não haverá alteração na molécula proteica formada nem no metabolismo celular.
- (c) A mutação altera a sequência de aminoácidos do DNA, acarretando alterações na sequência de bases do RNA mensageiro e, conseqüentemente, na produção das proteínas.
- (d) As mutações atuam diretamente sobre as proteínas, provocando a desnaturação dessas moléculas e, conseqüentemente, a inativação delas.
- (e) Quando algumas proteínas são alteradas por mutações, suas funções no metabolismo celular passam a ser realizadas pelos aminoácidos.

**22 Unifesp 2004** Em abril de 2003, a finalização do Projeto Genoma Humano foi noticiada por vários meios de comunicação como sendo a “decifração do código genético humano”. A informação, da maneira como foi veiculada, está:

- (a) correta, porque agora se sabe toda a sequência de nucleotídeos dos cromossomos humanos.
- (b) correta, porque agora se sabe toda a sequência de genes dos cromossomos humanos.
- (c) errada, porque o código genético diz respeito à correspondência entre os códons do DNA e os aminoácidos nas proteínas.
- (d) errada, porque o Projeto decifrou os genes dos cromossomos humanos, não as proteínas que eles codificam.
- (e) errada, porque não é possível decifrar todo o código genético; existem regiões cromossômicas com alta taxa de mutação.

**23 Fatec 2007** Os códons são modelos propostos pelos bioquímicos para representar o código genético. São constituídos por três bases nitrogenadas no RNA, e cada uma delas é representada por uma letra.

A = adenina

U = uracila

C = citosina

G = guanina

O modelo para o códon:

- (a) poderia ter duas letras, uma vez que o número de aminoácidos é igual a oito.
- (b) é universal, porque mais de uma trinca de bases pode codificar um mesmo aminoácido.
- (c) é degenerado, porque mais de um códon pode codificar um mesmo aminoácido.
- (d) é específico, porque vários aminoácidos podem ser codificados pelo mesmo códon.
- (e) é variável, uma vez que aminoácidos diferentes são codificados pelo mesmo códon.

**24 Fuvest 2007** O código genético é o conjunto de todas as trincas possíveis de bases nitrogenadas (códon). A sequência de códons do RNA mensageiro determina a sequência de aminoácidos da proteína.

É correto afirmar que o código genético:

- (a) varia entre os tecidos do corpo de um indivíduo.
- (b) é o mesmo em todas as células de um indivíduo, mas varia de indivíduo para indivíduo.
- (c) é o mesmo nos indivíduos de uma mesma espécie, mas varia de espécie para espécie.
- (d) permite distinguir procaríotos de eucaríotos.
- (e) é praticamente o mesmo em todas as formas de vida.

**25 UEL 2009** Considere as afirmativas a seguir sobre as propriedades do código genético.

- I. Existem vinte e quatro tipos de aminoácidos que, agrupados em diversas sequências, formam todos os tipos de proteínas que entram na composição de qualquer ser vivo.
- II. O código genético é universal, pois vários aminoácidos têm mais de um códon que os codifica.
- III. A perda ou a substituição de uma única base nitrogenada na molécula de DNA pode alterar um aminoácido na proteína.
- IV. Nos organismos, a relação entre o número de nucleotídeos (a) de um mRNA e o número de aminoácidos da proteína formada (b) mostrou que  $a / b = 3$ .

Assinale a alternativa correta.

- (a) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- (b) Somente as afirmativas II e III 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 I, II e IV são corretas.

**26 UFPI 2000** Se uma proteína possui 100 aminoácidos, quantos códons, que especificam esses aminoácidos, devem estar presentes no seu mRNA?

- (a) 100
- (b) 33
- (c) 99
- (d) 300
- (e) 500

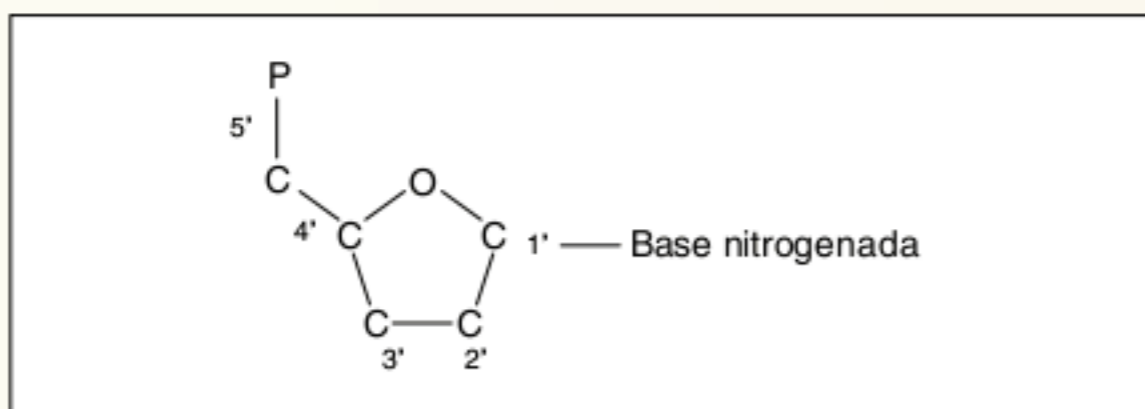
**27 UFRRJ 2004** As unidades hereditárias que contêm a informação para especificar um aminoácido são denominadas:

- (a) ADN.
- (b) códons.
- (c) nucléolos.
- (d) acrossomos.
- (e) ribossomos.



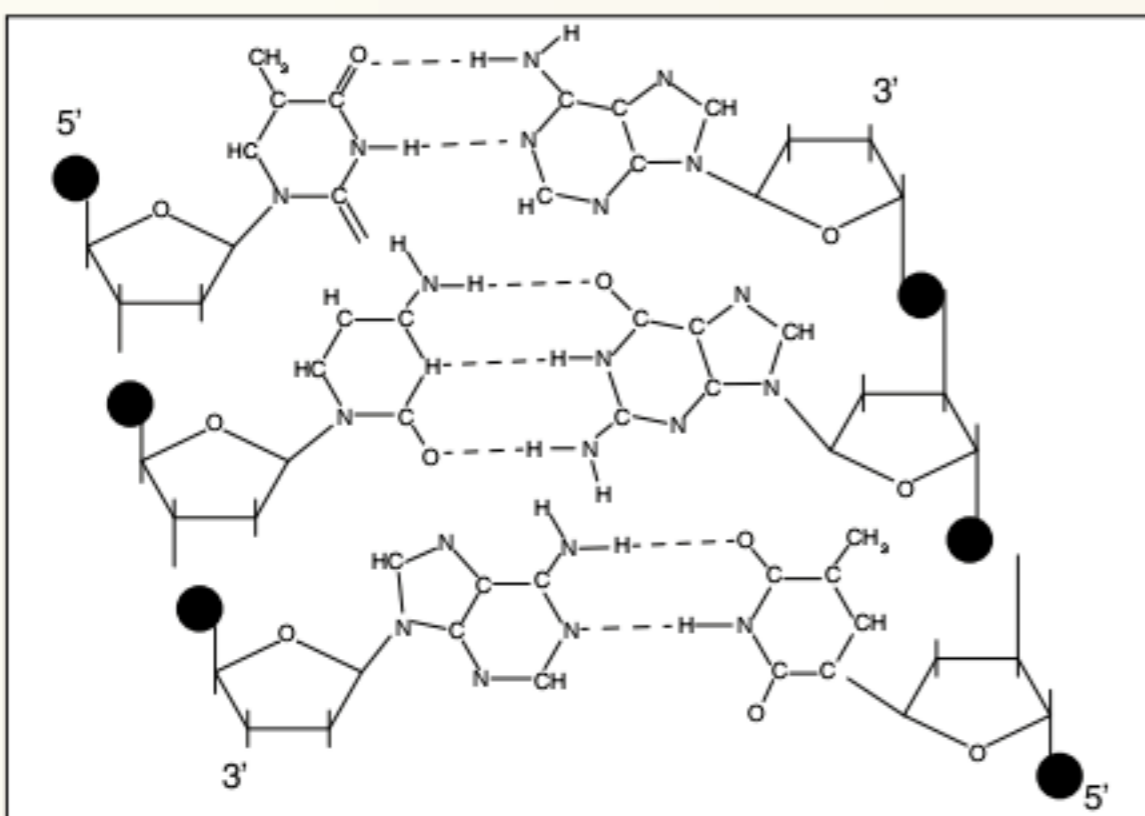
## O complexo helicase-polimerase

Agora vamos considerar a molécula de DNA, apresentando alguns detalhes químicos. A desoxirribose pode ser representada em uma forma cíclica, com o aspecto de um pentágono. Em um dos vértices do pentágono, encontra-se um átomo de oxigênio e nos demais vértices estão átomos de carbono. O quinto átomo de carbono fica fora do pentágono. Os carbonos são numerados de 1 a 5. Costuma-se designar os carbonos como 1', 2', 3', 4' e 5'. Ao carbono 1' liga-se a base nitrogenada, e o fosfato se associa ao carbono 5'.



Estrutura de uma pentose e suas ligações.

Vamos analisar um "degrau" da molécula de DNA. A desoxirribose de uma cadeia tem o carbono 5' voltado para um lado ("para cima"), enquanto a desoxirribose da cadeia complementar tem o carbono 5' voltado para o lado oposto ("para baixo"). Diz-se então que as duas cadeias componentes do DNA são antiparalelas. Assim, podemos concluir que, em uma molécula de DNA, uma cadeia tem uma extremidade com o fosfato do carbono 5' livre e a outra extremidade com o carbono 3' livre. Já a fita complementar tem esses pontos extremos com 3' e 5', respectivamente.



Detalhe da hélice de DNA no plano.

A replicação do DNA envolve três enzimas principais: helicase, DNA polimerase e ligase. A helicase promove a abertura da dupla-hélice, separando as duas cadeias. Isso permite a exposição de suas bases componentes ao contato com os nucleotídeos de DNA e com as demais enzimas envolvidas (DNA polimerase e ligase). O sentido de deslocamento da helicase determina em qual sentido as cadeias parentais serão replicadas.

A DNA polimerase é responsável pelo acoplamento de nucleotídeos à cadeia que serve como molde para a construção de uma nova cadeia. Assim, a DNA polimerase participa da síntese direta da nova cadeia polinucleotídica. O início da síntese de DNA é feito a partir de um pequeno segmento de RNA (denominado *primer*), ao qual é acrescentado o restante da nova molécula de DNA. Posteriormente, o *primer* é removido.

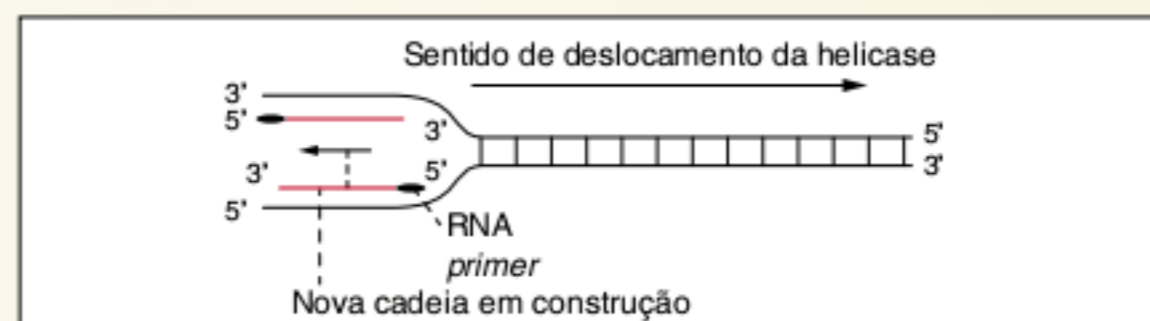
A DNA polimerase só é capaz de acrescentar um nucleotídeo de DNA no carbono 3' de um nucleotídeo já instalado. Assim, a cadeia alonga-se no sentido 5'→3'. Pode-se imaginar a molécula original de DNA abrindo-se como um zíper, formando uma bifurcação cada vez maior. Cada uma das cadeias serve de molde para a síntese de uma cadeia nova. Vamos analisar o que ocorre com a cadeia 3'→5' e a cadeia 5'→3'.

Considerando a cadeia molde 3'→5', a nova cadeia gerada é construída de maneira contínua, pois ela tem crescimento no sentido 5'→3', que é como normalmente atua a DNA polimerase.



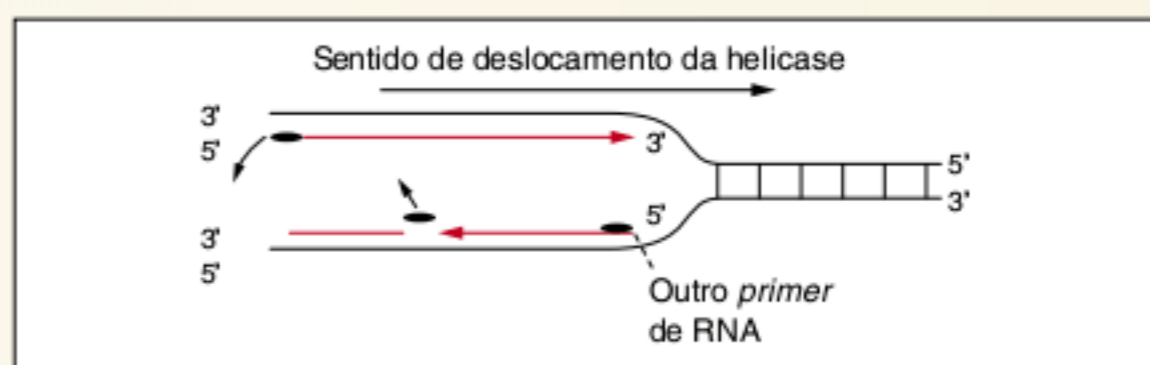
Crescimento contínuo da cadeia (5' → 3').

Já a cadeia molde 5'→3' gera uma nova cadeia, que é construída de maneira descontínua, sempre no sentido 3'→5'. Esse crescimento descontínuo se deve ao antiparalelismo da cadeia de DNA e da atividade da DNA polimerase e só ocorre na terminação 3'. O crescimento descontínuo é feito pela formação de um pequeno bloco; em seguida, é gerado outro bloco, e assim sucessivamente.



Crescimento descontínuo da cadeia (3' → 5')

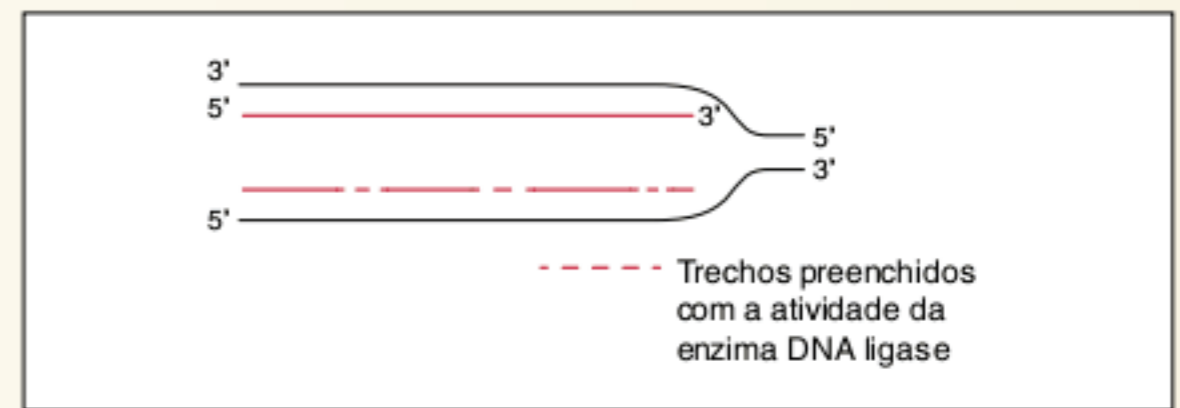
Em um próximo trecho, a bifurcação da molécula de DNA avança ainda mais. A nova cadeia, que usa como molde a fita 3'→5', alonga-se mais no mesmo sentido, enquanto a fita que usa como molde a cadeia 5'→3' tem o acréscimo de *primers* de RNA e de fragmentos de cadeia de DNA, formando vários blocos. Depois, os blocos são reunidos em uma fita única. Cada bloco tem início com um segmento de RNA *primer*.



A cadeia descontínua tem crescimento em blocos.



Quando o processo for concluído, os *primers* de RNA serão removidos. A nova cadeia descontínua de DNA apresentará espaços, que serão preenchidos com a síntese de pequenos segmentos de DNA, com a intervenção da enzima ligase.



Processo final da replicação do DNA.

### Um teste do modelo de Watson e Crick

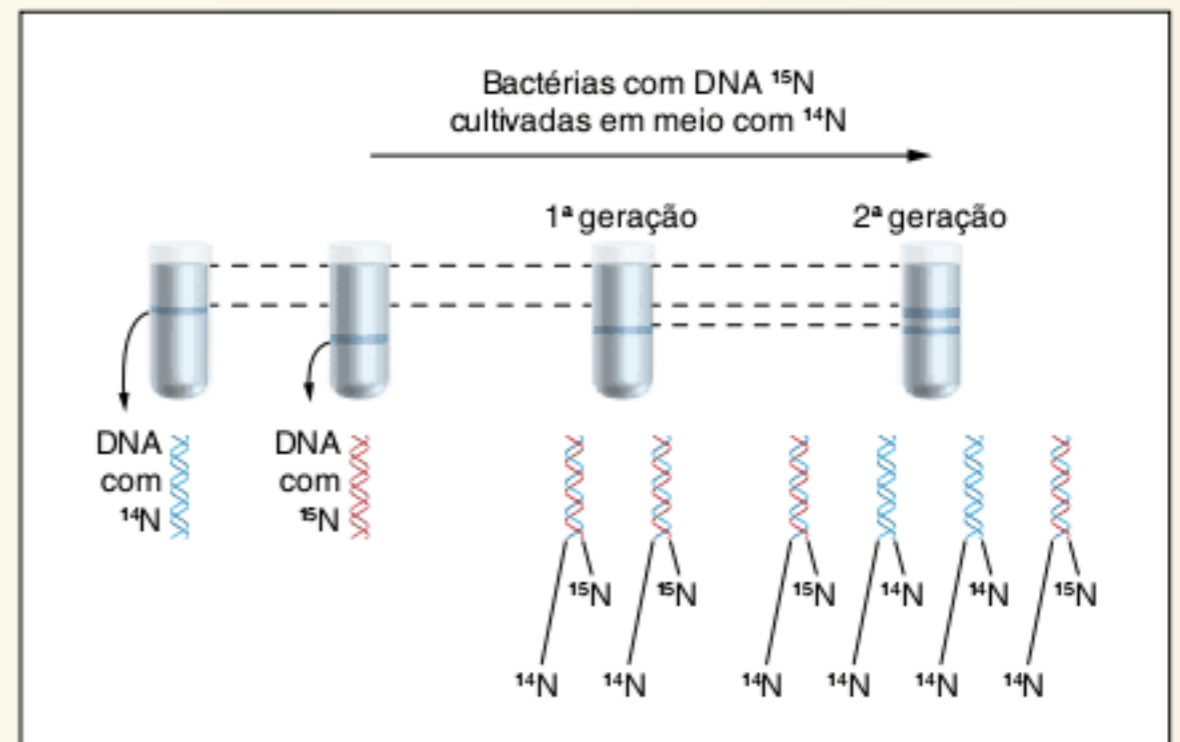
Em 1958, os cientistas Meselson e Stahl realizaram um experimento que testou o mecanismo de replicação semiconservativa do DNA, proposto por Watson e Crick. O nitrogênio é componente das bases nitrogenadas do DNA; seu isótopo mais abundante na natureza é o  $^{14}\text{N}$ . Assim, a maior parte do DNA dos seres vivos tem esse isótopo.

Meselson e Stahl extraíram DNA de bactérias cultivadas em laboratório. Esse DNA foi colocado em uma solução, posteriormente submetida a um processo de centrifugação, cujo resultado foi a formação de uma faixa contendo inúmeras moléculas de DNA.

Os dois cientistas então cultivaram bactérias em meio contendo apenas  $^{15}\text{N}$ , um isótopo mais “pesado” do  $^{14}\text{N}$ . As bactérias se multiplicaram por 20 gerações, resultando na incorporação de  $^{15}\text{N}$  ao DNA das descendentes. Após 20 replicações, a quantidade de  $^{14}\text{N}$  passou a ser desprezível. O DNA das descendentes foi extraído e submetido a um processo de centrifugação. O resultado foi a obtenção de uma faixa em posição mais baixa em relação à faixa obtida com DNA de bactérias com  $^{14}\text{N}$ .

As bactérias dotadas de DNA contendo  $^{15}\text{N}$  foram transferidas para um meio de cultura que apresentava apenas  $^{14}\text{N}$ . Essas bactérias absorveram os nutrientes contendo  $^{14}\text{N}$  e os empregaram na síntese de DNA, gerando novos descendentes, logo, o DNA de cada bactéria sofreu replicação. O DNA das bactérias da primeira geração foi extraído e submetido à centrifugação. O resultado foi

a formação de uma faixa de DNA numa posição intermediária, entre a superior (DNA com  $^{14}\text{N}$ ) e a inferior (DNA com  $^{15}\text{N}$ ). Isso confirma o mecanismo de replicação semiconservativa, pois uma fita antiga (com  $^{14}\text{N}$ ) serviu de molde para a formação de uma fita nova (com  $^{15}\text{N}$ ), gerando uma molécula de DNA híbrida:  $^{14}\text{N}$ - $^{15}\text{N}$ . Na segunda geração cultivada em meio contendo  $^{14}\text{N}$ , o DNA das bactérias apresentou dois tipos de moléculas:  $^{15}\text{N}$ - $^{14}\text{N}$  e  $^{14}\text{N}$ - $^{14}\text{N}$ , localizados em duas faixas (uma superior e outra intermediária).

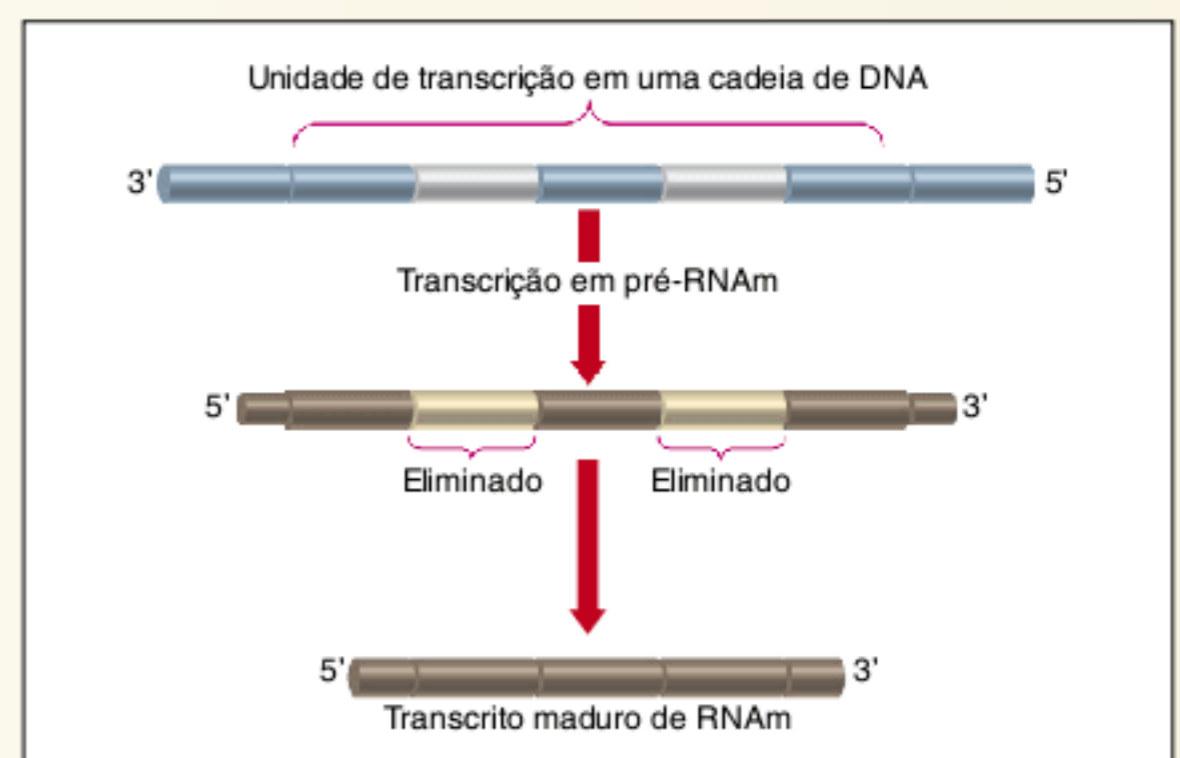


Experimento do mecanismo de replicação semiconservativa do DNA.

### Uma edição do RNAm

Nos eucariontes, o RNA mensageiro não é enviado diretamente aos ribossomos para participação imediata na síntese de proteínas. Antes disso, a molécula de RNAm é submetida a um processo de “edição”. São efetuados cortes em certos trechos da molécula, com a participação de enzimas que removem fragmentos denominados **introns**. Os fragmentos não removidos são denominados **exons**, os quais são unidos na versão final da molécula de RNAm que vai efetivamente ligar-se aos ribossomos e orientar a síntese de proteínas. O nome desse processo de corte do RNAm é *splicing*.

Assim, a sequência de bases nitrogenadas do DNA não corresponde totalmente à sequência de bases nitrogenadas do RNA mensageiro que comanda a síntese proteica. Isso não ocorre nos procariontes. Neles, o mesmo RNAm resultante da transcrição ligar-se aos ribossomos e orienta a síntese proteica.



Processo de “edição” de uma molécula de RNAm.



# RESUMINDO

## Ácidos nucleicos

### Conceito

Ácidos nucleicos são macromoléculas constituídas por nucleotídeos. Há dois tipos de ácidos nucleicos: o DNA (ácido desoxirribonucleico) e o RNA (ácido ribonucleico). Um nucleotídeo consta de três componentes: um fosfato, uma pentose e uma base nitrogenada. As pentoses são ribose (no RNA) e desoxirribose (no DNA). As bases nitrogenadas são de dois tipos: púricas (adenina e a guanina) e pirimídicas (citosina, timina e uracila). A timina é uma base presente apenas no DNA, enquanto a uracila só ocorre no RNA. Os ácidos nucleicos estão relacionados com a hereditariedade e com o controle das atividades metabólicas; nucleotídeos como o ATP relacionam-se com o metabolismo energético.

## DNA

### Localização nas células

Nas células eucarióticas há DNA no núcleo, como componente dos filamentos de cromatina; essas estruturas têm extremidades livres e seu DNA está associado a proteínas (histonas). O DNA também está presente em mitocôndrias e cloroplastos; o DNA dessas organelas é circular e não tem histonas associadas.

Nas células procarióticas há DNA no nucleóide, na forma de um cromossomo circular e sem histonas associadas; essas células também apresentam plasmídeos.

### Estrutura do DNA

A estrutura do DNA foi esclarecida em 1953 pelos cientistas James Watson e Francis Crick. O DNA tem quantidades iguais de adenina e de timina; guanina e citosina também apresentam quantidades iguais. A molécula de DNA é constituída por duas cadeias ou fitas de polinucleotídeos; e há uma correspondência de bases nitrogenadas: adenina com timina e guanina com citosina. As bases correspondentes ficam unidas por ligações de hidrogênio. O aspecto do DNA seria comparável ao de uma escada de cordas: os corrimãos constituídos por fosfato e desoxirribose alternados, os degraus formados por um par de bases nitrogenadas (A com T e C com G). Cada base nitrogenada é ligada a uma desoxirribose, que está unida a um fosfato.

### Papéis do DNA

O DNA é o material hereditário dos seres vivos, sendo responsável pelo controle do metabolismo. Um passo fundamental na transmissão das informações genéticas é a replicação (duplicação) do material genético. Nos eucariontes isso ocorre antes de a célula se dividir, no período S da interfase.

O controle do metabolismo é realizado por enzimas cuja produção é controlada pelo DNA. O DNA serve de molde para a produção de RNA mensageiro (por meio da transcrição), que orienta, nos ribossomos, a síntese de proteínas, em um processo denominado tradução. Algumas proteínas são enzimas que controlam reações químicas.

### Replicação

A duplicação do DNA depende da enzima DNA polimerase. A duplicação do DNA é do tipo semiconservativa, pois as duas

moléculas produzidas no processo têm uma cadeia antiga e uma cadeia nova, recém-gerada. Cada uma das moléculas produzidas é idêntica à molécula original de DNA. Esse processo garante a preservação da identidade do material genético, que pode ser transmitido às células-filhas sem alterações. Eventualmente, pode haver uma alteração na ordem das bases nitrogenadas do DNA, caracterizando uma mutação.

### Transcrição

É o processo de produção de RNA utilizando-se um molde constituído por DNA. A transcrição do DNA nuclear depende da enzima RNA polimerase; só uma das cadeias é ativa, ou seja, só uma das cadeias serve de molde para a produção de RNA. Nucleotídeos complementares de RNA são ajustados à cadeia molde de DNA. O RNA não possui timina; em seu lugar apresenta-se a base uracila.

## RNA

### RNA ribossômico

Está relacionado a um segmento de algumas moléculas de DNA, junto às quais se forma o nucléolo, que é rico em RNA. Os ribossomos são organelos constituídos por duas subunidades de tamanhos diferentes, compostas de proteínas e de grande quantidade de RNA.

### RNA mensageiro

É o que transmite informações do DNA aos ribossomos, orientando a síntese de uma determinada proteína. O segmento de DNA, que serve de molde para a produção de certo RNAm, corresponde a um gene.

### RNA transportador

Sua função é carregar um aminoácido específico até os ribossomos, onde se realiza a síntese de proteínas.

### Outros ácidos nucleicos

Além dos RNAs citados, existem diversos outros tipos de RNA com funções distintas. Há, por exemplo, moléculas de RNA que atuam como catalisadores e recebem denominação de ribozimas. Há vírus que têm DNA com uma cadeia, RNA com duas cadeias e RNA com capacidade de replicação.

### Código genético

Nos seres vivos há a relação: três bases nitrogenadas de uma molécula de RNA mensageiro que correspondem a um aminoácido que integra uma cadeia proteica (3 bases para 1 aminoácido). Essa correspondência é o código genético.

Um trio ou trinca de bases do RNAm corresponde a um códon, que, normalmente, corresponde a um aminoácido. O código genético é universal, ou seja, é o mesmo para praticamente todos os seres vivos. O código genético é degenerado: códons diferentes podem identificar um mesmo aminoácido; esses códons funcionariam como "sinônimos". Existem códons para parar o processo de síntese. Também há um códon para iniciar, que identifica o início do processo; toda proteína começa a ser sintetizada com a introdução do aminoácido metionina, cujo códon é AUG.



## Síntese de proteínas

### RNA transportador

Uma parte da molécula de RNA<sup>t</sup> liga-se a um aminoácido. Outra parte da molécula apresenta uma trinca de bases, conhecida como anticódon, que realiza o emparelhamento com bases complementares do RNA<sup>m</sup>, realizando o emparelhamento anticódon-códon.

### Ribossomos

Ribossomos são constituídos por proteínas e por RNA ribossômico. Cada ribossomo completo tem duas subunidades: uma grande e uma pequena. As subunidades só se unem durante a síntese de proteínas; depois disso, separam-se.

## Etapas da síntese proteica

### Iniciação

No citosol, a molécula de RNA<sup>m</sup>, proveniente do núcleo, une-se a uma subunidade pequena de um ribossomo. O aminoácido metionina une-se a um RNA<sup>t</sup>. O RNA<sup>t</sup>, com metionina, une-se por ligações de hidrogênio ao códon do RNA<sup>m</sup>. A subunidade grande se junta a todo esse conjunto, e o ribossomo está completo.

### Elongação

Um outro RNA<sup>t</sup> une-se ao RNA<sup>m</sup>. O aminoácido metionina do primeiro RNA<sup>t</sup> reage com o segundo aminoácido, estabelecendo-se uma ligação peptídica; e então o primeiro RNA<sup>t</sup> é liberado do ribossomo.

O ribossomo desloca-se ao longo da cadeia de RNA<sup>m</sup> e fica sobre o próximo códon. Um RNA<sup>t</sup> une-se a outro aminoácido e liga-se ao códon do RNA<sup>m</sup>. Os aminoácidos reagem entre si e estabelecem outra ligação peptídica. Um RNA<sup>t</sup> desprende-se, e o ribossomo move-se para o códon seguinte. Esse processo vai se repetindo até a última etapa, a terminação.

### Terminação

É quando o ribossomo chega ao códon correspondente a término, como o UGA. Um RNA<sup>t</sup> com anticódon ACU não tem correspondência com nenhum aminoácido. Esse RNA<sup>t</sup> liga-se ao códon de término do RNA<sup>m</sup> e não é adicionado outro aminoácido à cadeia proteica.

### Polirribossomos

Um ribossomo percorre toda a molécula de RNA<sup>m</sup> e, no final, é produzida uma proteína. No entanto, a mesma molécula de RNA<sup>m</sup> é percorrida por vários ribossomos, constituindo o que se chama de polirribossomos ou polissomos.

## ■ QUER SABER MAIS?



### SITES

- Estrutura do DNA  
<[www.johnkyrk.com/DNAanatomy.html](http://www.johnkyrk.com/DNAanatomy.html)>.
- Informações sobre a síntese de proteínas  
<[www.wisc-online.com/objects/ViewObject.aspx?ID=AP1302](http://www.wisc-online.com/objects/ViewObject.aspx?ID=AP1302)>.

## Exercícios complementares

**1 Udesc 2009** O DNA é a molécula da hereditariedade. Essa molécula é formada por nucleotídeos. Em relação aos nucleotídeos do DNA, responda:

- a) Qual a composição de um nucleotídeo que compõe as fitas de DNA?
- b) Quais as pirimidinas do DNA?

**2 UFSM 2006** A história da maioria dos municípios gaúchos coincide com a chegada dos primeiros portugueses, alemães, italianos e de outros povos. No entanto, através dos vestígios materiais encontrados nas pesquisas arqueológicas, sabemos que outros povos, anteriores aos citados, protagonizaram a nossa história.

Diante da relevância do contexto e da vontade de valorizar o nosso povo nativo, “o índio”, foi selecionada a área temática Cultura e as questões foram construídas com base na obra *Os primeiros habitantes do Rio Grande do Sul* (L. A. B. Custódio (Org.). Santa Cruz do Sul: EDUNISC; IPHAN, 2004.).

Nossos ancestrais, uma mistura de índios, brancos e negros, deixaram-nos um legado que, muitas vezes, diferencia-nos. Nosso chimarrão nos identifica em qualquer parte do mundo. Ainda hoje, convivemos com grupos indígenas, como os Kaingáng; ainda hoje, as três raças se mesclam em nossos descendentes.



O DNA presente nas mitocôndrias tem composição e estrutura típicas desse tipo de ácido nucleico, portanto é formado por:

- I. uma cadeia de nucleotídeos em que as bases nitrogenadas interagem, formando ligações fosfodiéster.
- II. duas cadeias polinucleotídicas paralelas e complementares entre si, através dos pareamentos de aminoácidos.
- III. nucleotídeos que são compostos por uma base nitrogenada, uma pentose e um radical “fosfato”.

Está(ão) correta(s):

- (a) apenas I.
- (b) apenas II.
- (c) apenas III.
- (d) apenas I e II.
- (e) apenas II e III.

**3 UFU 2007** Após a análise de DNA de uma célula de mamífero, verifica-se que 15% das bases nitrogenadas são representadas por uma base que tem como característica a formação de três pontes de hidrogênio com a base complementar.

Considerando essas informações, é correto afirmar que a quantidade de:

- (a) citosina representa 35% da quantidade total de bases nitrogenadas.
- (b) adenina representa 30% da quantidade total de bases nitrogenadas.
- (c) timina representa 35% da quantidade total de bases nitrogenadas.
- (d) guanina representa 30% da quantidade total de bases nitrogenadas.

**4 UFSC 2004** Neste ano de 2003, são comemorados os 50 anos da “descoberta” da estrutura tridimensional do DNA.

Com relação às características dessa molécula, ao papel que ela desempenha nos seres vivos e aos processos em que se encontra envolvida, é correto afirmar que:

- 01 é formada por duas fileiras de nucleotídeos torcidas juntas em forma de hélice.
- 02 em sua composição é possível encontrar quatro bases nitrogenadas diferentes: a adenina, a citosina, o aminoácido e a proteína.
- 04 ela tem a capacidade de se autoduplicar.
- 08 nela está contida a informação genética necessária para a formação de um organismo.
- 16 a mensagem nela contida pode ser transcrita para uma outra molécula denominada RNA.
- 32 nos organismos procariontes, ela fica estocada dentro do núcleo das células.
- 64 em alguns organismos primitivos, ela apresenta apenas uma fileira de nucleotídeos.

Soma =

**5 Uerj 1999** Em células eucariotas mantidas em cultura, adicionou-se o nucleosídeo uridina marcado radioativamente com  $H^*$  ao meio de cultura. Após algum tempo, as células

foram transferidas para um novo meio que não continha o isótopo. Amostras destas células foram retiradas 3, 15 e 90 minutos após a transferência, sendo, então, colocadas em lâmina de vidro, fixadas e submetidas a autorradiografia. Esse processo marca a posição aproximada do isótopo dentro da célula, como representado no esquema a seguir.



3 minutos

15 minutos

90 minutos

- a) Cite o tipo de molécula ao qual a uridina se incorporou. Justifique sua resposta.
- b) Nomeie o compartimento celular que seria marcado se o nucleosídeo radioativo usado fosse a timidina e justifique sua resposta.

**6 UFRJ 2005** A soma das porcentagens de guanina e citosina em uma certa molécula de ADN é igual a 58% do total de bases presentes.

- a) Indique as porcentagens das quatro bases, adenina (A), citosina (C), guanina (G) e timina (T), nessa molécula.
- b) Explique por que é impossível prever a proporção de citosina presente no ARN mensageiro codificado por esse trecho de ADN.

**7 PUC-Rio 2002** A análise da composição dos nucleotídeos do ácido nucleico que constitui o material genético de quatro diferentes organismos mostrou o seguinte resultado:

Molécula	Adenina (A)	Guanina (G)	Timina (T)	Citosina (C)	Uracila (U)
I	23,3	26,7	23,5	26,5	0
II	17,3	40,5	28,2	14	0
III	23,5	14,3	0	35,5	22,7
IV	23,5	26,5	0	26,7	23,3

Com base nos resultados, marque a afirmativa correta em relação à identificação das moléculas.

- (a) I é uma molécula de DNA porque tem o mesmo percentual de A e T e de G e C.
- (b) I e III são moléculas que contêm somente uma fita de nucleotídeos.
- (c) IV é uma molécula de RNA, cópia de uma das fitas da molécula I.
- (d) II e IV são moléculas responsáveis pela tradução proteica.
- (e) III é uma molécula RNA de fita dupla.







Primeira base	Segunda base								Terceira base
	U		C		A		G		
U	UUU	phe	UCU	ser	UAU	tyr	UGU	cys	U
	UUC	phe	UCC	ser	UAC	tyr	UGC	cys	C
	UUA	leu	UCA	ser	UAA	pare	UGA	pare	A
	UUG	leu	UCG	ser	UAG	pare	UGG	trp	G
C	CUU	leu	CCU	pro	CAU	his	CGU	arg	U
	CUC	leu	CCC	pro	CAC	his	CGC	arg	C
	CUA	leu	CCA	pro	CAA	gln	CGA	arg	A
	CUG	leu	CCG	pro	CAG	gln	CGG	arg	G
A	AUU	ile	ACU	thr	AAU	asn	AGU	ser	U
	AUC	ile	ACC	thr	AAC	asn	AGC	ser	C
	AUA	ile	ACA	thr	AAA	lys	AGA	arg	A
	AUG	met	ACG	thr	AAG	lys	AGG	arg	G
G	GUU	val	GCU	ala	GAU	asp	GGU	gly	U
	GUC	val	GCC	ala	GAC	asp	GGC	gly	C
	GUA	val	GCA	ala	GAA	glu	GGA	gly	A
	GUG	val	GCG	ala	GAG	glu	GGG	gly	G

**14 UEM 2004** Sobre a atividade e a expressão dos genes, assinale o que for correto.

- 01 Durante a transcrição de um gene normal e funcional, as fitas opostas servem de molde para a síntese de RNA mensageiros com sequências diferentes, mas complementares.
- 02 O código genético é degenerado porque o mesmo códon especifica aminoácidos diferentes em organismos procaríotos e eucaríotos.
- 04 Tanto em animais quanto em vegetais, uma cadeia polipeptídica de 100 aminoácidos pode ser traduzida a partir de um RNA mensageiro com mais de 100 códons.
- 08 Nas células vegetais, a síntese de proteínas ocorre na matriz citoplasmática, no ergastoplasma, nas mitocôndrias e nos cloroplastos.
- 16 Nas células animais, a síntese de proteínas ocorre na matriz citoplasmática, no ergastoplasma, nas mitocôndrias e no nucleoplasma.
- 32 Sempre que a sequência de códons do gene é alterada por substituição de um par de bases também ocorre modificação na sequência de aminoácidos da cadeia polipeptídica codificada.

Soma =

**15 UFV 2004** A tabela adiante representa uma versão fictícia do código genético. Entretanto, esse código segue o padrão do código genético universal, no qual três bases codificam um aminoácido.

Trinca de bases	Aminoácido	Trinca de bases	Aminoácido
AAC	N	CUA	R
AAU	O	GAA	K
AGG	C	GCA	T
AUA	O	GCC	N
AUC	S	GCU	T
AUG	iniciação	GGC	W
CAU	O	GGG	S
CCU	S	UAA	terminação
CGA	W	UAC	A
CGC	I	UAU	E
		UCG	A

Molécula de RNA  
 5' AU AUG CGA U C G G C U A U C C A U G C C U A U A G G C U A C G C A G G G A A U A A C U A A 3'

Analise a tabela e faça o que se pede.

- a) Cite o nome da enzima que catalisa a síntese de RNA mensageiro.
- b) Cite a sequência do anticódon correspondente ao códon de iniciação.
- c) Qual a sequência de aminoácidos que resultará da tradução da molécula de RNA mensageiro? Ver figura anterior.
- d) Qual a sequência de aminoácidos que resultará da tradução da mesma molécula de mRNA, após uma deleção do terceiro nucleotídeo?

**16 Unifesp 2003** O jornal *Folha de S.Paulo* (23.09.2002) noticiou que um cientista espanhol afirmou ter encontrado proteínas no ovo fóssil de um dinossauro que poderiam ajudá-lo a reconstituir o DNA desses animais.

- a) Faça um esquema simples, formado por palavras e setas, demonstrando como, a partir de uma sequência de DNA, obtém-se uma proteína.
- b) A partir de uma proteína, é possível percorrer o caminho inverso e chegar à sequência de DNA que a gerou? Justifique.

**17 UFSC 2008** Todas as formas de vida do nosso planeta têm suas informações genéticas codificadas nas sequências de bases nitrogenadas dos ácidos nucleicos. Assinale a(s) proposição(ões) correta(s), considerando as informações a seguir.

Sequência 1:  
AAAGATCCCGAATCGGTCGGCGATTTATCG

Sequência 2:  
TTTCTAGGGCTTAGCCAGCCGCTAAATAGC

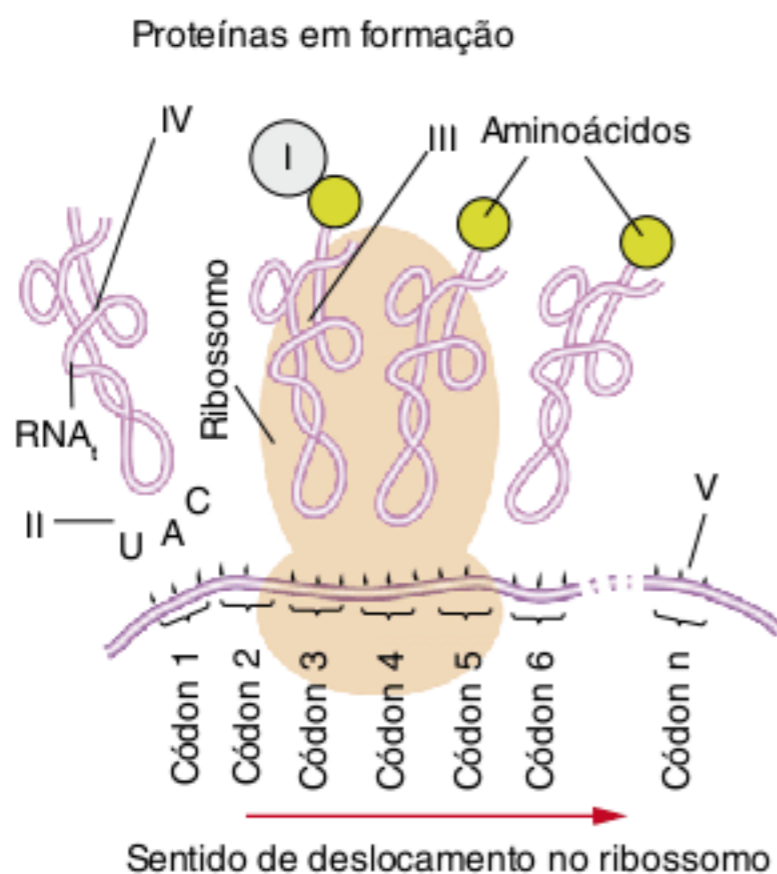
- 01 As sequências 1 e 2 são complementares no DNA e, juntas, representam um segmento de molécula de DNA.
- 02 Se considerarmos 1 a sequência molde, o RNAm formado por esta sequência conterá as mesmas bases nitrogenadas da sequência 2, trocando-se a timina pela uracila.



- 04 Na sequência 1 estão representados 30 códons e 10 nucleotídeos.
- 08 A sequência 1 pode ser a representação de um DNA ou de um RNA, dependendo de como for lida.
- 16 O código genético é exclusivo de cada espécie. Prova disso é que determinados aminoácidos, como, por exemplo, a fenilalanina, são encontrados apenas na espécie humana.
- 32 Adenina, timina, citosina e guanina são aminoácidos essenciais, presentes em todos os seres vivos.
- 64 Com o sequenciamento do genoma humano, foi possível determinar a sequência de aminoácidos de todas as proteínas humanas.

Soma =

**18 UFPE 2004** A molécula de RNAm é sintetizada no núcleo, transcrevendo a sequência de bases de uma cadeia de DNA. O RNAm no citoplasma se liga ao ribossomo, onde se dá a produção de cadeias peptídicas. Considerando esse tema, analise a figura e as proposições a seguir.



- O aminoácido metionina (I) é trazido ao ribossomo pelo RNAt cujo anticódon é UAC (II), complementar ao códon AUG do RNAm.
- Na etapa seguinte da tradução, um segundo RNAt (III), cujo anticódon é complementar ao segundo códon do RNAm, geralmente onde há uma trinca UAA, UAG ou UGA, encaixa-se no sítio destinado à entrada de aminoácidos na cadeia peptídica.
- Quando se estabelece uma ligação peptídica entre os dois primeiros aminoácidos, o RNAt do primeiro aminoácido é liberado (IV) no citoplasma.
- O final da tradução ocorre quando, na leitura da mensagem genética, se chega a um códon de parada (V), a saber, UUG, UUA ou GUA, para os quais não há aminoácido correspondente.
- 61 códons correspondem aos aminoácidos que compõem as proteínas. Sabendo-se que os códons 5 e 6 trazem a informação para um mesmo aminoácido, para o qual existe apenas uma trinca de codificação, podemos afirmar que os códons 5 e 6 codificam, ou para a metionina ou para o triptofano.

**19 UFRJ 2004** Após tratar culturas de bactérias com doses de um agente mutagênico capaz de induzir uma única mutação pontual (que afeta apenas um nucleotídeo por célula), analisou-se a sequência de aminoácidos de uma determinada proteína em diversos mutantes gerados. Verificou-se que um desses mutantes produzia uma dada proteína que diferia da original pela ausência de 35 aminoácidos em uma das extremidades da cadeia peptídica.

Explique como essa única mutação pontual pode fazer com que a síntese da proteína seja interrompida prematuramente.

**20 UFRJ 2007** As sequências de RNA mensageiro a seguir codificam peptídeos com atividades biológicas específicas. Suponha que mutações no DNA tenham causado as seguintes mudanças nas duas moléculas de mRNA (1 e 2).

A tabela resumida do código genético mostra alguns códons e seus aminoácidos correspondentes.

Molécula 1:

UGU GUU AUU UAU UCU                      UCU GUU AUU UAU UCU

Molécula 2:

GCU CAU AGA GAU GGU                      GCU CAU AGC GAU GGU

Códon	Aminoácido	Códon	Aminoácido
GUU	valina	AGU	serina
GUC	valina	AGC	serina
GUA	valina	AGA	arginina
GUG	valina	AGG	arginina

Em qual das mudanças (1 ou 2) há risco de perda ou de diminuição da atividade biológica?

Justifique sua resposta.

**21 Uerj 2007** Diversas técnicas são utilizadas para determinar, em genes de uma célula eucariota, a sequência de bases nitrogenadas codificantes, ou seja, aquela que define a estrutura primária da proteína a ser sintetizada. A abordagem experimental mais frequente, hoje, consiste em, primeiramente, extrair os RNA mensageiros da célula, sintetizar os seus DNA complementares e, então, proceder ao sequenciamento das bases presentes nesses DNA. Em uma bactéria, no entanto, é possível determinar a sequência codificante diretamente a partir de seu cromossomo.

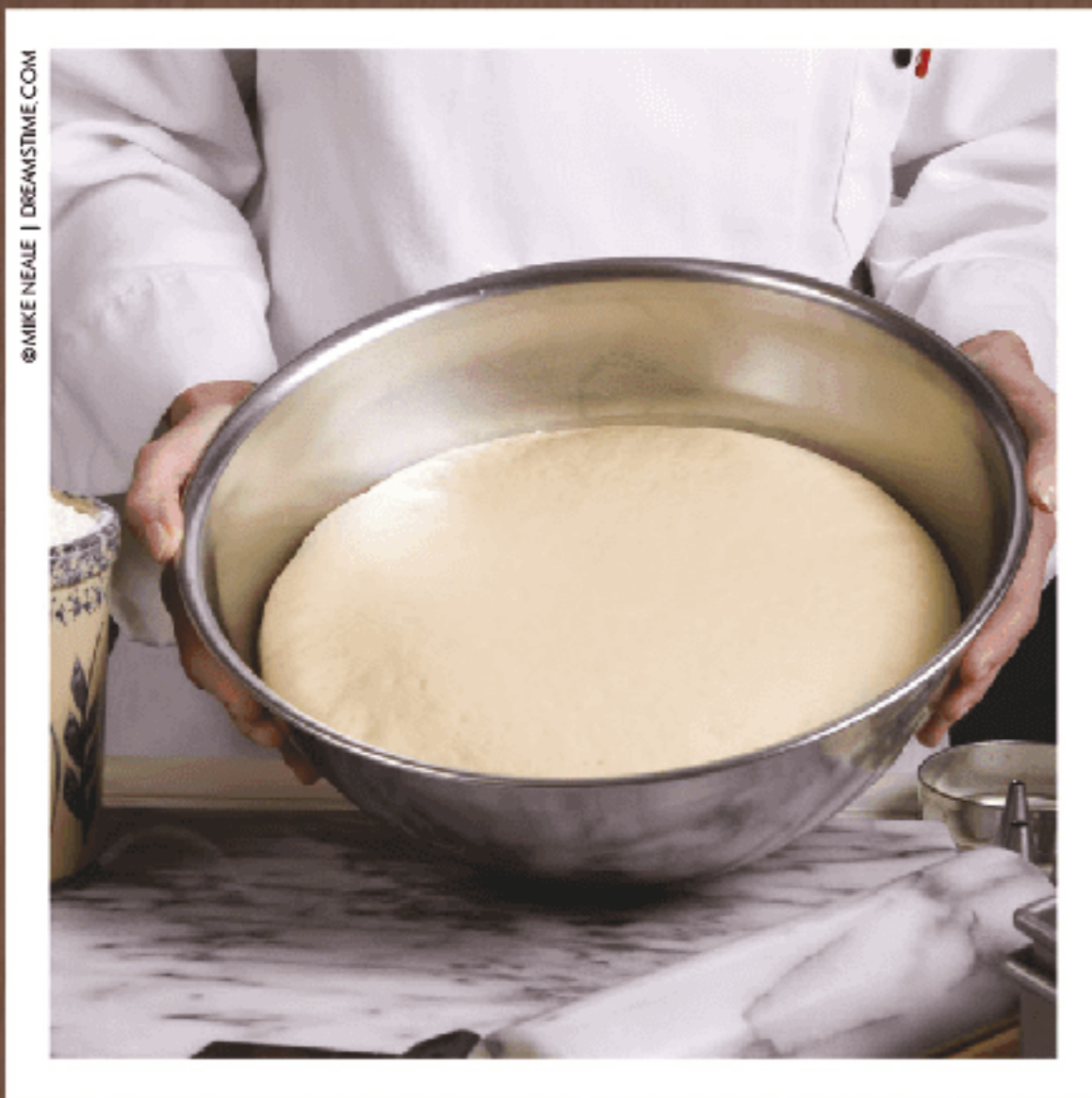
Explique o motivo pelo qual, em organismos eucariotos, é preferível utilizar o RNA mensageiro para determinar a região codificante do DNA.



# 8

FRENTE 1

## Bioenergética



O preparo de massas (pão, pizza, entre outros) envolve o emprego de fermento biológico, constituído por fungos microscópicos. Os fungos realizam fermentação, processo que lhes permite obter energia dos carboidratos da farinha e que libera gás carbônico, responsável pelo crescimento da massa. Por outro lado, a farinha de trigo usada na produção da massa teve sua origem na fotossíntese realizada pelos pés de trigo de onde a farinha foi obtida. O ser humano, ao alimentar-se da pizza, irá degradar seus carboidratos componentes no processo de respiração celular e obterá energia para seus processos metabólicos.





## Parte I: A liberação de energia

No Livro 1, tivemos uma noção geral de bioenergética e agora esse assunto é retomado e aprofundado. Este capítulo é dividido em duas partes: a parte I envolve processos de liberação de energia e a parte II envolve a produção de substâncias orgânicas por meio de fotossíntese ou quimiossíntese.

Os seres vivos, autótrofos ou heterótrofos, precisam de energia para a manutenção de suas atividades metabólicas. Essa energia é proveniente da degradação de substâncias orgânicas por meio da respiração celular ou da fermentação.

### Respiração celular

A respiração celular ocorre em algumas etapas, sendo que uma parte ocorre no **citossol** e outra parte do processo é realizada no interior das **mitocôndrias**. Uma mitocôndria é envolvida por duas membranas. A **membrana interna** é praticamente impermeável e apresenta dobramentos, conhecidos como **cristas mitocondriais**. O interior da mitocôndria é preenchido por um coloide: a **matriz mitocondrial**. Já a **membrana externa** é permeável e delimita, entre a membrana interna e ela, o espaço intermembranoso. As mitocôndrias apresentam **DNA circular sem histonas**, sendo similar ao material genético dos procariontes (Fig. 1).

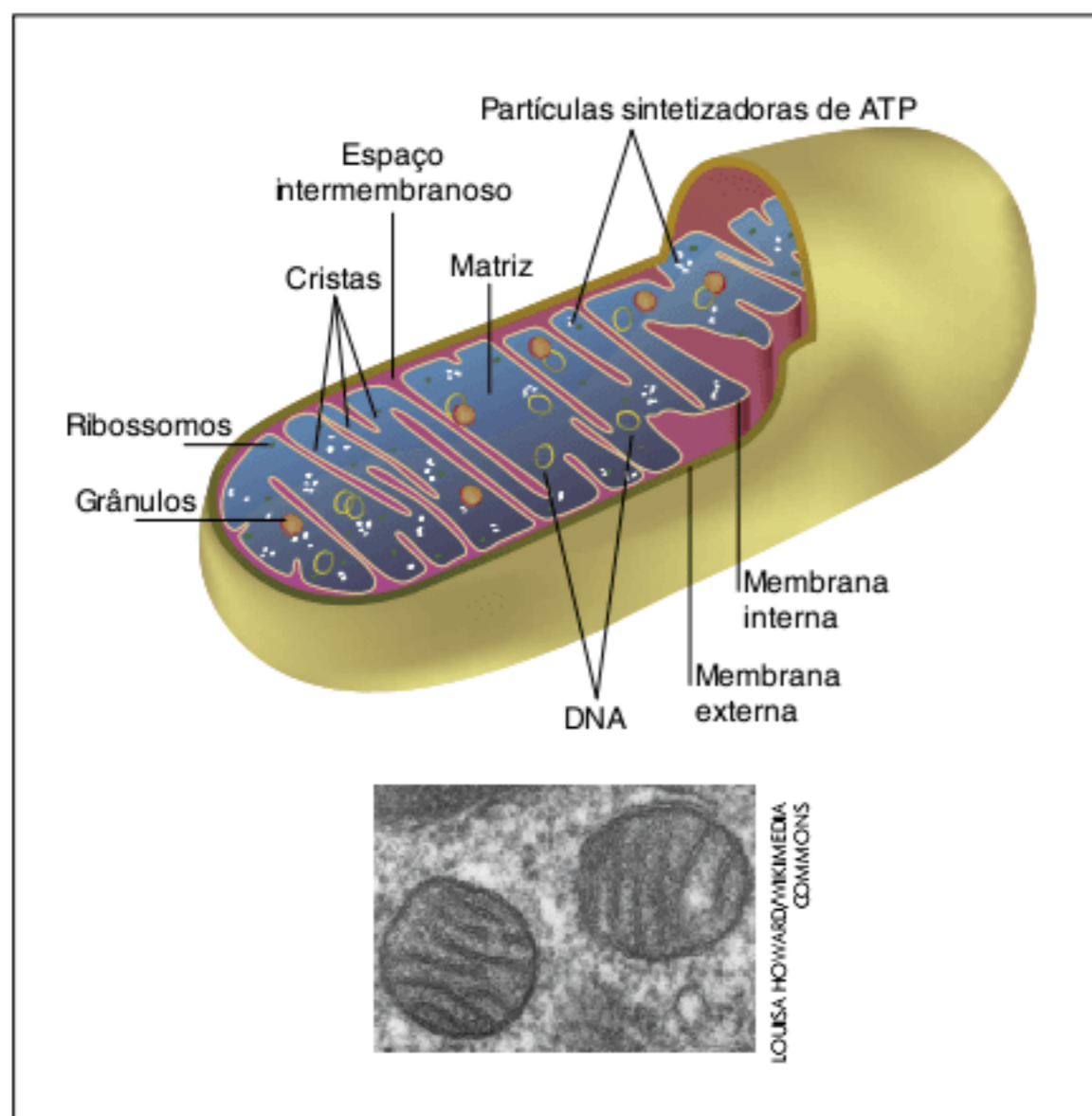


Fig. 1 Ilustração de mitocôndria, mostrando seus principais componentes. Abaixo, foto de mitocôndrias obtida por microscopia eletrônica.

A respiração celular é um processo **aeróbio** que degrada **glicose** e gera **água** e **gás carbônico (CO<sub>2</sub>)** como resíduos, além de acumular energia na forma de **ATP**. Ao longo da respiração celular, ocorrem inúmeras reações químicas intermediárias até a formação dos resíduos finais, incluindo descarboxilação, desidrogenação e fosforilação (Fig. 2).

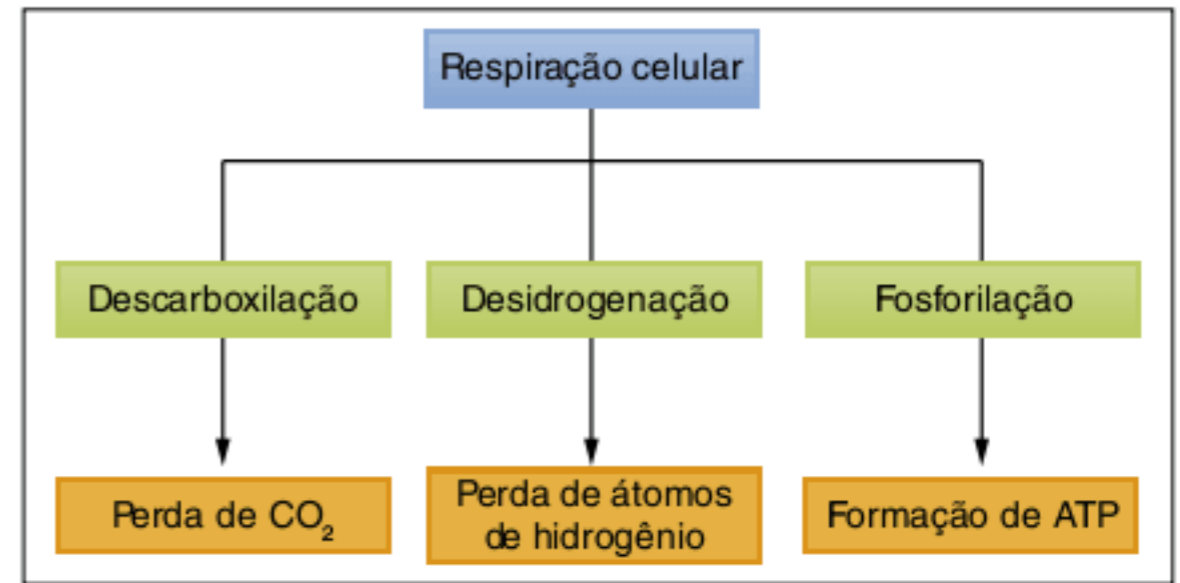


Fig. 2 Durante a respiração celular ocorrem os processos de descarboxilação, desidrogenação e fosforilação.

**Descarboxilação** é a remoção de grupos carboxila, gerando CO<sub>2</sub>, que, no caso dos heterótrofos, é eliminado no ambiente. No caso dos autótrofos, o CO<sub>2</sub> pode ser empregado na fotossíntese. A descarboxilação envolve as vitaminas B1 (tiamina) e B8 (biotina). **Desidrogenação** é a perda de átomos de hidrogênio, constituindo um processo de oxidação. Os hidrogênios são transferidos para substâncias denominadas aceptores (que “aceitam”). O último receptor de hidrogênio na respiração celular aeróbia é o gás oxigênio, ocorrendo a produção de água. **Fosforilação** é a formação de **ATP (adenosina trifosfato)** a partir de **ADP (adenosina difosfato)** e de **fosfato inorgânico (Pi)**, que se encontram dissolvidos no citossol e na matriz mitocondrial. Esse processo requer energia, que é liberada em algumas reações químicas da respiração celular.

A respiração celular é, tradicionalmente, dividida em três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória. A glicólise ocorre no citossol; o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória se processam no interior das mitocôndrias. O ciclo de Krebs ocorre na matriz mitocondrial, e a cadeia respiratória se dá nas cristas mitocondriais (Fig. 3).

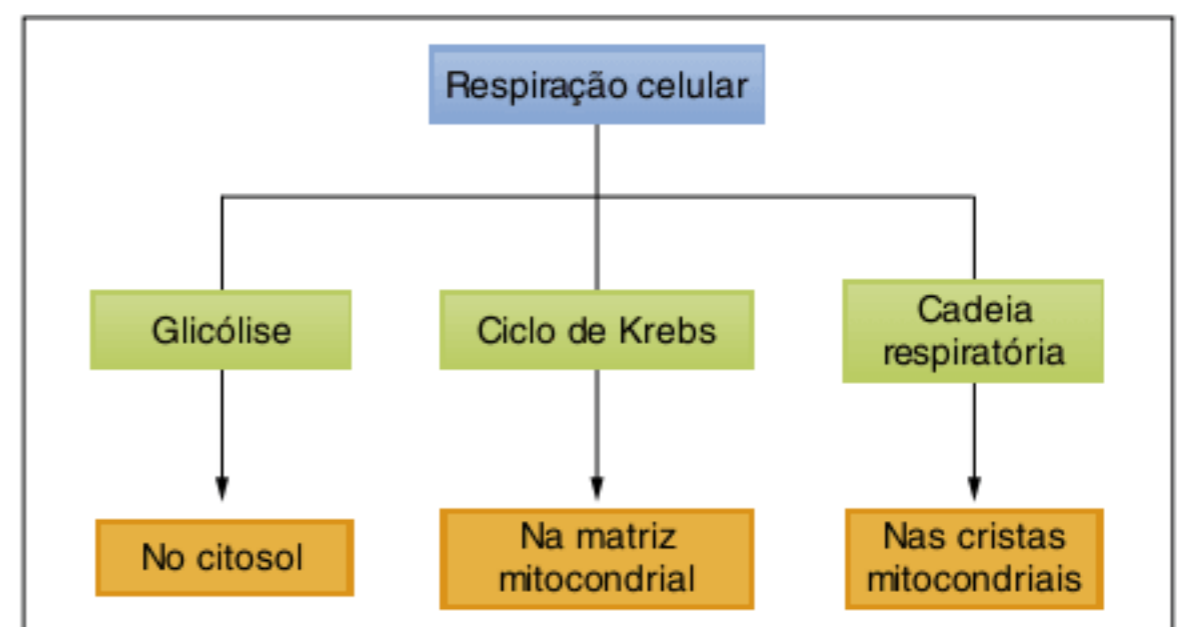


Fig. 3 Etapas da respiração celular e o local onde ocorrem na célula.

### Glicólise

A glicólise ocorre no **citossol** e converte uma molécula de **glicose** em duas moléculas de **ácido pirúvico**. O termo *glicólise* refere-se à quebra (*lise*) da glicose em moléculas menores. Esse processo não emprega gás oxigênio, sendo, portanto, uma etapa anaeróbia da respiração celular (Fig. 4).



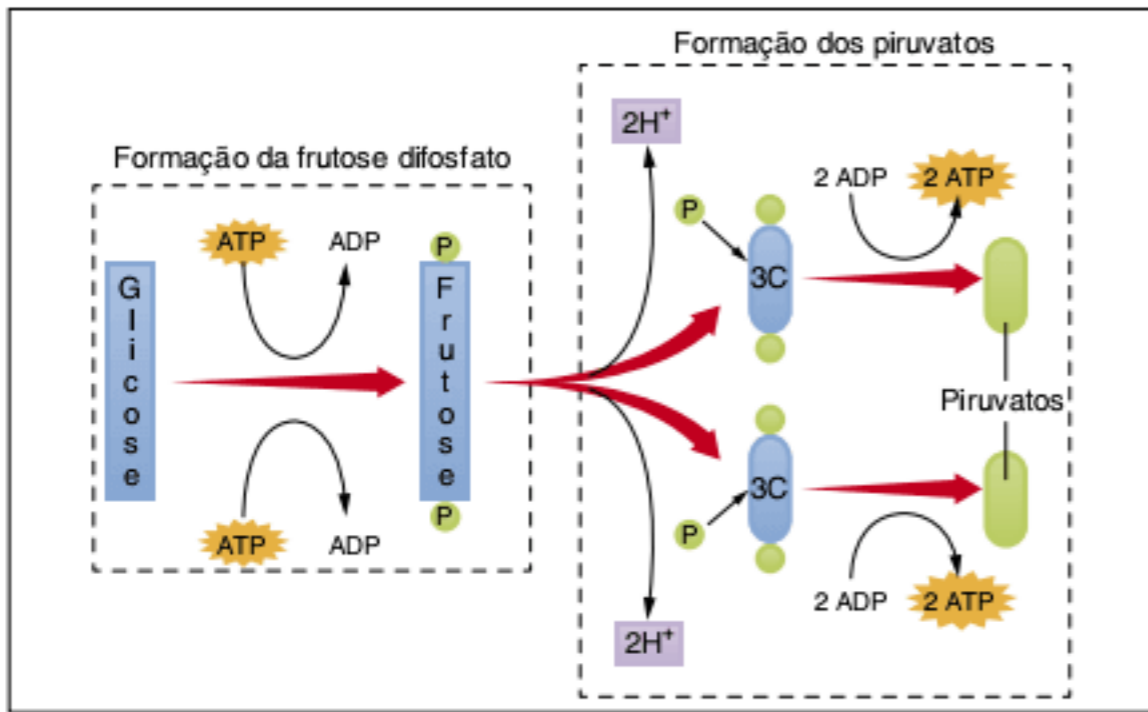


Fig. 4 Passos significativos da glicólise.

A glicólise é constituída por muitas reações químicas intermediárias, resultando na formação de duas moléculas de ácido pirúvico. Inicialmente, a glicose recebe dois grupos fosfato, transferidos a partir de duas moléculas de ATP, presentes no citosol, e se converte em frutose difosfato (especificamente, frutose-1,6-bifosfato). Essa substância tem mais energia do que a glicose e é mais instável, sendo mais fácil sua degradação em moléculas menores.

A molécula de frutose difosfato é quebrada em duas moléculas, cada uma dotada de cadeia constituída por três átomos de carbono (3C) e um grupo fosfato. Cada uma dessas cadeias sofre quatro importantes alterações:

- Recebe um fosfato inorgânico (que se encontra dissolvido no citosol) e passa a apresentar dois fosfatos;
- Perde dois átomos de hidrogênio;
- Libera os fosfatos, que se unem a duas moléculas de ADP, presentes no citosol, formando-se dois ATPs;
- A cadeia carbônica converte-se em ácido pirúvico ( $C_3H_4O_3$ ).

Com todas essas mudanças, os produtos finais da glicólise são: **duas moléculas de ácido pirúvico, quatro moléculas de ATP e quatro átomos de hidrogênio**. Esses passos são detalhados a seguir.

A glicose, por meio de reações químicas intermediárias, gera duas moléculas de ácido pirúvico ( $C_3H_4O_3$ ). Nessa transformação, não ocorre alteração no número de átomos de carbono e de oxigênio, mas há diminuição do número de átomos de hidrogênio (de 12 para 8), correspondendo a um processo de oxidação.

$C_6H_{12}O_6$	→	$2 C_3H_4O_3$
6 átomos de carbono		6 átomos de carbono
12 átomos de hidrogênio		8 átomos de hidrogênio
6 átomos de oxigênio		6 átomos de oxigênio

Na glicólise, são geradas diretamente quatro moléculas de ATP. Como na produção de frutose difosfato são gastos 2 ATPs, o saldo direto da glicólise é de **2 ATPs** (4 ATPs produzidos menos 2 ATPs gastos).

Durante a glicólise, há liberação de quatro átomos de hidrogênio. Eles reagem com duas moléculas de  $NAD^+$  (nicotinamida adenina dinucleotídeo), formando-se duas moléculas de  $NADH$  e dois  $H^+$  ( $NADH + H^+$ ); os prótons  $H^+$  permanecem em solução no citosol. O  $NAD^+$  comporta-se como umceptor intermediário de hidrogênios que apresenta a vitamina B3, a niacina, em sua composição.

Agora podemos ter uma visão panorâmica da respiração celular, antecipando alguns passos que serão discutidos com mais detalhes adiante. Na glicólise, uma molécula de glicose (6C) é convertida em duas moléculas de ácido pirúvico (3C). No processo, há um saldo de 2 ATPs e ocorre a liberação de átomos de hidrogênio, os quais são transferidos para aceptores de hidrogênio. O  $NAD^+$  é umceptor intermediário de hidrogênio, ou seja, um receptor temporário de átomos de hidrogênio, que, posteriormente, são transferidos a outras substâncias, como o FAD (flavina adenina dinucleotídeo). Oceptor final é o gás oxigênio, e a reação entre hidrogênios e oxigênio gera água. Isso ocorre na **cadeia respiratória**, no interior das mitocôndrias. O FAD tem como integrante a vitamina B2, a riboflavina.

As duas moléculas de ácido pirúvico entram na mitocôndria e são degradadas em uma sequência de reações químicas, gerando seis moléculas de  $CO_2$ . Também há a formação de ATP e a liberação de hidrogênios, que passam para os aceptores de hidrogênio.

### O destino do ácido pirúvico

As moléculas de ácido pirúvico provenientes da degradação da glicose atravessam as membranas da mitocôndria com o auxílio de uma proteína e alcançam a **matriz mitocondrial**. Essas duas moléculas são convertidas em duas moléculas de **acetil-coA** (acetil coenzima A). Trata-se de um grupo acetil (2C) unido à coenzima A (um de seus componentes é a vitamina B5, o ácido pantotênico). Na conversão de ácido pirúvico em acetil-coA ocorre descarboxilação, com a formação de  $CO_2$ ; também há liberação de átomos de hidrogênio, que reagem com  $NAD^+$ , formando  $NADH + H^+$  (Fig. 5).

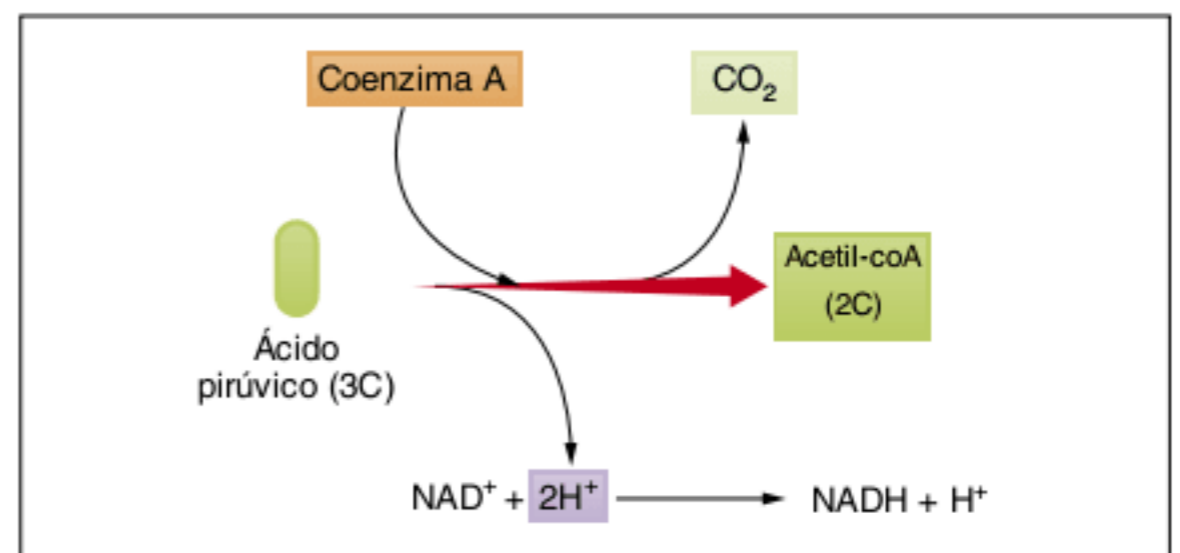


Fig. 5 O ácido pirúvico gerado na glicólise é convertido em acetil-coA; nesse processo, ocorre liberação de  $CO_2$  e de  $H^+$ .

### Ciclo de Krebs

As duas moléculas de acetil-coA ingressam em uma sequência de reações conhecida como ciclo de Krebs. O grupo acetil (2C) reage com o ácido oxalacético (4C) presente na **matriz mitocondrial** e a coenzima A é liberada; forma-se então o ácido cítrico, que tem 6 carbonos. O ciclo de Krebs também é conhecido como ciclo do ácido cítrico. O ácido cítrico passa por uma sequência de reações químicas, levando novamente à formação de ácido oxalacético, que pode reagir com outra molécula de acetil-coA. Para cada molécula de acetil-coA que entra no ciclo de Krebs, são gerados 2  $CO_2$ , 1  $FADH_2$ , 3  $NADH$ , 3  $H^+$  e 1 ATP. Na realidade, o ciclo de Krebs gera o composto **GTP** (que tem guanina na sua composição), que fornece energia para a produção de ATP. Assim, contabiliza-se como se o ciclo de Krebs gerasse ATP (Fig. 6).



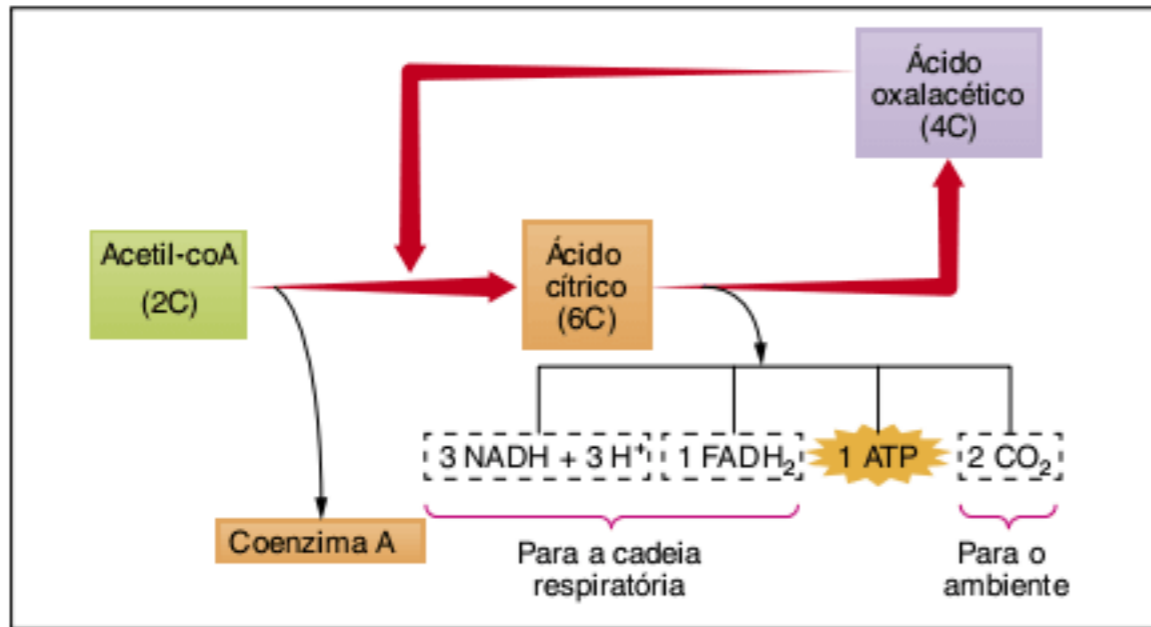


Fig. 6 Representação dos principais aspectos do ciclo de Krebs.

É preciso ter sempre em mente as proporções do processo respiratório como um todo: 1 glicose → 2 ácidos pirúvicos → 2 acetil-coA → 2 ciclos de Krebs.

Como são dois ciclos de Krebs que ocorrem a partir de uma molécula inicial de glicose, temos a formação de 2 CO<sub>2</sub>, 2 FADH<sub>2</sub>, 6 NADH, 6 H<sup>+</sup> e 2 ATPs.

O CO<sub>2</sub> é liberado para o ambiente. São 2 CO<sub>2</sub> resultantes da conversão de ácido pirúvico em 2 acetil-coA; além disso, são gerados 4 CO<sub>2</sub> nos dois ciclos de Krebs, totalizando 6 CO<sub>2</sub>. O ATP é empregado no metabolismo, e os demais produtos do ciclo de Krebs (FADH<sub>2</sub>, NADH e H<sup>+</sup>) são empregados na cadeia respiratória.

### Cadeia respiratória

É também denominada cadeia transportadora de elétrons e ocorre nas **cristas mitocondriais**. É constituída de uma sequência de transferências de átomos de hidrogênio e seus elétrons, incluindo na ordem NADH + H<sup>+</sup>, FADH<sub>2</sub> e alguns citocromos. O acceptor final de hidrogênios e seus elétrons é o gás oxigênio (O<sub>2</sub>), havendo formação de água (H<sub>2</sub>O). **Citocromos** são moléculas proteicas que apresentam um átomo central de ferro ou cobre e atuam como transportadores de elétrons (Fig. 7). Nessa transferência sequencial, os hidrogênios do FADH<sub>2</sub> liberam 2H<sup>+</sup> e dois elétrons, que são transportados pelos citocromos e ficam na matriz mitocondrial, enquanto os H<sup>+</sup> são transportados para o espaço intermembranas. O mesmo ocorre com NADH + H<sup>+</sup>, que gera 2H<sup>+</sup>, que são transportados para o espaço intermembranas. Forma-se um gradiente de cargas, com cargas negativas (elétrons) na matriz mitocondrial e cargas positivas (H<sup>+</sup>) no espaço intermembranas. Existe atração

entre essas cargas opostas e, quando os H<sup>+</sup> voltam para a matriz mitocondrial (por meio de um transportador), uma parte dessa “energia de atração” é utilizada para produzir um ATP (a partir de ADP e Pi) em um processo conhecido como **fosforilação oxidativa**. Outra parte é dissipada na forma de calor.

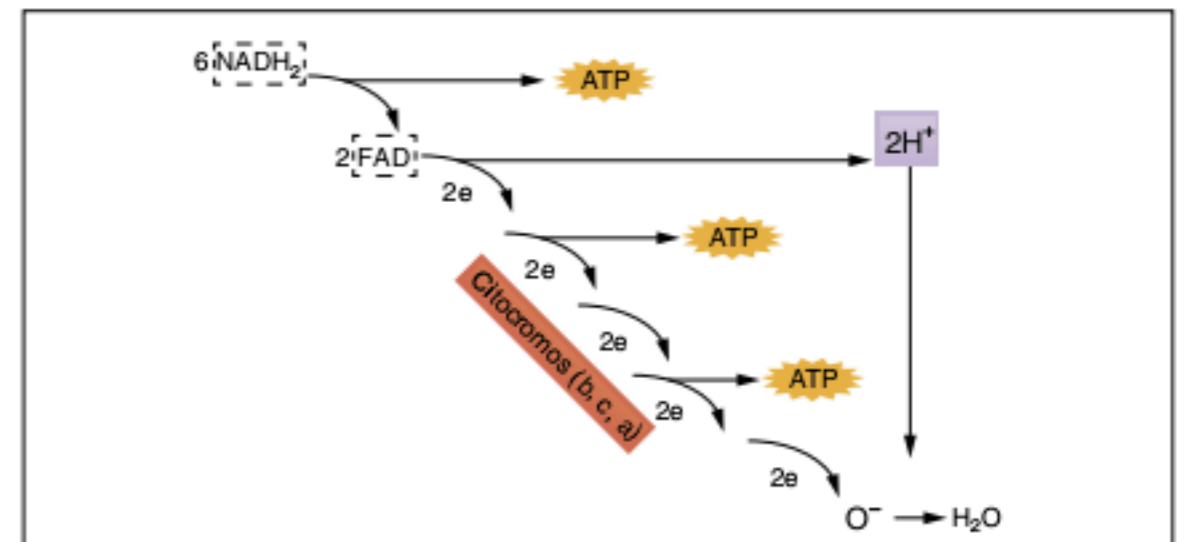


Fig. 7 Representação dos principais aspectos da cadeia respiratória. Os hidrogênios são procedentes da glicólise, da conversão de ácido pirúvico em acetil-coA e do ciclo de Krebs.

Nesse processo, os 2H<sup>+</sup> se reúnem com dois elétrons, gerando átomos de hidrogênio, que reagem com O<sub>2</sub>, formando água. Assim, a cadeia respiratória está associada à fosforilação oxidativa, ou seja, a formação de ATP está acoplada à cadeia respiratória.

Atualmente, os cálculos da produção de ATP são diferentes dos que eram apresentados há poucas décadas. O número total de ATPs era apontado como sendo de 36 ou 38, dependendo do tipo de célula. No entanto, os cálculos modernos apontam para um total de 30 ATPs. São gerados diretamente 2 ATPs na glicólise e 2 ATPs no ciclo de Krebs (subtotal de 4 ATPs). Ainda é preciso contabilizar aquilo que é gerado na cadeia respiratória: são 26 ATPs, formando-se o total de 30 ATPs na respiração celular (Fig. 8).

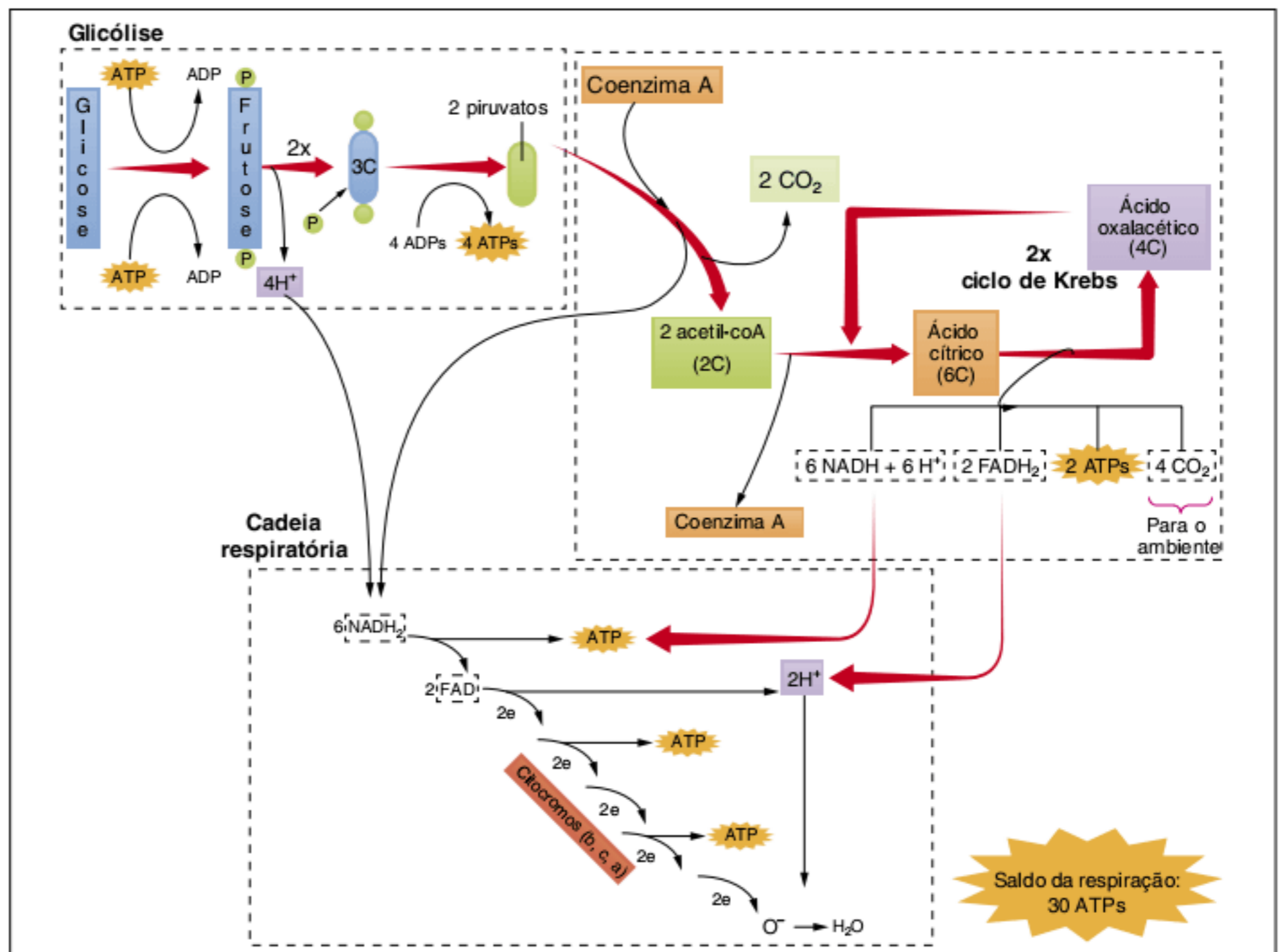


Fig. 8 Processo global da respiração celular.



## Detalhes da respiração celular

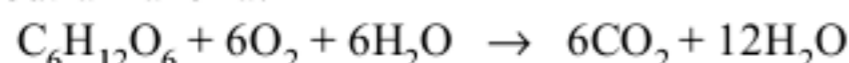
A respiração celular apresenta muitas reações químicas intermediárias e, neste capítulo, tivemos uma noção dos grandes passos envolvidos nesse complexo processo. Agora serão acrescentados mais alguns detalhes.

### Outra equação da respiração

A equação geral da respiração, apresentada no início dessa discussão, foi:



Além das reações químicas envolvendo desidrogenação, descarboxilação e transferência de grupos fosfato, há ainda a participação de moléculas de água ao longo do processo. Em algumas reações, a água participa como reagente, em outras como produto. Assim, a equação da respiração poderia ser escrita de outra maneira:



### O NADH da glicólise

Os dois ácidos pirúvicos gerados na glicólise atravessam as membranas da mitocôndria, mas os dois NADH não. Na realidade, cada  $NADH + H^+$  do citosol acopla-se à membrana e transfere seus elétrons para o interior da mitocôndria, onde está presente outro  $NAD^+$ , o qual recebe o elétron e se converte em NADH. O NADH “convertido” no interior da mitocôndria participa então da cadeia respiratória.

### Respiração em procariontes

Em bactérias aeróbias, a glicólise e o ciclo de Krebs ocorrem no citosol, enquanto a cadeia respiratória ocorre nos **mesossomos**, que são equivalentes às cristas mitocondriais.

### A morte por cianeto

O **cianeto** é um **inibidor** de citocromos. Um inibidor impede a transferência de elétrons, assim, o citocromo não consegue transferir seus elétrons para outra molécula nem receber elétrons, o que bloqueia toda a cadeia respiratória e impede que eles alcancem o seu destino final, que é o gás oxigênio. Assim, a presença de cianeto bloqueia a cadeia respiratória e promove uma falência nos processos de obtenção de energia. Isso provoca a morte do indivíduo.

### Respiração celular anaeróbia

Algumas bactérias realizam o processo de respiração celular de modo similar ao que foi discutido. No entanto, no final da cadeia respiratória, não empregam gás oxigênio comoceptor final de elétrons, mas um composto inorgânico, como **nitrato** ou **sulfato**. Isso permite que esses organismos possam viver em ambientes desprovidos de gás oxigênio.

## Fermentação

Fermentação é um processo **anaeróbio** de liberação de energia e tem grande semelhança com a glicólise. Na fermentação, uma molécula de glicose é degradada, gerando dois ácidos pirúvicos, 2  $NADH + H^+$  e um saldo de 2 ATPs. O caminho até o ácido pirúvico é comum a todas as fermentações. A partir desse ponto, cada tipo de fermentação produz um tipo diferente

de produto final, que pode ser álcool etílico, metano, ácido acético, ácido láctico ou outros. No entanto, o processo não apresenta cadeia respiratória nem ciclo de Krebs (Fig. 9).

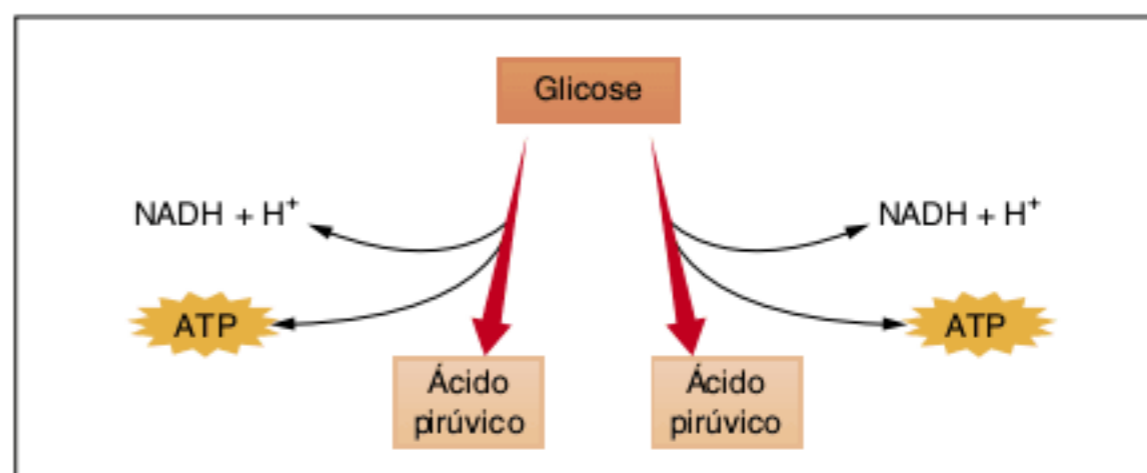
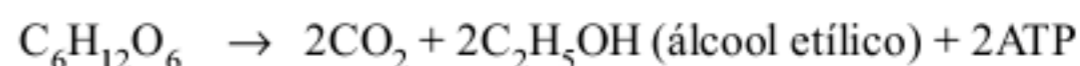


Fig. 9 A fermentação gera ácido pirúvico,  $NADH + H^+$  e ATP.

O nome da fermentação se dá pelo produto. Há modalidades de fermentação que geram compostos orgânicos como metano (**fermentação metanogênica**) e ácido acético, que é um componente do vinagre (**fermentação acética**). Detalharemos a seguir a fermentação alcoólica e a fermentação láctica.

A **fermentação alcoólica** é realizada por algumas **bactérias** e alguns **fungos** (como leveduras ou fermento biológico). Nesse processo, a glicose é convertida em **gás carbônico** e **álcool etílico (etanol)**, como se vê na equação:



Durante a fermentação alcoólica, cada ácido pirúvico gerado é convertido em acetaldeído (2C), com perda de  $CO_2$  (descarboxilação). O acetaldeído reage com o  $NADH + H^+$  gerado ao longo do processo, resultando em etanol (Fig. 10).

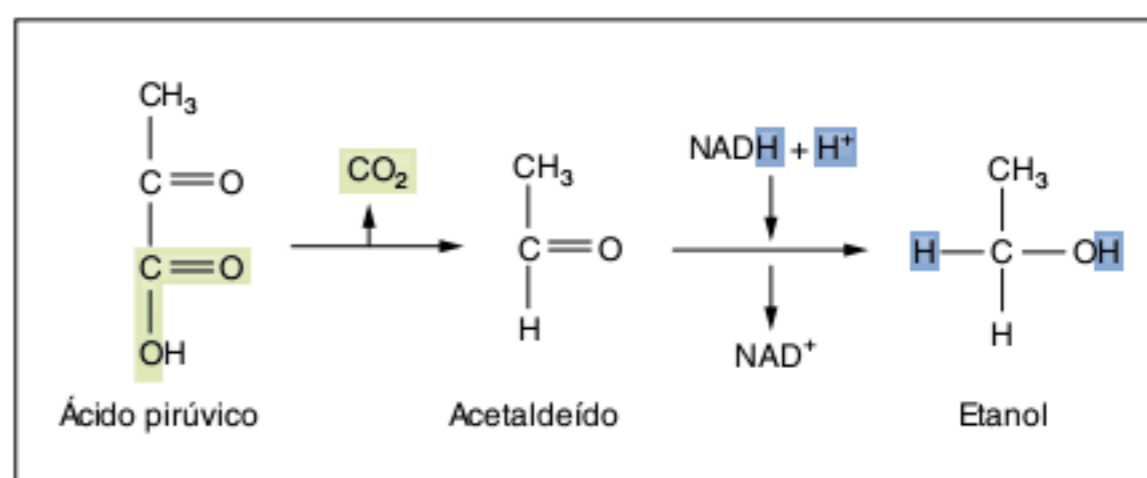


Fig. 10 Formação de etanol a partir de ácido pirúvico.

Esse processo é empregado na produção de álcool (usado como combustível ou integrante de bebidas) e na produção de pães, pois a massa do pão cresce graças à liberação do gás carbônico pelo fermento.

A **fermentação láctica** é realizada por algumas **bactérias** e **alguns fungos**, formando **ácido láctico** a partir da glicose. Esse ácido promove a desnaturação das proteínas do leite, determinando sua conversão em iogurte ou queijo. O ser humano também pode realizar fermentação láctica em células musculares, quando elas não recebem suprimento adequado de gás oxigênio. Mais detalhes serão mostrados na fisiologia da contração muscular.

Cada ácido pirúvico produzido nesse tipo de fermentação reage com  $NADH + H^+$  gerado ao longo do processo, resultando em ácido láctico. Como o ácido pirúvico e o ácido láctico apresentam três carbonos, não ocorre descarboxilação (Fig. 11).



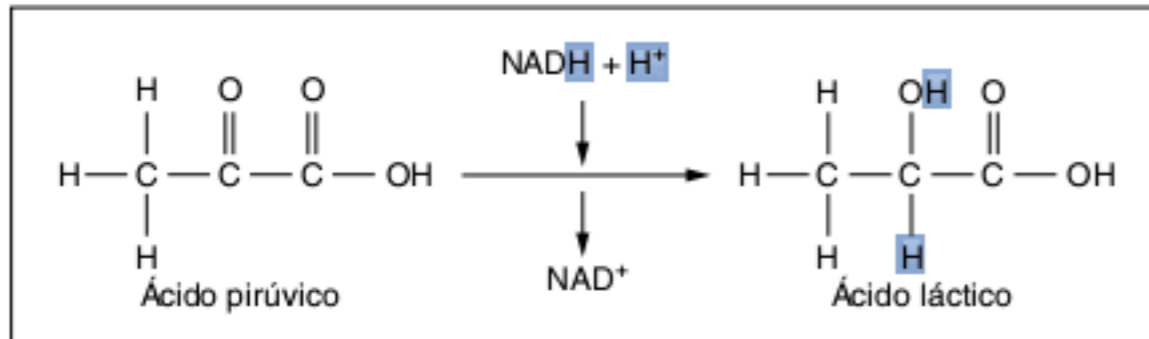


Fig. 11 Formação de ácido láctico a partir de ácido pirúvico.

### Catabolismo e anabolismo

O metabolismo inclui todas as reações químicas que mantêm a atividade dos seres vivos. Ele é dividido em duas modalidades: o anabolismo e o catabolismo, segundo as reações químicas que o constituem. O **anabolismo** corresponde ao conjunto de reações entre moléculas orgânicas pequenas, gerando moléculas orgânicas maiores, basicamente em um processo de **síntese**. Assim, fazem parte do anabolismo as conversões de glicose em glicogênio (de monossacarídeo para polissacarídeo), de aminoácidos para proteínas, de nucleotídeos para ácidos nucleicos e de ácidos graxos e glicerol para glicerídeos.

O **catabolismo** corresponde às reações de degradação de moléculas orgânicas, como na digestão (hidrólise enzimática) e nos processos de obtenção de energia, como na respiração celular e na fermentação.

Respiração celular é um processo de liberação de energia, com a degradação de matéria orgânica. Esse processo enfatiza o papel da glicose como fonte de energia para o metabolismo. No entanto, diversas substâncias orgânicas podem participar do catabolismo. Polissacarídeos e dissacarídeos são hidrolisados, gerando monossacarídeos, como a glicose, que participa da respiração celular. Proteínas são digeridas e convertidas em aminoácidos, substâncias que podem sofrer perda do grupo amina (desaminação), e a cadeia carbônica pode ser utilizada na respiração celular, convertida em acetil-coA ou ácidos integrantes do ciclo de Krebs. Glicerídeos hidrolisados geram glicerol (convertido em ácido pirúvico) e ácidos graxos, cuja longa cadeia carbônica é fragmentada em várias moléculas menores, como as de ácido acético, que formam o acetil-coA.

Essa conversão de ácidos graxos em acetil-coA é a via metabólica conhecida como betaoxidação. São inúmeras as vias metabólicas e estamos apenas entrando em contato com algumas delas (Fig. 12).

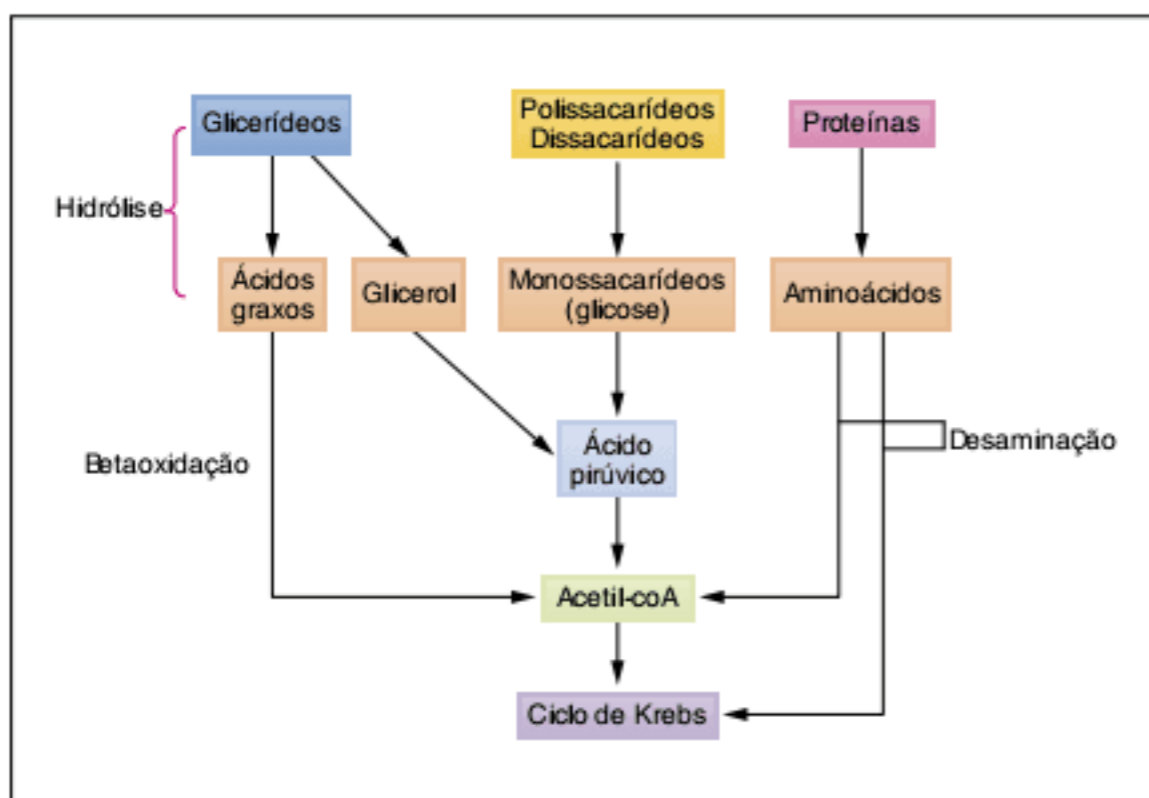


Fig. 12 Algumas vias do catabolismo.

## Parte II: Fotossíntese e quimiossíntese

Fotossíntese e quimiossíntese são processos que geram substâncias orgânicas a partir de materiais inorgânicos. No entanto, a fotossíntese emprega luz, e a quimiossíntese não.

### Quimiossíntese

É um processo de produção de **glicídios** (carboidratos), empregando energia liberada em certas reações químicas. A quimiossíntese é realizada por alguns **procariontes**, como certas bactérias e arqueas.

As reações químicas da quimiossíntese ocorrem entre substâncias inorgânicas e envolvem oxidação. Com a formação do produto da reação, libera-se energia, que é empregada para a produção de glicídio a partir de CO<sub>2</sub> e água.

Um exemplo de quimiossíntese ocorre com bactérias do gênero *Nitrosomonas*, participante do ciclo do nitrogênio. Essas bactérias convertem amônia (NH<sub>3</sub>) em nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Essa conversão libera energia, que é utilizada na síntese do glicídio (Fig. 13).

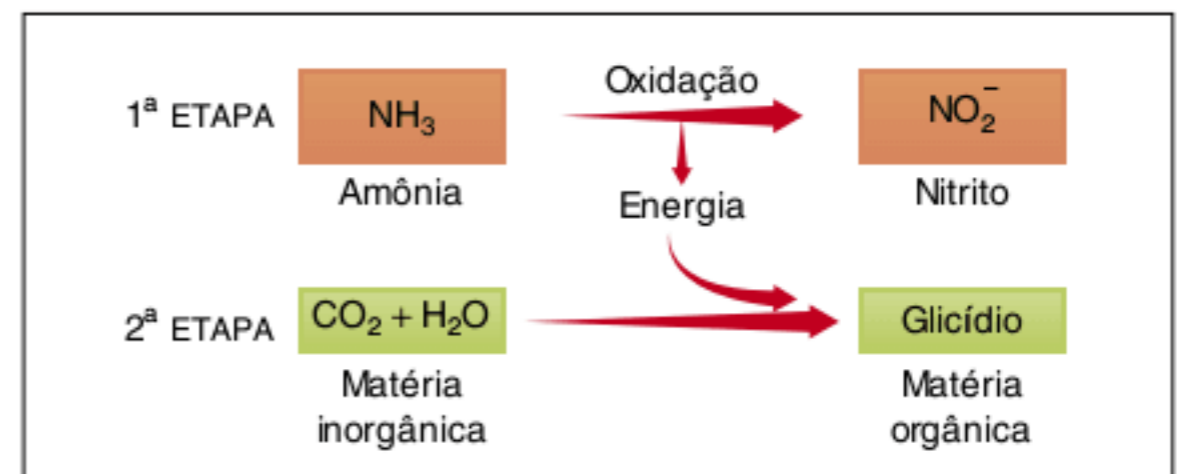


Fig. 13 Quimiossíntese em *Nitrosomonas* sp.: a energia para o processo não é procedente da luz, mas de uma reação química.

Outro caso de quimiossíntese ocorre em arqueas metanogênicas. Esses organismos produzem metano a partir de CO<sub>2</sub> e gás hidrogênio, liberando energia para a síntese de glicídios (Fig. 14).



Fig. 14 Quimiossíntese em arqueas metanogênicas: a formação de metano é a fonte de energia para a produção de glicídios.

Esse não é o único mecanismo bacteriano de produção de metano. Algumas bactérias produzem metano por meio da fermentação metanogênica. Essas bactérias empregam um glicídio que é degradado até ácido acético (acetil-coA), que sofre descarboxilação e gera metano (Fig. 15).

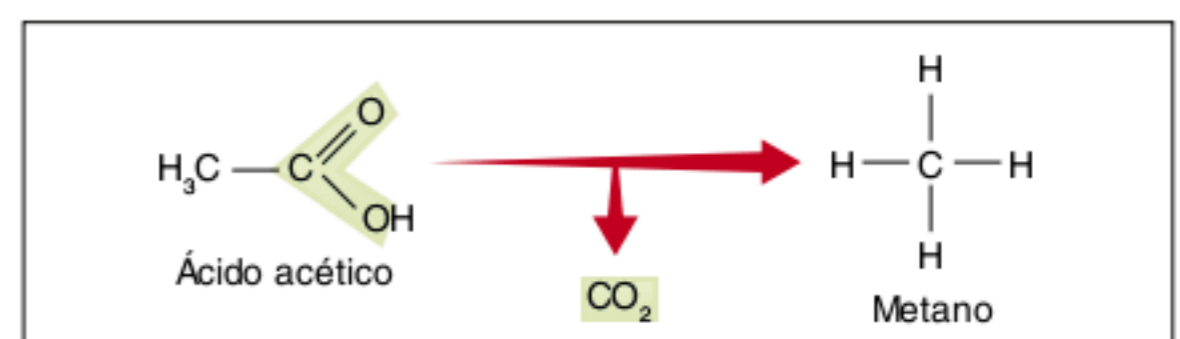


Fig. 15 Origem do metano por processo fermentativo.



## Fotossíntese

É um processo realizado por **plantas, algas e cianobactérias**. Constitui a principal fonte de alimento orgânico e de gás oxigênio para os seres vivos do planeta.

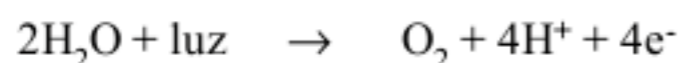
### Equações representativas da fotossíntese

A fotossíntese é tradicionalmente representada pela equação:

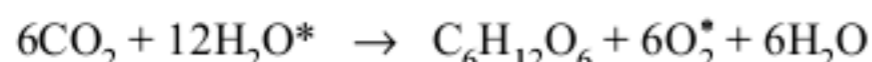


Os reagentes da fotossíntese são o **gás carbônico** e a **água**, também é necessária a presença de **luz** como fonte de energia. A luz é absorvida, principalmente, por um pigmento chamado **clorofila**, que apresenta um átomo central de magnésio. Os produtos da fotossíntese são **gás oxigênio** e um **carboidrato** (ou glicídio).

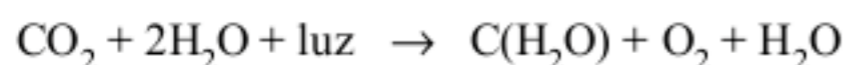
O gás oxigênio é proveniente da água, e não do gás carbônico. O isótopo mais abundante do elemento químico oxigênio é o  $^{16}\text{O}$ . Experimentos utilizando o isótopo  $^{18}\text{O}$ , presente na água fornecida às células fotossintetizantes, resultaram em liberação de gás oxigênio contendo  $^{18}\text{O}$ . Assim, o  $\text{O}_2$  é proveniente da quebra da molécula de água, com a participação da luz; é o que se conhece como **fotoólise** da água. Em 1937, o cientista Robert Hill descobriu o fundamento da origem do gás oxigênio a partir da água. A equação do processo é conhecida como equação de Hill:



A equação da fotossíntese pode ser escrita de outra maneira, permitindo enfatizar a origem do gás oxigênio a partir da água:



Outra forma de representar a fotossíntese, de maneira simplificada, mas ainda enfatizando a origem do gás oxigênio, é:



### Cloroplastos e outros plastos

Em plantas e algas, a fotossíntese ocorre no interior de **cloroplastos**. Já em cianobactérias, a fotossíntese é realizada junto a **lamelas membranosas** presentes no citosol. Um cloroplasto apresenta uma membrana externa e uma membrana interna. O interior tem lamelas membranosas, ligadas a pequenas bolsas denominadas **tilacoides**. O espaço interno é preenchido pelo **estroma**, de natureza coloidal. No interior dos tilacoides e das lamelas há pigmentos como **clorofila a**, **clorofila b** e **carotenoides** (amarelados ou avermelhados). As clorofilas *a* e *b* diferem em relação a uma pequena parte da molécula (um grupo  $-\text{CH}_3$  na clorofila *a* e  $-\text{CHO}$  na clorofila *b*). Já os carotenoides são considerados pigmentos acessórios da fotossíntese, pois contribuem para a realização do processo. Uma pilha de tilacoides constitui um **granum**; o conjunto de todos os tilacoides é denominado **grana**. Cloroplastos apresentam **DNA circular** e **sem histonas**, similar ao material genético de procariontes (Fig. 16).

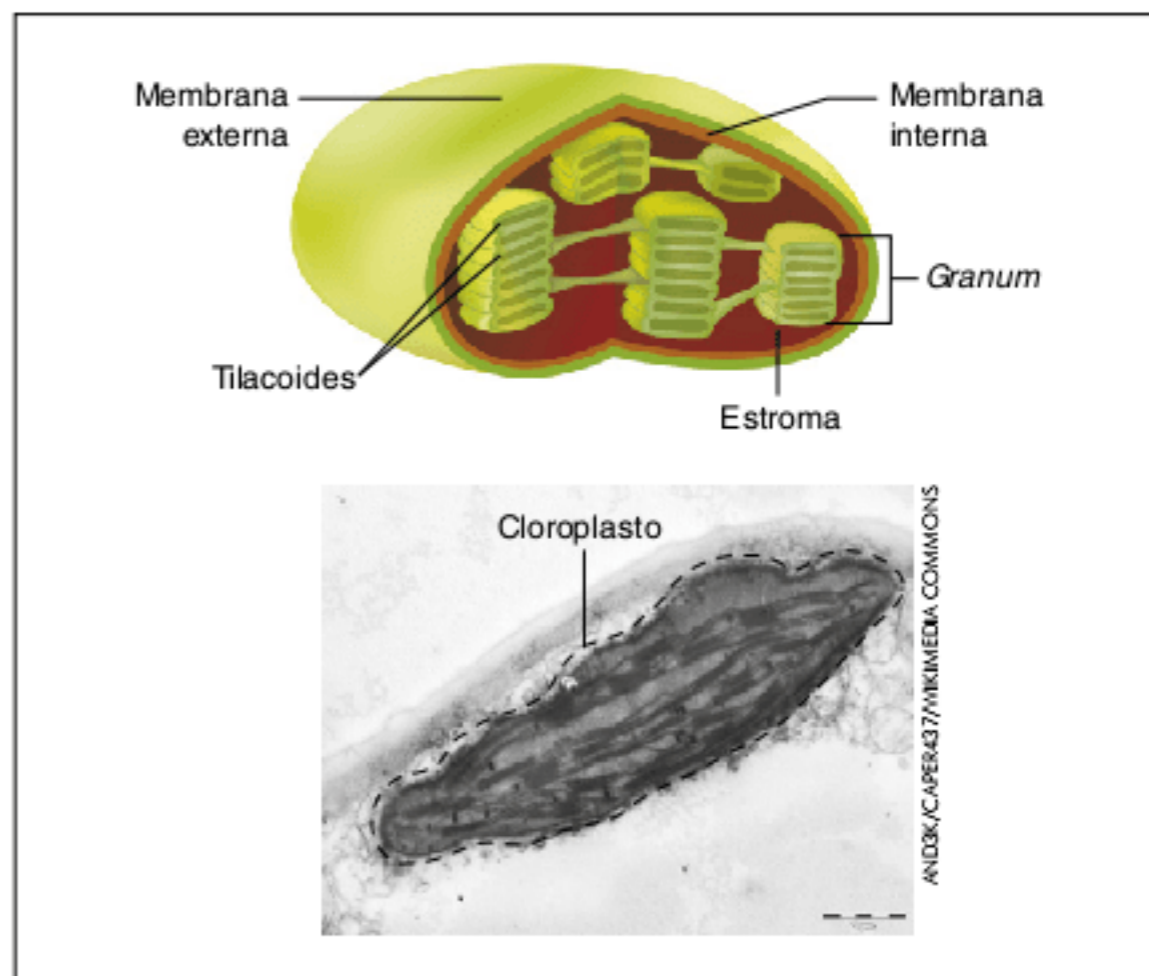


Fig. 16 Ilustração de cloroplasto e seus componentes. Abaixo, uma fotografia dessa mesma organela obtida por meio de microscopia eletrônica.

A clorofila *a* está presente em plantas, algas e cianobactérias. Plantas e algas verdes também têm clorofila *b*. Considera-se que as algas verdes foram ancestrais das plantas. A clorofila *b* e os carotenoides auxiliam na absorção de luz e transferem energia para a clorofila *a*, que é indispensável para a realização da fotossíntese. Acredita-se que os carotenoides também protegem a clorofila *a* do excesso de luz, que poderia provocar sua inutilização.

Há outros tipos de plastos ou plastídios, como os leucoplastos e os cromoplastos. Os **leucoplastos** não têm pigmentos; um tipo é o amiloplasto, que acumula amido. Os **cromoplastos** têm pigmentos, mas não possuem clorofila, sendo, portanto, incapazes de realizar fotossíntese; são responsáveis pela cor de frutos e de muitas flores e folhas (quando sua coloração é diferente do verde).

### Etapas da fotossíntese

A fotossíntese apresenta muitas reações químicas. Didaticamente, elas são divididas em dois grandes conjuntos: a etapa fotoquímica (fase de claro) e a etapa química (às vezes designada como “fase de escuro”).

A etapa fotoquímica só ocorre em presença de luz e acontece nos tilacoides e nas lamelas. A etapa química não depende de luz (pode acontecer com ou sem a presença de luz) e é realizada no estroma.

A **etapa fotoquímica** envolve dois grandes processos: a fotoólise da água e a fotofosforilação. A **fotoólise** da água corresponde à quebra da molécula de água, gerando gás oxigênio, elétrons e  $\text{H}^+$ . Elétrons e  $\text{H}^+$  são transferidos para um receptor de hidrogênio, o  $\text{NADP}^+$  (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), um composto similar ao  $\text{NAD}^+$ , participante da respiração celular. Com a transferência de elétrons e  $\text{H}^+$ , forma-se  $\text{NADP} + \text{H}^+$ . A **fotofosforilação** é a formação de ATP a partir de ADP e  $\text{P}_i$  empregando a energia luminosa.

A **etapa química** ocorre no estroma; é utilizado gás carbônico proveniente do ambiente ou da respiração celular da planta e são empregados compostos gerados na etapa fotoquímica: ATP (como fornecedor de energia) e  $\text{NADP} + \text{H}^+$ . A etapa química tem como



centro o **ciclo das pentoses**, ou ciclo de Calvin-Benson, um ciclo de reações que gera carboidrato, água, ADP, Pi e NADP<sup>+</sup>. O carboidrato produzido é principalmente sacarose, que flui pela seiva e é levada a outras partes da planta. A etapa química também gera amido, que pode ser, em parte, acumulado no cloroplasto (Fig. 17).

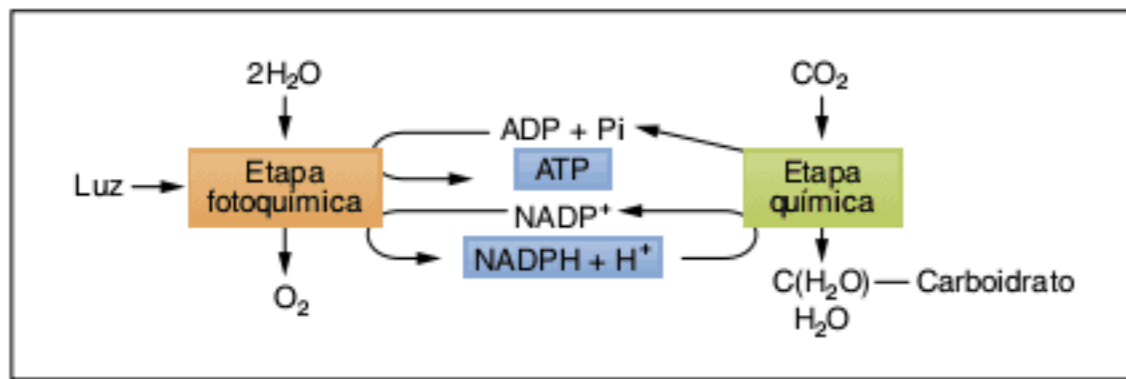


Fig. 17 Os principais processos das duas etapas da fotossíntese, envolvendo o aceitador de hidrogênio NADPH (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato).

Observa-se que a etapa fotoquímica gera alguns produtos que são utilizados na etapa química, como ATP, NADP e H<sup>+</sup>, assim como alguns dos produtos da etapa química são utilizados na etapa fotoquímica, como ADP, Pi e NADP<sup>+</sup>.

### Fisiologia da fotossíntese

Discutiremos a seguir dois aspectos da fotossíntese: a luz e os fatores limitantes.

#### A luz

A luz visível é uma mistura de radiações eletromagnéticas com variados comprimentos de onda. Isso é evidenciado quando a luz branca passa através de um prisma, o que promove a separação de seus componentes. Assim, são vistas faixas sucessivas de luz: vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil e violeta. A luz vermelha tem o maior comprimento de onda, que vai diminuindo sucessivamente até o violeta.

A luz que incide sobre um objeto pode apresentar reflexão, absorção e refração. O que importa para o processo fotossintético é a **absorção** da luz, que pode ser convertida em energia química.

Quando uma planta é exposta às diferentes faixas componentes da luz, nota-se maior atividade fotossintética nas proximidades do vermelho e do azul. O menor desempenho ocorre nas faixas do verde e do amarelo (Fig. 18).

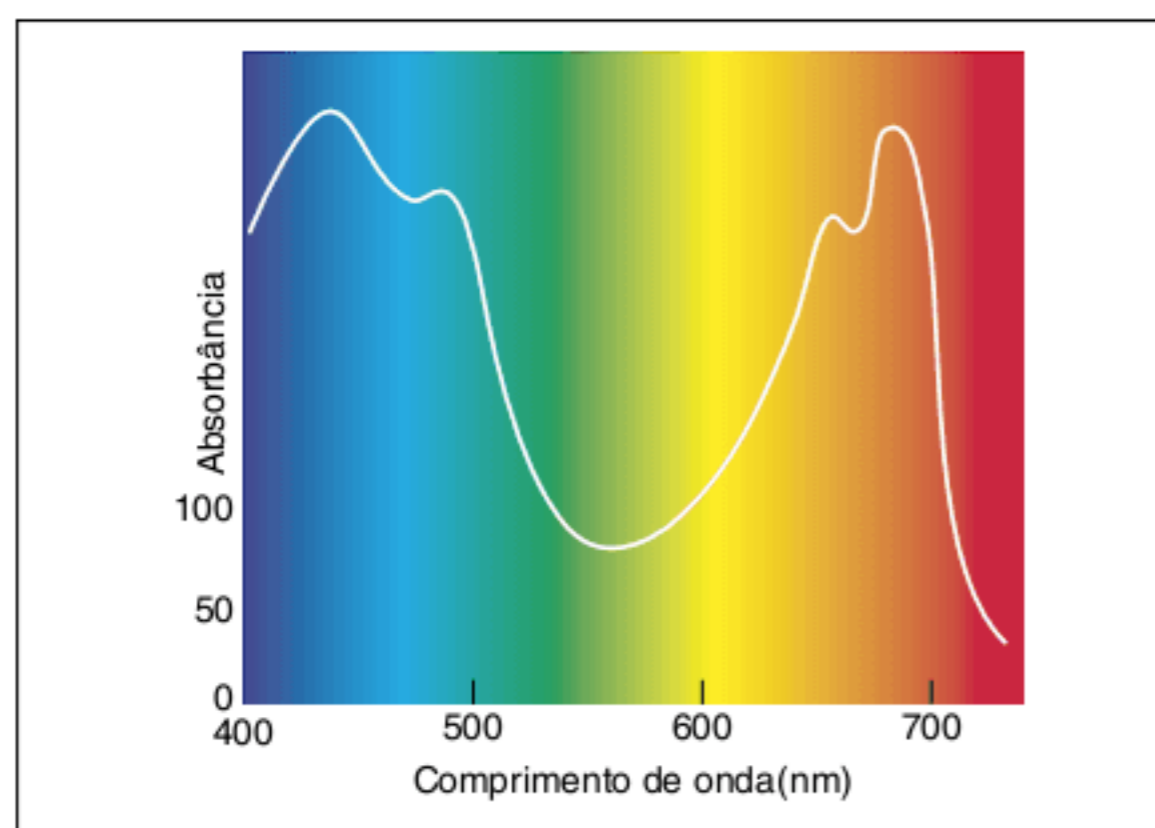


Fig. 18 Espectro de ação da fotossíntese. O gráfico mostra a intensidade de fotossíntese em função dos comprimentos de onda.

### Fatores limitantes da fotossíntese

O desempenho da fotossíntese não é afetado apenas pelo tipo de luz que a planta recebe. A realização de fotossíntese depende do fornecimento de CO<sub>2</sub> e de água, que são os reagentes da fotossíntese. Além disso, a planta precisa de temperatura adequada e nutrientes minerais.

A **luz** constitui a fonte de energia para a realização do processo, enquanto a **temperatura** adequada interfere na atividade enzimática (muitas reações químicas da fotossíntese são controladas por enzimas). Os **nutrientes minerais** são indispensáveis para a manutenção do metabolismo. O magnésio é componente da clorofila, enquanto o ferro integra as moléculas de vários citocromos. Já o CO<sub>2</sub> e a água são necessários em quantidades que permitam a realização da fotossíntese. Quando todos esses fatores são fornecidos à planta em condições ideais, a fotossíntese tem o máximo desempenho (Fig. 19).

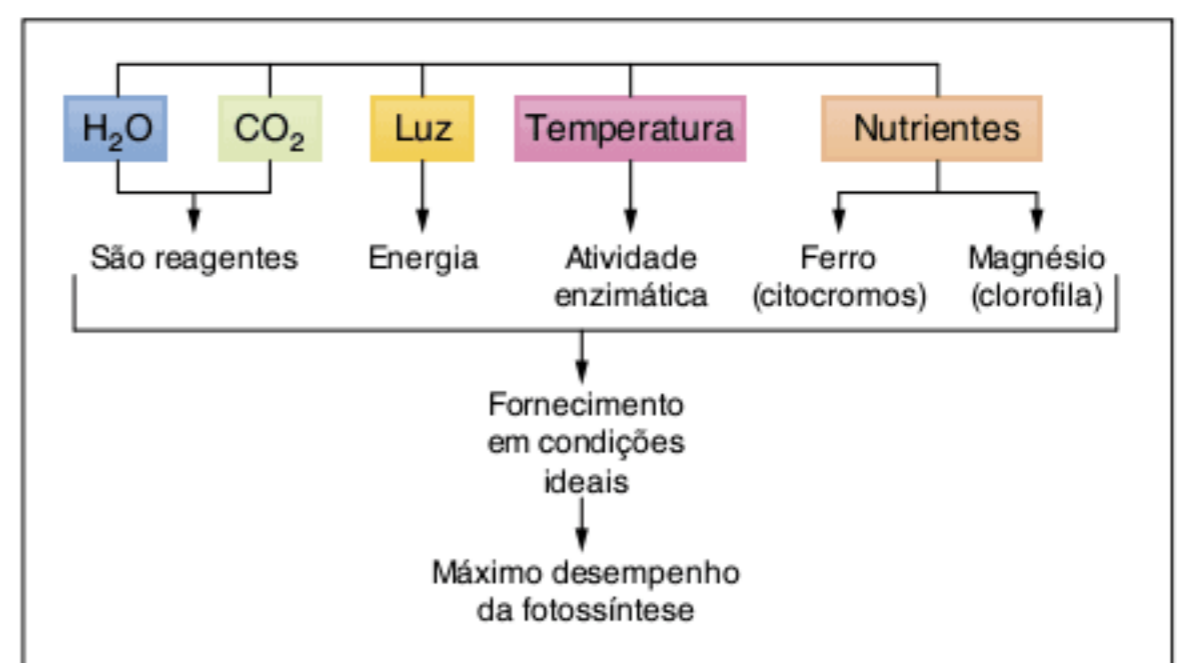


Fig. 19 Fatores necessários à ocorrência de fotossíntese: quando são fornecidos à planta, em condições ideais, a fotossíntese tem o máximo desempenho.

Considere que todos os fatores necessários sejam fornecidos em condições ideais e constantes, exceto um deles (por exemplo, a luz é fornecida com intensidade muito baixa). Nesse caso, a fotossíntese não apresentará máximo desempenho e a luz será o **fator limitante** do processo. No entanto, se a intensidade luminosa for aumentada, a taxa de fotossíntese aumenta (Fig. 20).

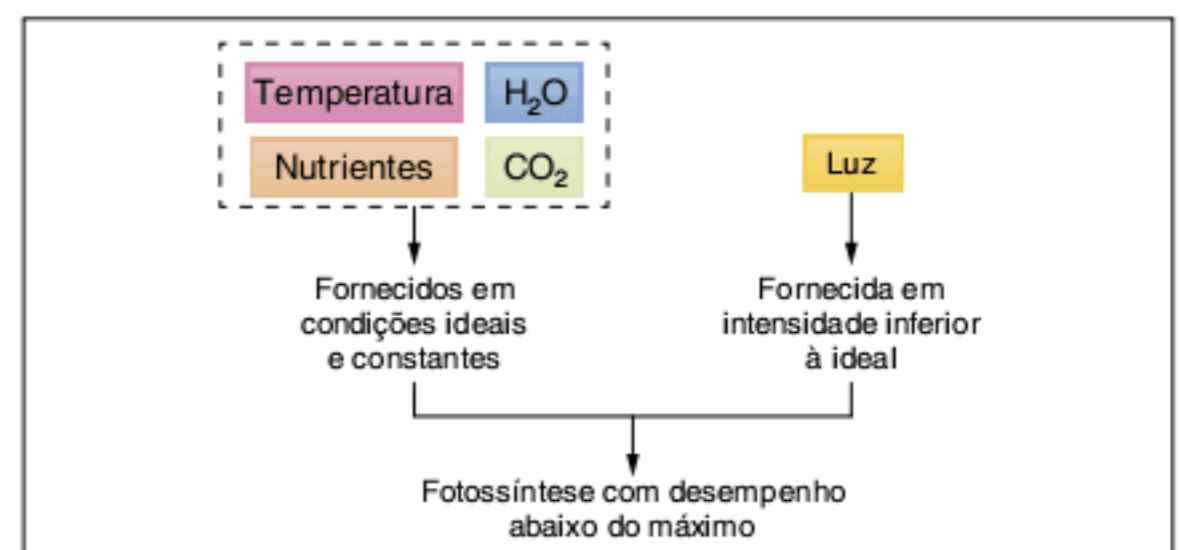


Fig. 20 Fator limitante da fotossíntese: luz. Uma planta recebe todos os fatores necessários à ocorrência de fotossíntese em condições ideais, mas a luz é fornecida em intensidade muito baixa: ela atua como fator limitante do processo.

Assim, podemos definir o fator limitante como aquele fornecido em menor quantidade e que, por isso, impede o pleno desempenho da fotossíntese. Se o fornecimento do fator limitante aumentar, a taxa de fotossíntese aumenta.



A seguir, serão discutidos os principais fatores limitantes da fotossíntese:  $\text{CO}_2$ , temperatura e luz.

- $\text{CO}_2$

Uma planta é submetida a diferentes concentrações de gás carbônico; as demais condições são ideais e constantes (luz, temperatura, umidade e nutrientes minerais). Se o ar em que a planta estiver não apresentar  $\text{CO}_2$ , ela realiza fotossíntese em baixa intensidade, empregando  $\text{CO}_2$  gerado em sua própria respiração celular. Diante de concentrações maiores de  $\text{CO}_2$ , ocorre

elevação da taxa de fotossíntese. No entanto, a partir de certa concentração, a planta não consegue processar essa matéria-prima, e a taxa de fotossíntese se estabiliza, devido à saturação de  $\text{CO}_2$ .

Observando o primeiro gráfico da Tabela 1, vemos um trecho no qual a intensidade de fotossíntese é crescente. Nesse trecho, o  $\text{CO}_2$  atua como fator limitante. Depois que ocorre a estabilização, o fator limitante passa a ser outro, como a luz ou a temperatura.

Fator variável	Fatores em condições ideais e constantes	Gráfico
Concentração de $\text{CO}_2$ no ar	Água, nutrientes, luz e temperatura	
Temperatura	Água, nutrientes, luz e $\text{CO}_2$	<p><b>Experimento realizado com alta intensidade luminosa</b></p> <p><b>Experimento realizado com baixa intensidade luminosa</b></p>
Luz	Água, nutrientes, temperatura e $\text{CO}_2$	

Tab. 1 Desempenho da fotossíntese: situações com apenas um fator variável e demais fatores mantidos em condições ideais e constantes.



• Temperatura

Uma planta é submetida a diferentes temperaturas; as demais condições são ideais e constantes ( $\text{CO}_2$ , luz, umidade e nutrientes minerais). Em temperaturas baixas, a intensidade fotossintética é reduzida. Com a elevação da temperatura, há um aumento da taxa de fotossíntese até atingir a **temperatura ótima** (aquela que promove máxima taxa fotossintética). Acima da temperatura ótima, há um declínio da taxa de fotossíntese. O comportamento descrito relaciona-se diretamente com a atividade enzimática, que depende da temperatura (Tab. 1). A temperatura atua como fator limitante no trecho ascendente da curva.

Se a planta fosse submetida ao mesmo tipo de experimento, mas recebendo baixa intensidade luminosa, a taxa fotossintética seria muito reduzida, mesmo na temperatura ótima.

• Luz

Uma planta é submetida a intensidades crescentes de luminosidade; as demais condições são ideais e constantes ( $\text{CO}_2$ , temperatura, umidade e nutrientes minerais). Com intensidades luminosas baixas, a planta realiza pequena atividade fotossintética. Diante da elevação da intensidade luminosa, a taxa de fotossíntese aumenta. No entanto, há o **ponto de saturação luminosa**, a partir do qual intensidades luminosas superiores não alteram a taxa de fotossíntese, que passa a ser constante. A intensidade luminosa é o fator limitante no trecho ascendente da curva (Tab. 1).

A respiração celular da planta praticamente não sofre alterações com a variação da intensidade luminosa. A respiração gera  $\text{CO}_2$ , que pode ser utilizado na fotossíntese, que, por sua vez, gera produtos que são utilizados na respiração (glicose e  $\text{O}_2$ ). **Ponto de compensação fótico**, ou **luminoso**, é a intensidade luminosa em que a taxa de fotossíntese e a de respiração se equivalem. Assim, todo o  $\text{CO}_2$  gerado na respiração é consumido na fotossíntese e todo  $\text{O}_2$  e carboidrato gerados na fotossíntese são consumidos na respiração (Fig. 21).

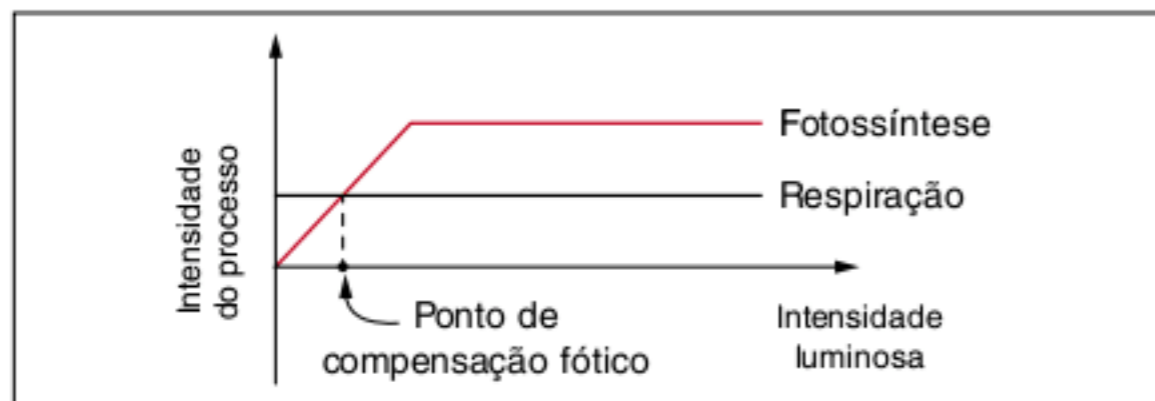


Fig. 21 Comparação entre os processos de fotossíntese e respiração de acordo com a intensidade luminosa.

Abaixo do ponto de compensação fótico, a respiração tem maior intensidade do que a fotossíntese. A planta consome mais  $\text{O}_2$  e carboidrato do que produz, retira  $\text{O}_2$  do ambiente para realizar a respiração e elimina  $\text{CO}_2$ . Acima do ponto de compensação fótico, a taxa de fotossíntese supera a taxa de respiração. A planta produz mais  $\text{O}_2$  e carboidrato do que consome e, nesse estágio, ela pode armazenar reservas na forma de amido ou óleo, permitindo seu uso em outros momentos, como durante a noite, quando realiza respiração. Acima do ponto de compensação, a

planta elimina  $\text{O}_2$  para o ambiente e dele retira  $\text{CO}_2$  (Tab. 2). Fotossíntese e respiração são processos interativos na natureza, pois um produz o que o outro consome e vice-versa. No entanto, esses processos não são inversos, eles inclusive compartilham várias reações e possuem etapas semelhantes, como o transporte de elétrons efetuados por citocromos e a formação de ATP.

Intensidade luminosa	Processos	Carboidrato	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$
No PCF	Fotossíntese = Respiração	Produção = Consumo	Produção = Consumo	Produção = Consumo
Abaixo do PCF	Respiração > Fotossíntese	Consumo > Produção	Retirado do ambiente	Eliminado no ambiente
Acima do PCF	Fotossíntese > Respiração	Produção > Consumo	Eliminado no ambiente	Retirado do ambiente

Tab. 2 Condições de uma planta quando se encontra no ponto de compensação fótico, abaixo ou acima dele.

Em uma floresta, as árvores mais altas estão expostas a uma elevada intensidade luminosa; são chamadas **heliófilas** (plantas de sol). As plantas mais baixas da floresta recebem menor intensidade de luz e são denominadas **umbrófilas** (plantas de sombra).

As umbrófilas são capazes de realizar elevada taxa de fotossíntese com pequena disponibilidade de luz e apresentam baixo ponto de compensação fótico, pois suas folhas possuem elevada concentração de clorofila, possibilitando maior eficácia na absorção de luz. Heliófilas têm ponto de compensação fótico mais elevado do que as umbrófilas (Fig. 22).

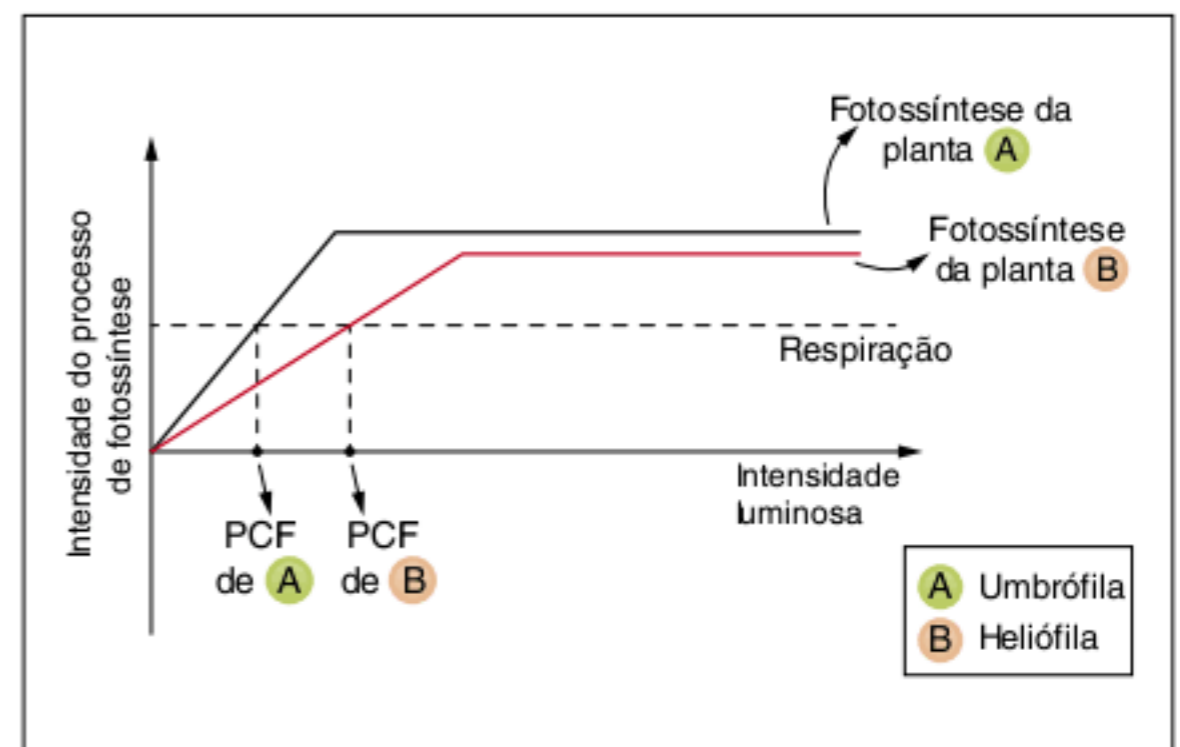


Fig. 22 Ponto de compensação fótico de diferentes plantas: gráfico representativo do comportamento de umbrófilas (A) e heliófilas (B).



## Revisando

**1** Quais são os dois processos responsáveis pela liberação de energia empregada pelos seres vivos?

---

---

**2** Cite três substâncias geradas na respiração celular.

---

---

**3** Conceitue desidrogenação, descarboxilação e fosforilação.

---

---

**4** Quais são as três etapas da respiração celular? Cite os locais da célula onde cada uma dessas etapas ocorre.

---

---

**5** Glicólise é um processo aeróbio ou anaeróbio? Além de ácido pirúvico, quais são os produtos gerados na glicólise?

---

---

**6** Para que serve o NAD<sup>+</sup>?

---

---

**7** No interior da mitocôndria, cada molécula de ácido pirúvico é convertida em acetil-coA. Quais são os produtos gerados nessa conversão?

---

---

**8** Preencha os espaços no trecho referente ao ciclo de Krebs:

O acetil-coA reage com ácido oxalacético, gerando ácido \_\_\_\_\_ e liberando coA. Ocorrem várias reações químicas que produzem ácido oxalacético novamente; ao longo das reações, ocorre a formação de \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e de CO<sub>2</sub>

**9** A cadeia respiratória ocorre nas cristas mitocondriais e envolve o transporte de elétrons. Cite as duas substâncias geradas nesse processo.

---

---

**10** O que é anabolismo?

---

---

**11** Conceitue catabolismo.

---

---

**12** O que diferencia a fotossíntese da quimiossíntese?

---

---

**13** Qual é a origem do gás oxigênio gerado na fotossíntese?

---

---



**14** Em que estrutura das cianobactérias ocorre a fotossíntese?

---



---

**15** Acerca dos cloroplastos, preencha os espaços:

Cloroplastos possuem duas \_\_\_\_\_ (a externa e a interna). Em seu interior, há lamelas e tilacoides. Uma pilha de tilacoides é um \_\_\_\_\_; o conjunto de todos os tilacoides é o \_\_\_\_\_. O espaço interno do cloroplasto é preenchido por um coloide denominado \_\_\_\_\_. Dentro de lamelas e tilacoides há pigmentos: clorofila a, \_\_\_\_\_ e carotenos.

**16** Descreva o DNA presente no interior do cloroplasto.

---



---

**17** Cite outros tipos de plastos, além dos cloroplastos.

---



---

**18** Quais são as duas grandes etapas da fotossíntese e em que parte do cloroplasto cada uma delas ocorre?

---



---

**19** Qual é o reagente da fotossíntese que a etapa fotoquímica emprega? Quais são as substâncias geradas nesse processo? Quais dessas substâncias são utilizadas na etapa química?

---



---

**20** O que é fotofosforilação?

---



---

**21** Qual é o reagente da fotossíntese que a etapa química emprega? Quais substâncias essa etapa utiliza e que são provenientes da etapa fotoquímica?

---



---

**22** Cite as substâncias geradas na etapa química. Quais dessas substâncias são empregadas na etapa fotoquímica?

---



---

**23** Em quais faixas do espectro da luz visível as plantas têm maior atividade fotossintética?

---



---

**24** O que é fator limitante? Cite os principais fatores limitantes da fotossíntese.

---



---

**25** O que é ponto de compensação luminoso?

---



---

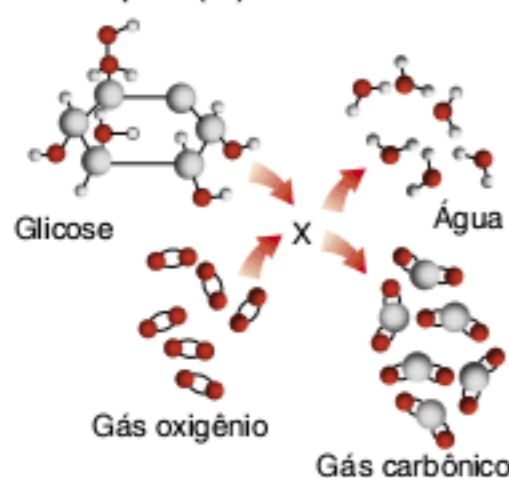


# Exercícios propostos

**1 PUC-PR 2005** Um pesquisador, ao examinar uma amostra de tecido hepático no microscópio eletrônico, descreveu a presença de estruturas intracelulares compostas por duas membranas, sendo a membrana externa lisa e a interna com invaginações sob a forma de cristas ou túbulos. No interior, ele identificou uma substância escura denominada matriz, muito rica em proteínas. As estruturas descritas correspondem a:

- (a) peroxissomos. (d) mitocôndrias.  
 (b) ribossomos. (e) aparelho de Golgi.  
 (c) lisossomos.

**2 UFPE 2003** A seguir tem-se uma representação simplificada de um processo biológico celular, exergônico. Analise a figura e identifique a alternativa que indica a denominação deste processo representado por (X).



- (a) Fermentação láctica. (d) Fotossíntese.  
 (b) Respiração celular. (e) Quimiossíntese.  
 (c) Fermentação alcoólica.

**3 UFSM 2004** As células também realizam um processo chamado de respiração. A respiração celular:

- I. é uma forma de a célula obter energia para suas atividades.  
 II. ocorre com a participação de mitocôndrias e cloroplastos.  
 III. pode ser representada, de modo simplificado, pela equação: gás carbônico + água → glicose + O<sub>2</sub> + energia.

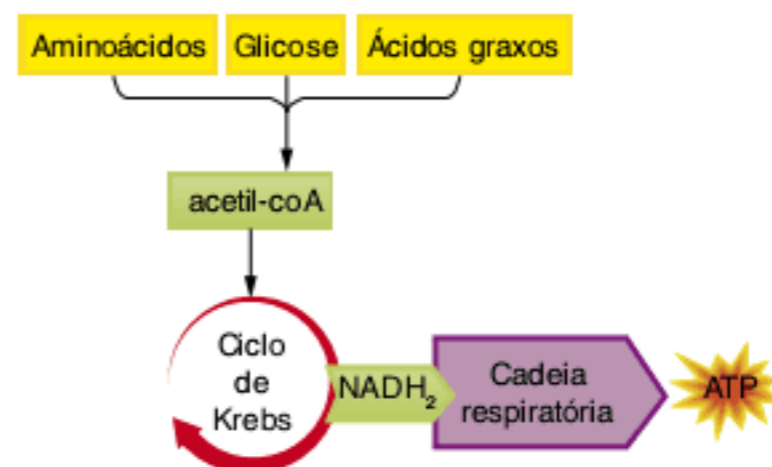
Está(ão) correta(s):

- (a) apenas I. (c) apenas I e III. (e) I, II e III.  
 (b) apenas II. (d) apenas II e III.

**4 Puccamp 2005** Nas principais concentrações urbanas do país, trabalhadores de baixa renda percorrem grandes distâncias a pé. Outros pedalam muitos quilômetros para usar uma condução a menos, deixando a bicicleta em estacionamentos próprios. Para a contração muscular, é necessária a formação de ATP, num processo que produz CO<sub>2</sub>. Na célula muscular, parte do CO<sub>2</sub> é produzido:

- (a) no citoplasma, durante a fermentação acética.  
 (b) no citoplasma, durante a síntese de glicogênio.  
 (c) na mitocôndria, durante o ciclo de Krebs.  
 (d) na mitocôndria, durante a fosforilação oxidativa.  
 (e) no cloroplasto, durante a fase escura da fotossíntese.

**5 PUC-RS 2002** Responder à questão adiante com base no esquema que ilustra a utilização de diferentes substratos para a obtenção de energia.



O esquema apresentado permite concluir que um animal pode obter energia a partir dos seguintes substratos:

- I. proteínas  
 II. carboidratos  
 III. lipídios  
 IV. ácidos nucleicos

Todos os itens corretos estão na alternativa:

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

**6 Uerj 2003** Observe o esquema a seguir, que representa uma mitocôndria de uma célula hepática.



Eric Holtzman; Alex B. Novikoff. *Células e estrutura celular*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985. (Adapt.).

Os números correspondentes à estrutura ou compartimento mitocondrial onde se localizam a enzima ATP sintase, os ribossomos, e as enzimas que geram CO<sub>2</sub> são, respectivamente:

- (a) 5, 1, 2 (b) 4, 5, 3 (c) 3, 2, 2 (d) 2, 1, 5

**7 PUC-Rio 2008** A produção de álcool combustível a partir do açúcar da cana está diretamente relacionada a qual dos processos metabólicos de microrganismos a seguir relacionados?

- (a) Respiração. (c) Digestão. (e) Quimiossíntese.  
 (b) Fermentação. (d) Fixação de N<sub>2</sub>.

**8 PUC-RS 2003** Responder à questão com base nas afirmativas a seguir, sobre a adenosina trifosfato (ATP).

- I. O ATP é um composto de armazenamento que opera como fonte de energia.  
 II. Todas as células vivas precisam de ATP para captação, transferência e armazenagem da energia livre utilizada para seu trabalho químico.  
 III. O ATP é gerado pela hidrólise de adenosina monofosfato (AMP + Pi + energia livre).  
 IV. O ATP é sintetizado a partir da molécula de glicose, por meio da glicólise e da respiração celular.



Pela análise das afirmativas, conclui-se que:

- (a) somente I e II estão corretas.
- (b) somente II e III estão corretas.
- (c) somente III e IV estão corretas.
- (d) somente I, II e IV estão corretas.
- (e) I, II, III e IV estão corretas.

**9 FGV 2008** Sovar a massa do pão significa amassá-la vigorosamente, batê-la contra o tampo de uma mesa até que fique bem compactada. Segundo os cozinheiros, se a massa não for bem sovada, o pão “desanda”, não “cresce”.

Esse procedimento justifica-se, pois permite a mistura adequada dos ingredientes:

- (a) dentre os quais, leveduras aeróbicas estritas que, misturadas à massa, realizam respiração aeróbica, convertendo os carboidratos da receita em  $\text{CO}_2$  e água. O  $\text{CO}_2$  permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- (b) dentre os quais, bactérias fermentadoras que, misturadas à massa, realizam fermentação láctica, convertendo a lactose do leite da receita em  $\text{CO}_2$  e ácido láctico. O  $\text{CO}_2$  permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- (c) entre os quais leveduras aeróbicas facultativas que, misturadas à massa, realizam respiração aeróbica, convertendo os carboidratos da receita em  $\text{CO}_2$  e água. O  $\text{CO}_2$  permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- (d) além de propiciar um ambiente anaeróbico adequado para as leveduras anaeróbicas facultativas realizarem fermentação alcoólica, convertendo os carboidratos da receita em  $\text{CO}_2$  e álcool. O  $\text{CO}_2$  permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.
- (e) além de incorporar à massa o ar atmosférico. Nesse ambiente aeróbico, leveduras aeróbicas estritas realizam fermentação alcoólica, convertendo os carboidratos da receita em  $\text{CO}_2$  e álcool. O  $\text{CO}_2$  permanece preso no interior da massa, aumentando o seu volume.

**10 Puccamp 2005** O biodiesel resulta da reação química desencadeada por uma mistura de óleo vegetal (soja, milho, mamona, babaçu e outros) com álcool de cana. O ideal é empregar uma mistura do biodiesel com diesel de petróleo, cuja proporção ideal ainda será definida. Quantidades exageradas de biodiesel fazem decair o desempenho do combustível.

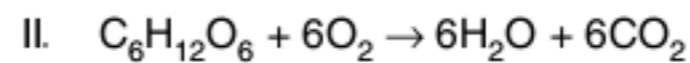
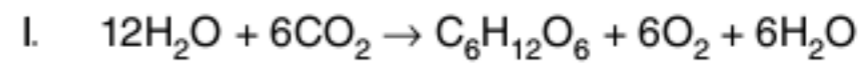
A utilização de combustíveis libera grandes quantidades de  $\text{CO}_2$  na atmosfera. Processos biológicos que também liberam este gás são, por exemplo:

- (a) a respiração celular e a fermentação alcoólica.
- (b) o ciclo de Krebs e a fixação de carbono.
- (c) a fotossíntese e a fermentação.
- (d) a respiração celular e a glicogenólise.
- (e) o metabolismo aeróbico e a fotossíntese.

**11 PUC-Rio 2007** São processos biológicos relacionados diretamente a transformações energéticas celulares:

- (a) respiração e fotossíntese.
- (b) digestão e excreção.
- (c) respiração e excreção.
- (d) fotossíntese e osmose.
- (e) digestão e osmose.

**12 Unesp 2005** Com relação às equações que descrevem dois importantes processos biológicos:



pode-se afirmar que:

- (a) I ocorre nos cloroplastos, apenas em células vegetais, e II ocorre nas mitocôndrias, apenas em células animais.
- (b) I ocorre nas mitocôndrias, tanto em células animais quanto vegetais, e II ocorre nos cloroplastos, apenas em células vegetais.
- (c) I ocorre nas mitocôndrias, apenas em células animais, e II ocorre nos cloroplastos, apenas em células vegetais.
- (d) I ocorre nos cloroplastos, apenas em células vegetais, e II ocorre nas mitocôndrias, tanto em células animais quanto vegetais.
- (e) I ocorre nos cloroplastos e mitocôndrias, apenas em células vegetais, e II ocorre nas mitocôndrias, apenas em células animais.

**13 CEFET-CE 2006** Os plastos são organelas citoplasmáticas encontradas apenas em organismos:

- (a) procariontes fotossintetizantes.
- (b) eucariontes fotossintetizantes.
- (c) procariontes fermentadores.
- (d) eucariontes fermentadores.
- (e) procariontes não fermentadores.

**14 Ufes 2000** Reportagem da revista *Veja* (ago. 99) mostra que o Brasil está aprendendo a fazer ciência do jeito certo. Dois museus inaugurados recentemente trocaram a monótona e limitada observação de um acervo pela participação ativa dos visitantes. Lá, pode-se entrar em uma célula vegetal para observar a estrutura em tamanho gigante. Imagine-se entrando nessa célula e tentando encontrar os cloroplastos. Você procuraria por:

- (a) um sistema de membranas finas, duplas, que se intercomunicam e em cuja superfície externa às vezes são encontrados grânulos chamados ribossomos.
- (b) pequenas vesículas de membrana lipoproteica que contêm em seu interior enzimas digestivas.
- (c) pequenos orgânulos, com duplas membranas cujas membranas internas sofrem dobras, formando cristas banhadas por um material de consistência fluida chamado matriz.
- (d) organelas grandes, com duplas membranas, cujas membranas internas formam lamelas (algumas são pequenas e se empilham) banhadas por um material amorfo chamado estroma.
- (e) grânulos constituídos de RNA e proteínas, formados por duas subunidades de tamanhos diferentes e encontrados às vezes presos uns aos outros por uma fita de RNA.

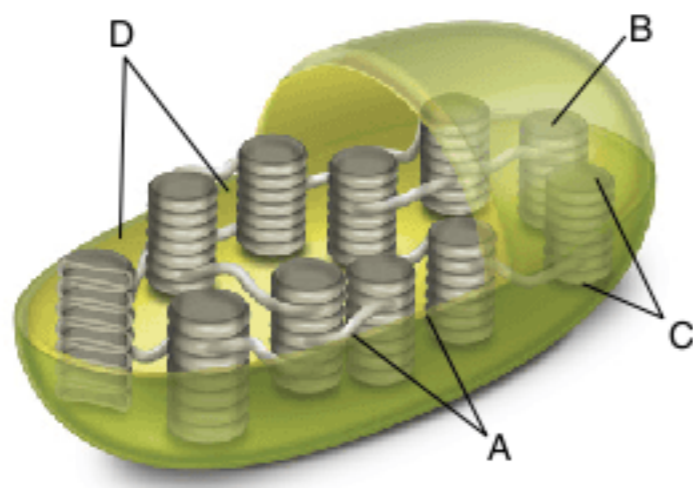
**15 UEL 1997** Nas células dos eucariontes autótrofos, as enzimas que atuam no processo da fotossíntese estão:

- (a) em invaginações da membrana plasmática.
- (b) dispersas no citoplasma fundamental.
- (c) no suco celular do vacúolo.
- (d) no interior dos cloroplastos.
- (e) no interior das mitocôndrias.



**16 UFPE 2003** O cloroplasto, organela citoplasmática na qual ocorre a fotossíntese, apresenta duas membranas que o envolvem e inúmeras bolsas membranosas. A respeito do cloroplasto representado na figura, analise as afirmativas a seguir.

1. É envolto por duas membranas de constituição lipoproteica (A) e possui internamente um elaborado sistema de bolsas membranosas, interligadas, cada uma chamada tilacoide (B).
2. Apresenta estruturas que lembram pilhas de moedas, sendo cada pilha denominada *granum* (C).
3. Contém moléculas de clorofila organizadas nos tilacoides (B) e, no espaço interno do cloroplasto, fica o estroma (D).



Está(ão) correta(s):

- (a) 1 apenas.
- (b) 1 e 2 apenas.
- (c) 1, 2 e 3.
- (d) 2 e 3 apenas.
- (e) 3 apenas.

**17 Fuvest 2007** Considerando os grandes grupos de organismos vivos no planeta – bactérias, protistas, fungos, animais e plantas –, em quantos deles existem seres clorofilados e fotossintetizantes?

- (a) Um.
- (b) Dois.
- (c) Três.
- (d) Quatro.
- (e) Cinco.

**18 Fatec 2000** Assinale a alternativa cujos termos preencham corretamente a frase seguinte:

“As mitocôndrias estão imersas no hialoplasma e têm por função a (I), fenômeno este que no seu aspecto geral é oposto à (II). Esta ocorre no interior dos (III). Ambos os organoides são capazes de se (IV).”

- (a) I – respiração celular; II – fotossíntese; III – cloroplastos; IV – autoduplicarem.
- (b) I – digestão celular; II – síntese proteica; III – ribossomos; IV – autodigerirem.
- (c) I – respiração celular; II – fermentação; III – cloroplastos; IV – autodigerirem.
- (d) I – secreção celular; II – pinocitose; III – complexo de Golgi; IV – autoduplicarem.
- (e) I – síntese proteica; II – digestão celular; III – lisossomos; IV – autodigerirem.

**19 PUC-SP 2004**



Turma da Mônica/Maurício de Sousa

A propriedade de “captar a vida na luz” que as plantas apresentam se deve à capacidade de utilizar a energia luminosa para a síntese de alimento. A organela (I), onde ocorre esse processo (II), contém um pigmento (III) capaz de captar a energia luminosa, que é posteriormente transformada em energia química. As indicações I, II e III referem-se, respectivamente, a:

- (a) mitocôndria, respiração, citocromo.
- (b) cloroplasto, fotossíntese, citocromo.
- (c) cloroplasto, respiração, clorofila.
- (d) mitocôndria, fotossíntese, citocromo.
- (e) cloroplasto, fotossíntese, clorofila.

**20 UEL 2003** Qual das organelas celulares mencionadas adiante possui menor valor adaptativo para microrganismos que habitam os fundos dos oceanos?

- (a) Vacúolo.
- (b) Mitocôndria.
- (c) Ribossomo.
- (d) Cloroplasto.
- (e) Centríolo.

**21 Puccamp 2004** Energia: A quase totalidade da energia utilizada na Terra tem sua origem nas radiações que recebemos do Sol. Para a entrada da energia solar nos ecossistemas, a organela celular que desempenha papel mais destacado é:

- (a) o núcleo.
- (b) a mitocôndria.
- (c) o ribossomo.
- (d) o vacúolo.
- (e) o cloroplasto.

**22** Quando a energia luminosa é utilizada na fotossíntese, ocorre liberação de oxigênio. Este gás provém das moléculas de:

- (a) água.
- (b)  $\text{CO}_2$ .
- (c) glicose.
- (d) ATP.
- (e) clorofila.

**23 Fuvest 2005** Dois importantes processos metabólicos são:

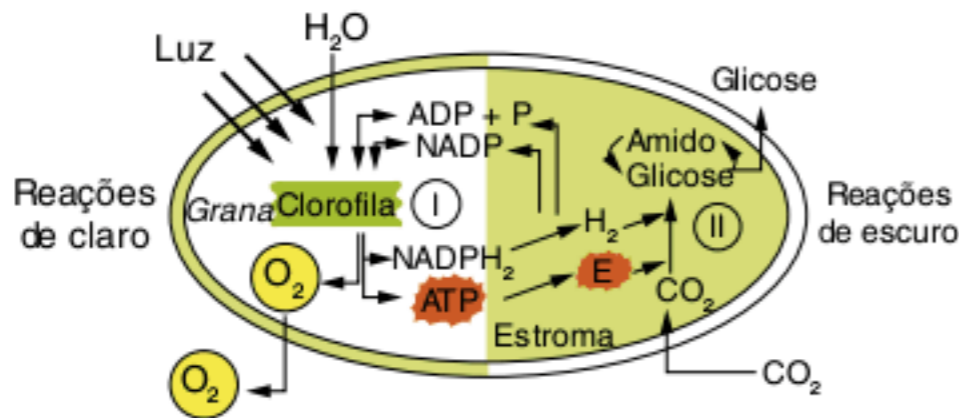
- I. “ciclo de Krebs”, ou ciclo do ácido cítrico, no qual moléculas orgânicas são degradadas, e seus carbonos liberados como gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ).
- II. “ciclo de Calvin-Benson”, ou ciclo das pentoses, no qual os carbonos do gás carbônico são incorporados em moléculas orgânicas.

Que alternativa indica corretamente os ciclos presentes nos organismos citados?



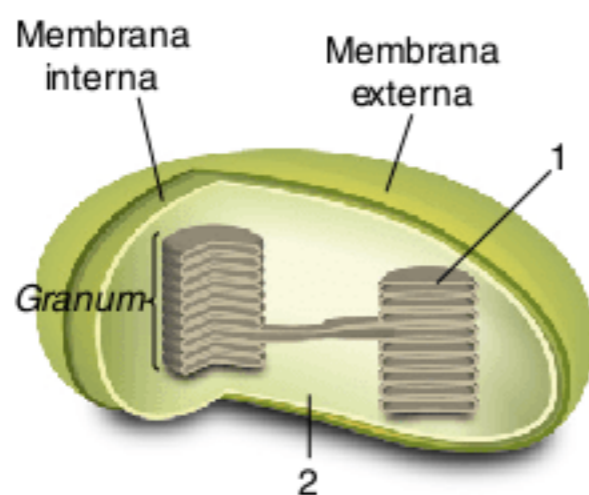
	Humanos	Plantas	Algas	Lêvedo
(a)	I e II	I e II	I e II	apenas I
(b)	I e II	apenas II	apenas II	I e II
(c)	I e II	I e II	I e II	I e II
(d)	apenas I	I e II	I e II	apenas I
(e)	apenas I	apenas II	apenas II	apenas I

**24 Cesgranrio 1998** Sobre a organela representada a seguir, podemos afirmar que:



- (a) é uma estrutura anabólica em virtude da produção de  $O_2$ .
- (b) a construção de moléculas orgânicas ocorre nas lamelas.
- (c) a formação de moléculas de ATP independe da ação da luz.
- (d) as moléculas  $CO_2$  funcionam como aceptoras finais de hidrogênio.
- (e) as reações de escuro ocorrem nos *grana*, regiões ricas em clorofila.

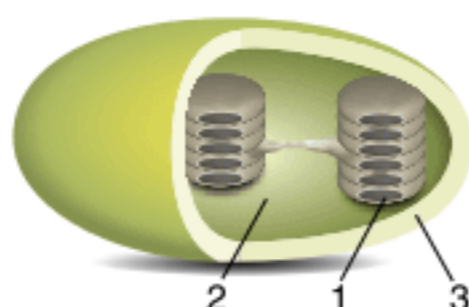
**25 PUC-MG 2007** O processo fotossintético ocorre em duas etapas: a fase clara e a fase escura. Nas angiospermas, a fotossíntese ocorre nos cloroplastos.



Observando-se o esquema dado, é correto afirmar, exceto:

- (a) A fotólise da água ocorre em 1.
- (b) A liberação de oxigênio ocorre em 2.
- (c) A liberação de ATP e  $NADPH_2$  ocorre em 1.
- (d) A utilização de água e de  $CO_2$  ocorre respectivamente em 1 e 2.

**26 UFSM 1999**



Sônia Lopes. *Bio.* São Paulo: Saraiva, 1996. V. único.

Considerando o desenho, assinale verdadeira (V) ou falsa (F) nas afirmativas a seguir.

- O desenho representa um cloroplasto: 1 mostra um tilacoide; 2, o estroma e 3, a membrana externa.
- Na estrutura 1, ocorre a fase fotoquímica da fotossíntese.
- Na estrutura 2, ocorre a fase química da fotossíntese.

A sequência correta é:

- (a) F – V – F.
- (b) V – V – V.
- (c) V – F – F.
- (d) F – V – V.
- (e) F – F – F.

**27 Mackenzie 1999** Uma das folhas de uma planta foi parcialmente coberta com uma tira de papel alumínio como mostra a figura a seguir. Durante alguns dias, essa planta foi exposta a luz uniforme.



A respeito desse experimento são feitas as seguintes afirmativas.

- I. A região coberta torna-se amarelada devido à destruição da clorofila.
- II. As regiões não cobertas da folha apresentarão maior quantidade de amido que a porção coberta.
- III. Na região coberta, os processos prejudicados são a quebra da molécula de água e a produção de ATP.

Assinale:

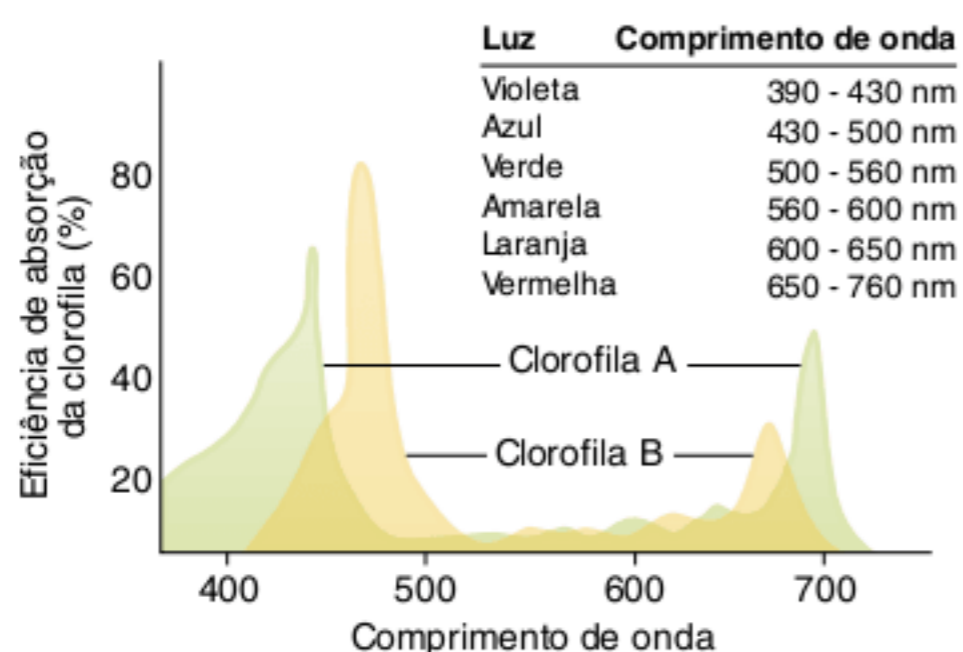
- (a) se todas forem corretas.
- (b) se somente I e II forem corretas.
- (c) se somente II e III forem corretas.
- (d) se somente I for correta.
- (e) se somente II for correta.

**28 UFRGS 2000** Uma planta atinge o seu ponto de compensação fótica quando:

- (a) as taxas de respiração e fotossíntese se igualam.
- (b) os pigmentos de clorofila se tornam saturados.
- (c) todo o dióxido de carbono produzido pela respiração é perdido através dos estômatos.
- (d) os produtos da fase clara são consumidos na fase escura.
- (e) o dióxido de carbono é transformado completamente em oxigênio.

**29 FGV 2006** O espectro da luz visível, ou luz branca, compreende comprimentos de onda no intervalo de 390 a 760 nanômetros, da luz violeta à luz vermelha. No entanto, as radiações do espectro visível não são igualmente absorvidas pela clorofila. O gráfico apresenta a eficiência de absorção da luz visível pelas clorofilas dos tipos A e B.





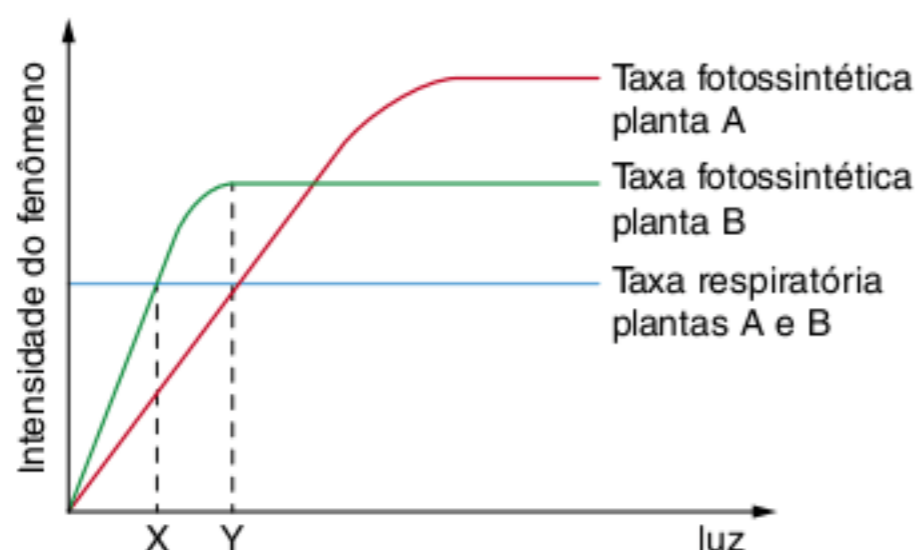
Pode-se dizer que uma planta apresentará maior taxa fotossintética quando iluminada com luz:

- (a) branca.
- (b) violeta.
- (c) azul.
- (d) verde.
- (e) vermelha.

**30 Fuvest 2003** 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.

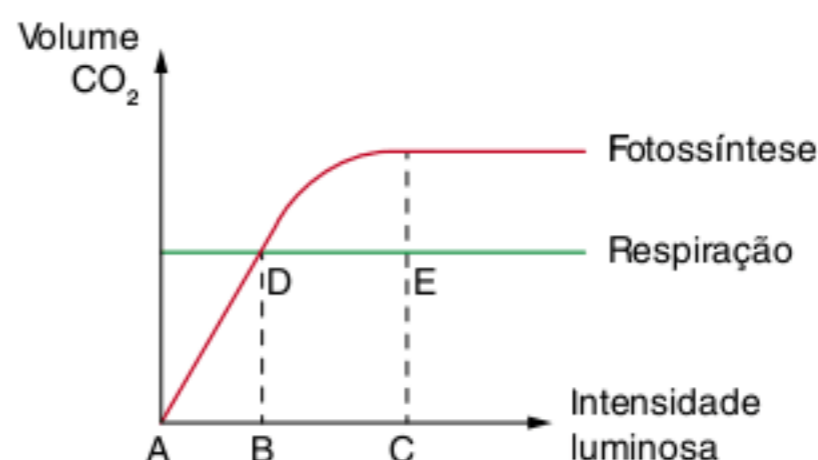
**31 UFSCar 2005** O gráfico representa as taxas fotossintéticas e de respiração para duas diferentes plantas, uma delas umbrófila (planta de sombra) e a outra heliófila (planta de sol). Considere que a taxa respiratória é constante e igual para as duas plantas.



Pode-se concluir que:

- (a) no intervalo X-Y, cada uma das plantas consome mais oxigênio do que aquele produzido na sua fotossíntese.
- (b) a partir do ponto Y, cada uma das plantas consome mais oxigênio do que aquele produzido na sua fotossíntese.
- (c) as plantas A e B são, respectivamente, umbrófila e heliófila.
- (d) no intervalo X-Y, cada uma das plantas produz mais oxigênio do que aquele consumido na sua respiração.
- (e) no ponto X, a planta A consome mais oxigênio do que aquele produzido na sua fotossíntese, e a planta B produz a mesma quantidade de oxigênio que aquela consumida na sua respiração.

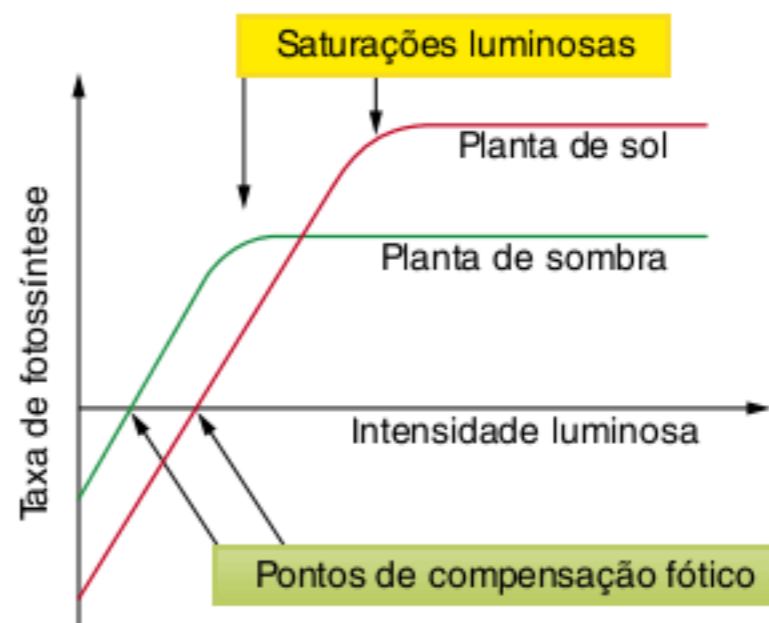
**32 Mackenzie 2001**



No gráfico apresentado, o ponto de compensação está representado por:

- (a) A
- (b) B
- (c) C
- (d) D
- (e) E

**33 PUC-MG 2007** O gráfico apresenta as taxas fotossintéticas relativas a dois tipos de plantas em resposta a variações na intensidade luminosa. As plantas de sol e de sombra possuem adaptações genotípicas a diferentes condições ambientais.



Analisando o gráfico e de acordo com seus conhecimentos, é correto afirmar, exceto:

- (a) Abaixo do ponto de compensação fótico, para a mesma intensidade luminosa, a planta de sol apresenta maior taxa de fotossíntese do que a planta de sombra.



- (b) A planta de sombra apresenta saturação luminosa menor que a planta de sol.
- (c) As duas plantas, abaixo de seu ponto de compensação fó-tico, consomem mais oxigênio do que produzem.
- (d) Abaixo de seu ponto de saturação luminosa, a planta de sombra apresenta maior taxa de fotossíntese do que a planta de sol, para a mesma intensidade luminosa.

**34 UFF 2004** No início do século XVII, acreditava-se que as plantas necessitavam apenas da matéria presente no solo. Van Helmont, no entanto, mostrou que uma planta colocada em um vaso com terra aumentara alguns quilos em um período de 5 anos, enquanto a terra do vaso diminuía de peso em apenas alguns gramas. Concluiu, então, que o crescimento da planta foi devido, apenas, à água com que ele a regara. Essa conclusão a que chegou Helmont estava errada, pois hoje sabemos que o crescimento da planta é causado, principalmente, por:

- (a) maior produção metabólica de  $\text{CO}_2$ .
- (b) fixação do  $\text{O}_2$  atmosférico.
- (c) um aumento da relação  $\text{CO}_2$  produzido/ $\text{CO}_2$  consumido.
- (d) maior fixação de  $\text{CO}_2$  atmosférico em relação ao  $\text{CO}_2$  produzido.
- (e) uma relação  $\text{O}_2$  consumido/ $\text{O}_2$  produzido maior que 1,0.

**35 UFG 2005** Um experimento foi conduzido durante 30 dias, utilizando-se plantas de milho, com o fornecimento de  $\text{CO}_2$  e nutrientes necessários ao seu crescimento e submetidas a temperatura e umidade constantes, porém a intensidade luminosa baixa. Essas plantas apresentaram desenvolvimento prejudica-do, uma vez que:

- (a) a quantidade de luz disponível ultrapassou o ponto de com-pensação fótica.
- (b) o processo fotossintético foi mais rápido pelo fato de esta-rem em ambiente de baixa luminosidade.
- (c) a energia luminosa induziu a quebra de moléculas de água e o fluxo de elétrons entre os fotossistemas.
- (d) a quantidade de energia consumida no seu metabolismo superou a produção na fotossíntese.
- (e) a quantidade de luz recebida ultrapassou o limiar de satu-ração.

**36 UFPE 2007** Existem fatores que interferem na taxa de fo-tossíntese de uma planta. A esse propósito, analise os itens mencionados a seguir.

1. Intensidade de energia luminosa.
2. Concentração de gás carbônico.
3. Temperatura.
4. Concentração de oxigênio.

Interferem na taxa fotossintética:

- (a) 1, 2, 3 e 4.
- (b) 1, 2 e 3 apenas.
- (c) 2 e 3 apenas.
- (d) 3 e 4 apenas.
- (e) 1 e 2 apenas.

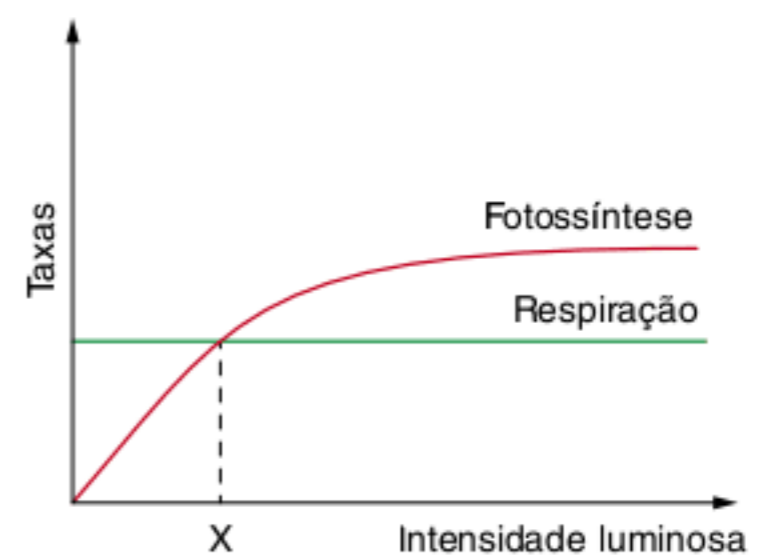
**37 UFSCar 2004** [...] quando cultivadas por três meses num local com 720 ppm (partes por milhão) de  $\text{CO}_2$  no ar, o dobro da concentração atmosférica, as mudas de "Hymenaea courbaril" [jatobá] duplicam a absorção de gás carbônico e a produção de açúcares (carboidratos) e aumentam em até 50% sua biomassa [...]

Marcos Pivetta. Pesquisa Fapesp, n. 80, out. 2002.

O texto permite concluir que, nos jatobás, a:

- (a) taxa de respiração celular em condições naturais é cerca de 100% maior do que em um ambiente com 720 ppm (par-tes por milhão) de  $\text{CO}_2$  no ar.
- (b) produção de açúcares só não é maior em condições natu-rais porque a concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico atua como fator limitante da fotossíntese.
- (c) produção de açúcares só não é maior em condições natu-rais porque a concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico atua como fator limitante da respiração celular.
- (d) concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico atua como fator estimu-lante da fotossíntese e como fator inibidor da respiração celular.
- (e) concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico atua como fator inibidor da fotossíntese e como fator estimulante da respiração ce-lular.

**38 Ufal 2000** O gráfico adiante mostra as taxas da fotossín-tese e da respiração em diferentes intensidades luminosas.



Após a análise do gráfico, fizeram-se as seguintes afirmações:

- I. Em intensidades luminosas menores do que X, a planta consome mais  $\text{O}_2$  do que produz.
- II. Em intensidades luminosas maiores do que X, a planta tem condições de armazenar substâncias de reserva.
- III. Em qualquer intensidade luminosa, a taxa da fotossíntese é maior do que a da respiração.

Apenas é correto o que se afirma em:

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

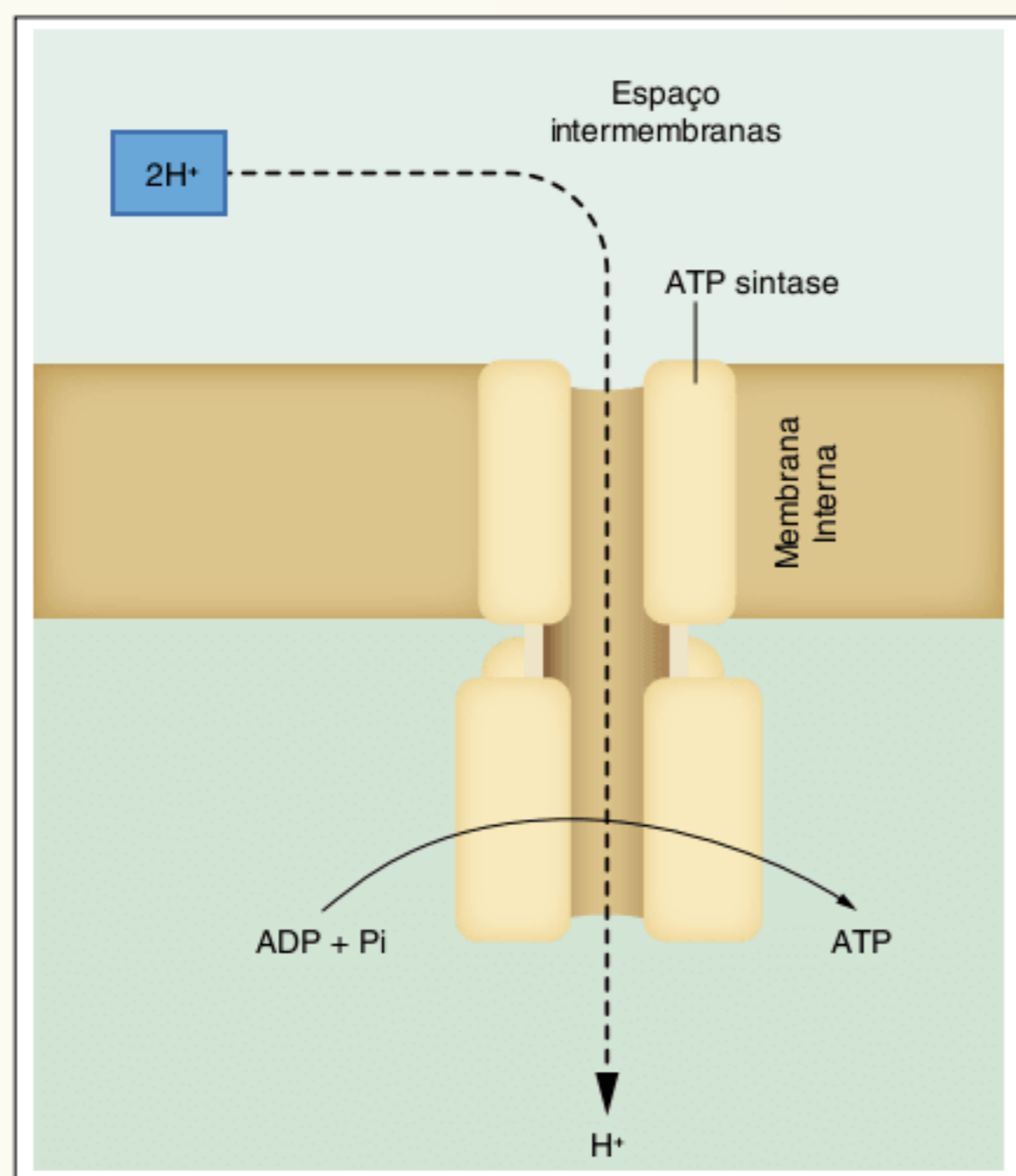


# TEXTOS COMPLEMENTARES

## Teoria quimiosmótica da produção de ATP

A mitocôndria apresenta duas membranas: a externa e a interna. Entre elas, há um espaço de grande importância na respiração celular, denominado espaço intermembranas. Os citocromos são moléculas proteicas alojadas na membrana interna da mitocôndria. Através dos citocromos, há um fluxo de elétrons. O aceitador final de elétrons e de  $H^+$  é o oxigênio.

Os íons  $H^+$  são acumulados no espaço entre a membrana interna e a membrana externa da mitocôndria. Esses íons se originam na cadeia respiratória, a partir de  $NADH + H^+$  e de  $FADH_2$ . O fluxo de elétrons na cadeia respiratória fornece energia para o bombeamento de  $H^+$  para o espaço intermembranas. Os íons  $H^+$  em excesso nessa região são forçados a passar por um canal no interior da molécula da enzima ATP-sintase, um complexo localizado na membrana mitocondrial interna, alcançando a matriz mitocondrial. Uma parte da molécula da ATP-sintase sofre rotação com o fluxo de íons, e essa energia mecânica permite a reação entre ADP e  $P_i$ , gerando ATP. Os prótons se reúnem com os elétrons que percorreram os citocromos e com o gás oxigênio, formando água.



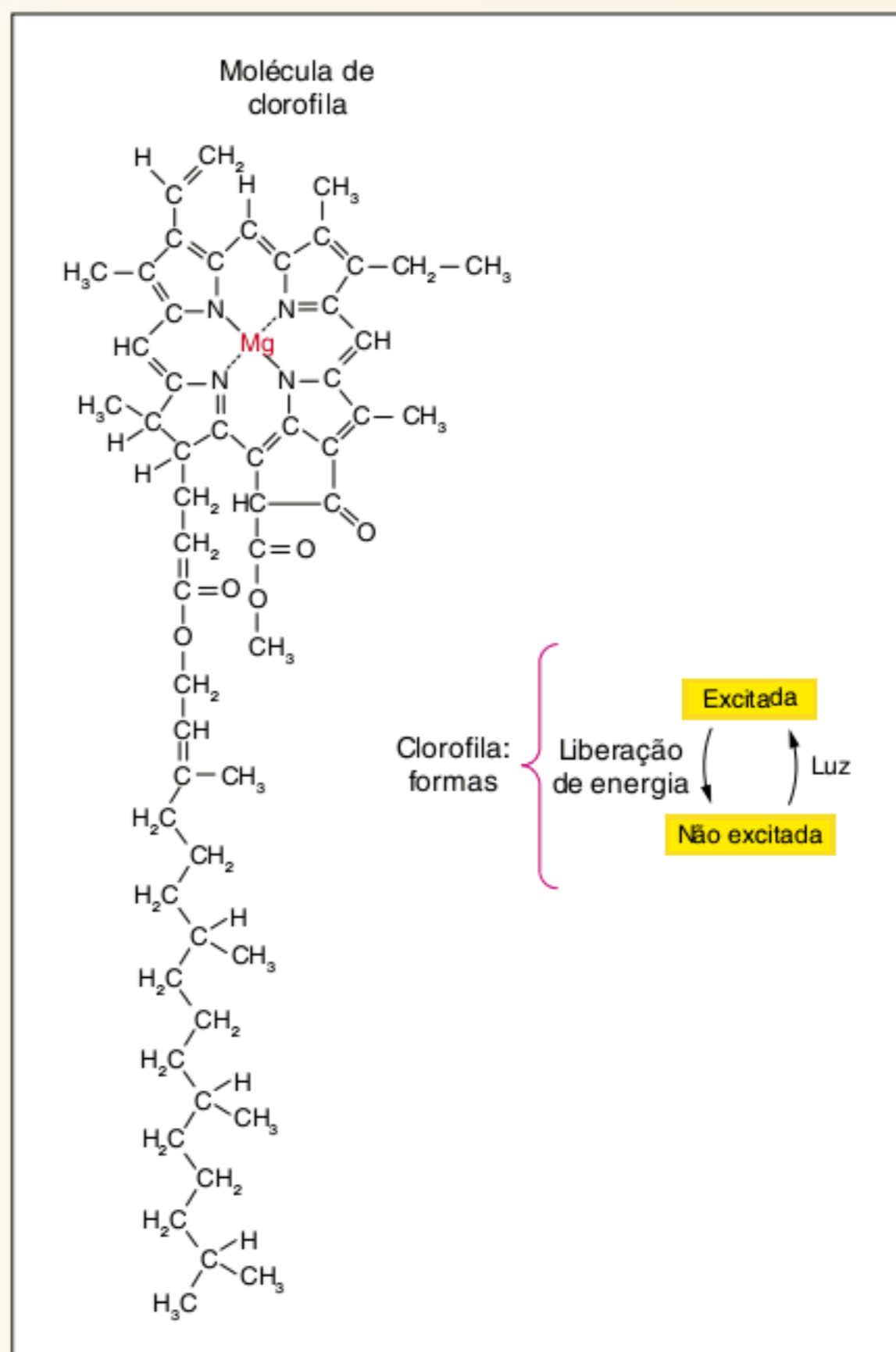
Esquema da teoria da quimiosmótica.

A teoria quimiosmótica também está relacionada com a produção de ATP no interior dos cloroplastos durante a etapa fotoquímica da fotossíntese.

## Detalhes sobre a fotossíntese

### A fluorescência da clorofila

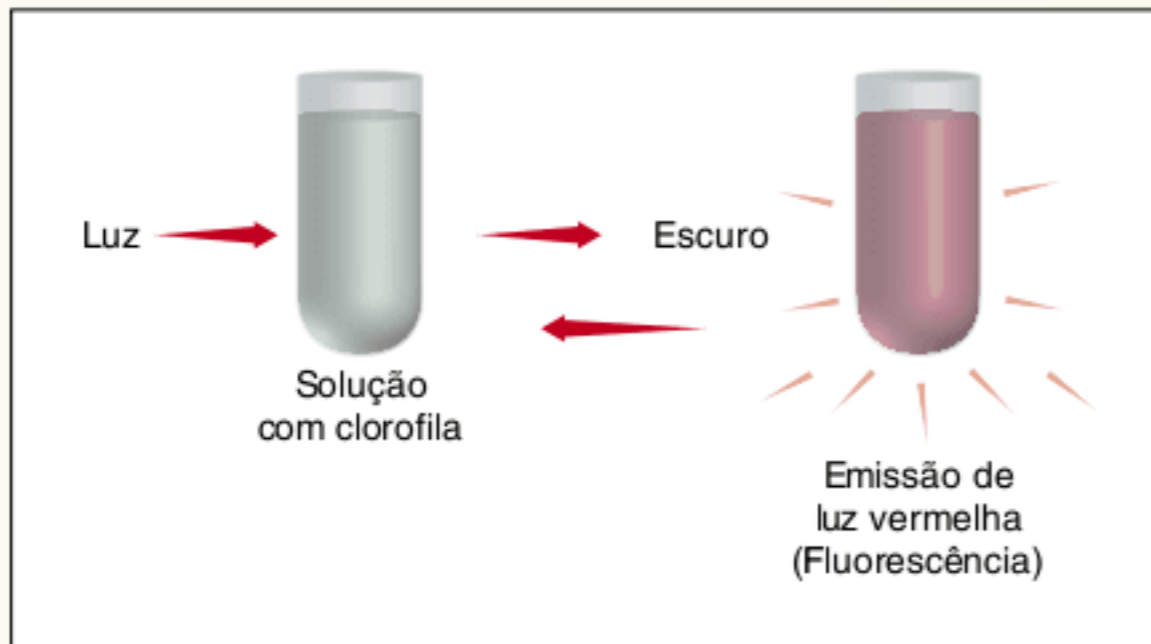
A molécula de clorofila apresenta um átomo central de magnésio, fazendo parte de um núcleo pirrólico (estrutura cíclica composta de carbono, hidrogênio e nitrogênio) ao que se liga uma longa cadeia carbônica. Quando a clorofila é iluminada, absorve luz e ocorre sua excitação, caracterizada pela alteração na distribuição de elétrons no núcleo pirrólico. A clorofila excitada tem maior conteúdo energético e é mais instável, tendendo a voltar à forma não excitada. Quando isso ocorre, há liberação de energia.



Estrutura da molécula de clorofila.

Colocando-se uma solução contendo clorofila e iluminando-a, ocorre a excitação das moléculas de clorofila, que depois retornam à forma não excitada, liberando energia na forma de luz vermelha. Isso é bem visível iluminando-se a solução e depois apagando-se a luz do ambiente; a solução emite por algum tempo luz vermelha. Esse fenômeno é denominado fluorescência da clorofila.





Fluorescência da clorofila na ausência de luz.

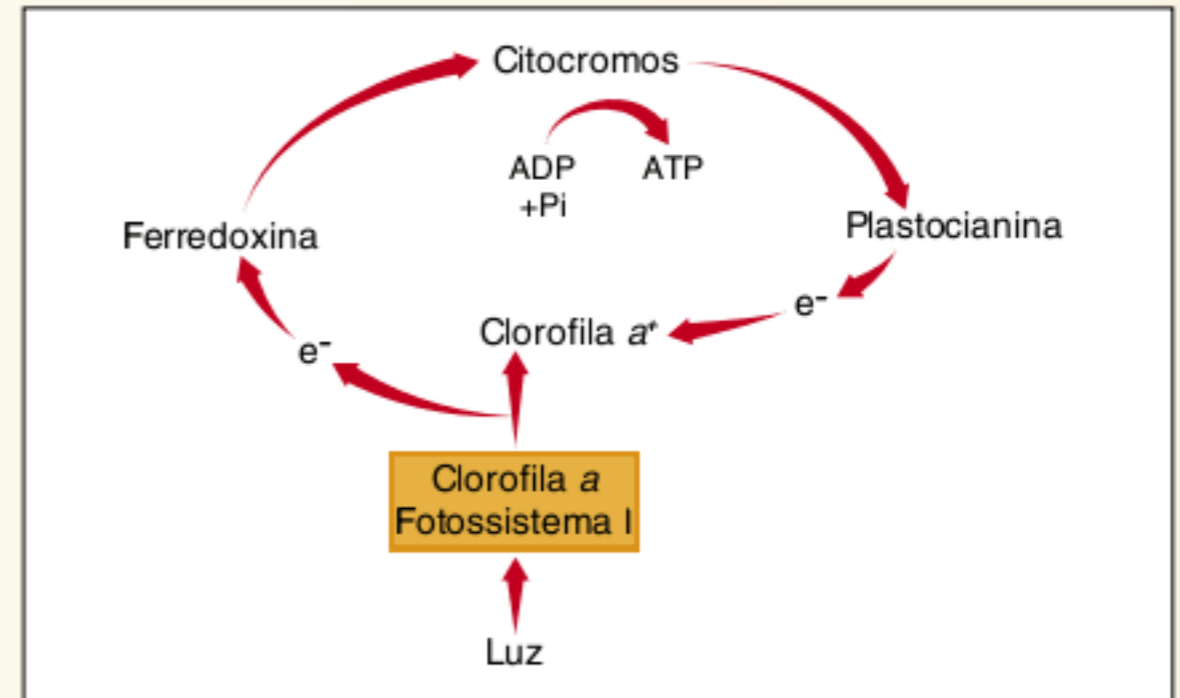
No interior do cloroplasto, a excitação da clorofila não produz fluorescência, pois os elétrons são transferidos para aceptores de elétrons, como a ferredoxina e os citocromos. Na passagem pelos citocromos, a energia dos elétrons é empregada na produção de ATP (é a fotofosforilação). Assim, ocorre a conversão de energia luminosa em energia química.

### Fotossistemas

Os cloroplastos apresentam complexos moleculares denominados fotossistemas, onde ocorre a etapa fotoquímica da fotossíntese. Há o fotossistema I e o fotossistema II, ambos apresentando duas moléculas de clorofila associadas a proteínas. O fotossistema I tem o máximo de absorção de luz em comprimento de onda igual a 700 nm, enquanto o fotossistema II tem absorção máxima em torno de 680 nm (ambos ficam localizados na membrana tilacoide). Nos dois fotossistemas ocorre a fotofosforilação. A fotólise da água ocorre no fotossistema II e a formação de NADPH se dá no fotossistema I.

### Fotofosforilação cíclica

Envolve apenas o fotossistema I. A clorofila a é excitada pela luz (700 nm). Os elétrons do fotossistema excitado, em vez de reduzirem ferredoxina, são transferidos para um citocromo e depois retornam ao fotossistema I. Nessa transferência de elétrons, ocorre a síntese de ATP (fotofosforilação) e não há produção de NADPH.

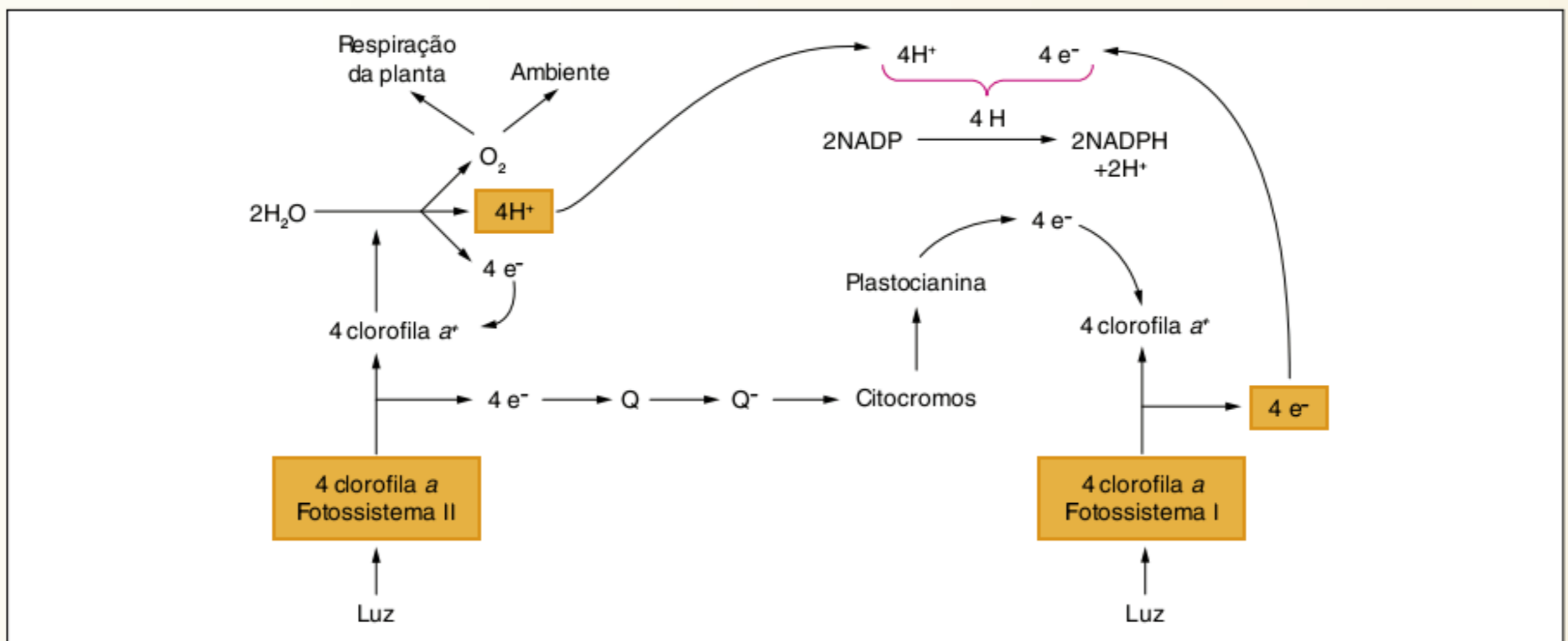


A fotofosforilação cíclica envolve apenas o fotossistema I.

Deve-se notar que o fluxo de elétrons através de citocromos determina a produção de ATP. O elétron que deixa um fotossistema retorna à mesma molécula; por isso, o processo é denominado *fosforilação cíclica*.

### Fotofosforilação acíclica

A descrição feita a seguir deve ser acompanhada pela figura abaixo. O processo é descrito já apresentando certa proporção de moléculas, elétrons e H<sup>+</sup>. A fotofosforilação acíclica envolve os fotossistemas I e II.

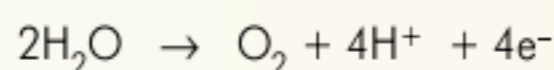


Detalhes dos fotossistemas I e II envolvidos na fotofosforilação acíclica.

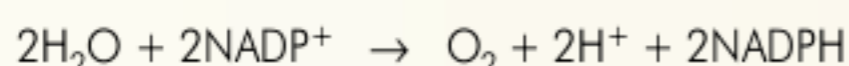
Quatro moléculas de clorofila a do fotossistema II são excitadas pela luz e liberam quatro elétrons, que são transferidos para o receptor Q. Com isso, o receptor Q fica com carga negativa (Q<sup>-</sup>) e as clorofilas a ficam com carga positiva (clorofila a<sup>+</sup>). Ao mesmo tempo, quatro moléculas de clorofila a do fotossistema I são excitadas pela luz e liberam quatro elétrons, ficando com carga positiva (clorofila a<sup>+</sup>). Vejamos o andamento dos processos em cada um dos fotossistemas.



No **fotossistema II**, o aceptor  $Q^-$  transfere elétron para os citocromos, que o passam para a plastocianina, que o entrega à clorofila  $a^+$  do fotossistema I, repondo os elétrons que haviam sido perdidos com a excitação luminosa. Na passagem de elétrons através dos citocromos, ocorre a produção de ATP (fotofosforilação). Além disso, no fotossistema II, a formação de clorofila  $a^+$  desencadeia a reação com moléculas de água. Quatro moléculas de clorofila  $a^+$  desencadeiam a quebra de duas moléculas de água, formando gás oxigênio e  $H^+$  (esta é a própria reação de Hill); a clorofila  $a$  tem seu elétron repostado (de clorofila  $a^+$  volta para clorofila  $a$ ).



No **fotossistema I**, ocorre a reposição dos elétrons que as moléculas de clorofila  $a$  haviam perdido. Eles passam para a ferredoxina e dela para o  $NADP^+$ . Dois  $NADP^+$  reagem com quatro  $H^+$  (procedentes da fotólise da água) e com os elétrons (provenientes da clorofila do fotossistema I), formando-se 2  $NADPH$  e  $2H^+$ .



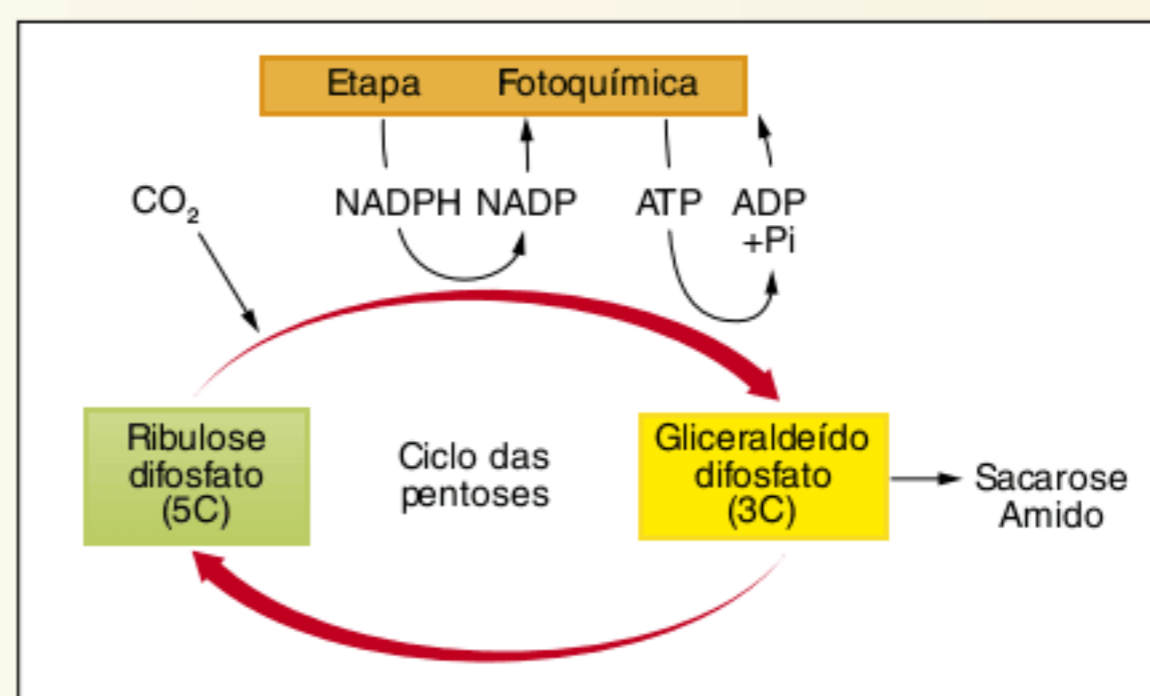
Deve-se notar que o fluxo de elétrons através de citocromos determina a produção de ATP. Os elétrons que deixam moléculas de clorofila do fotossistema II e os que deixam as moléculas de clorofila do fotossistema I não retornam às suas moléculas de origem; por isso, o processo é denominado fosforilação acíclica.

Resumindo, as reações da etapa fotoquímica geram: gás oxigênio e ATP no fotossistema II, e ATP,  $NADPH$  e  $H^+$  no fotossistema I. O gás oxigênio é usado na respiração celular da própria planta ou é liberado para o ambiente; ATP,  $NADPH$  e  $H^+$  são utilizados na etapa química da fotossíntese.

## A etapa química da fotossíntese

Ocorre no estroma do cloroplasto e tem como centro o ciclo das pentoses ou de Calvin-Benson. Esse processo realiza a fixação do carbono, ou seja, o  $CO_2$  é convertido em uma substância orgânica (carboidrato). Esse ciclo emprega  $CO_2$  do ambiente ou da respiração celular e utiliza reagentes procedentes da etapa fotoquímica: ATP,  $NADPH$  e  $H^+$ .

O ciclo das pentoses envolve várias reações químicas, que incluem o carboidrato ribulose difosfato (uma pentose), presente no estroma do cloroplasto e que reage com seis moléculas de  $CO_2$ , e um intermediário do ciclo recebe hidrogênios do  $NADPH$  (proveniente da etapa fotoquímica). Esse processo requer energia, fornecida pelo ATP (também proveniente da etapa fotoquímica). Com isso, são geradas duas moléculas de gliceraldeído fosfato (um carboidrato, indicado por PGAL), e ocorre a regeneração de ribulose difosfato. A degradação de ATP gera ADP e fosfato inorgânico. A formação de gliceraldeído fosfato requer a enzima rubisco.



Esquema da etapa química da fotossíntese.

O gliceraldeído fosfato é empregado na síntese de sacarose e de amido. A partir dele, também pode ocorrer a síntese de outras substâncias orgânicas, como aminoácidos e lipídeos.

## RESUMINDO

### A liberação de energia

A energia utilizada pelos seres vivos é proveniente da degradação de substâncias orgânicas, por meio da respiração celular ou da fermentação.

### Respiração celular

A respiração celular ocorre no citosol e no interior das mitocôndrias. É um processo aeróbio, que degrada glicose; gera água, gás carbônico e ATP. Durante a respiração celular, ocorrem processos químicos, como descarboxilação, desidrogenação e fosforilação.

Descarboxilação é a remoção de grupo carboxila, gerando  $CO_2$ . Desidrogenação é a perda de átomos de hidrogênio (oxidação). Os hidrogênios são transferidos para aceptores; o último aceptor de hidrogênio na respiração celular aeróbia é o gás oxigênio, em um processo que leva à produção de água. Fosforilação é a formação de ATP a partir de ADP e de fosfato inorgânico. Esse processo requer energia, liberada em algumas reações químicas da respiração celular.

A respiração celular é tradicionalmente dividida em três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória.



## Glicólise

A glicólise ocorre no citosol e não emprega gás oxigênio (uma etapa anaeróbia). Ela é constituída por muitas reações químicas, resultando na formação de duas moléculas de ácido pirúvico. Os produtos finais da glicólise são: duas moléculas de ácido pirúvico, quatro moléculas de ATP e quatro átomos de hidrogênio. Como são gastos 2 ATPs, o saldo direto da glicólise é de 2 ATPs (4 ATPs produzidos menos 2 ATPs gastos).

Durante a glicólise, há liberação de quatro átomos de hidrogênio. Eles reagem com duas moléculas de  $\text{NAD}^+$ , formando duas moléculas de  $\text{NADH} + \text{H}^+$ ; os prótons  $\text{H}^+$  permanecem em solução no citosol. O  $\text{NAD}^+$  comporta-se como um acceptor intermediário de hidrogênios.

## O destino do ácido pirúvico

As moléculas de ácido pirúvico provenientes da degradação da glicose atravessam as membranas da mitocôndria; essas duas moléculas são convertidas em duas moléculas de acetil-coA. Na conversão de ácido pirúvico em acetil-coA ocorre descarboxilação, com a formação de  $\text{CO}_2$ ; também há liberação de átomos de hidrogênio, que reagem com  $\text{NAD}^+$ , formando  $\text{NADH} + \text{H}^+$ .

## Ciclo de Krebs

As duas moléculas de acetil-coA ingressam em uma sequência de reações conhecida como ciclo de Krebs. Um grupo acetil reage com o ácido oxalacético, presente na matriz mitocondrial e a coenzima A é liberada; forma-se então o ácido cítrico, que tem 6 carbonos. O ácido cítrico passa por uma sequência de reações químicas, levando novamente à formação de ácido oxalacético. Para cada molécula de acetil-coA que entra no ciclo de Krebs, são gerados 2  $\text{CO}_2$ , 1  $\text{FADH}_2$ , 3  $\text{NADH}$ , 3  $\text{H}^+$  e 1 ATP.

O  $\text{CO}_2$  é liberado para o ambiente. O ATP é empregado no metabolismo e os demais produtos do ciclo de Krebs ( $\text{FADH}_2$ ,  $\text{NADH}$  e  $\text{H}^+$ ) são empregados na cadeia respiratória.

## Cadeia respiratória

É também denominada cadeia transportadora de elétrons e ocorre nas cristas mitocondriais. É constituída por uma sequência de transferência de átomos de hidrogênio e seus elétrons, incluindo na ordem  $\text{NADH} + \text{H}^+$ ,  $\text{FADH}_2$  e alguns citocromos; o acceptor final de hidrogênios e seus elétrons é o gás oxigênio, havendo a formação de água. A energia gerada no processo é utilizada para produzir um ATP por meio do processo de fosforilação oxidativa, outra parte dessa energia é dissipada em forma de calor.

Atualmente, os cálculos da produção apontam para um total de 30 ATPs. São gerados diretamente 2 ATPs na glicólise e 2 ATPs no ciclo de Krebs (subtotal de 4 ATPs). Ainda é preciso contabilizar aquilo que é gerado na cadeia respiratória: são 26 ATPs, formando o total de 30 ATPs na respiração celular.

## Fermentação

Fermentação é um processo anaeróbio de liberação de energia e tem grande semelhança com a glicólise. Na fermentação, uma molécula de glicose é degradada, gerando dois ácidos pirúvicos, 2 $\text{NADH} + \text{H}^+$  e um saldo de 2 ATPs. A partir de ácido pirúvico, são gerados outros compostos orgânicos, como metano, ácido acético, álcool ou ácido láctico.

A fermentação alcoólica é empregada na produção de álcool (usado como combustível ou integrante de bebidas) e na produção de pães. A fermentação láctica é realizada por algumas bactérias e alguns fungos, formando ácido láctico a partir da glicose. Esse ácido promove a desnaturação das proteínas do leite, determinando sua conversão em iogurte ou queijo. O ser humano também pode realizar fermentação láctica em células musculares quando elas não recebem suprimento adequado de gás oxigênio.

## Catabolismo e anabolismo

As reações químicas do metabolismo são divididas em dois grandes conjuntos: anabolismo e catabolismo. O anabolismo corresponde ao conjunto de reações entre moléculas orgânicas pequenas, gerando moléculas orgânicas maiores, basicamente em um processo de síntese. O catabolismo corresponde às reações de degradação de moléculas orgânicas.

## Quimiossíntese

É um processo de produção de glicídios (carboidratos), empregando energia liberada em certas reações químicas. A quimiossíntese é realizada por procariontes, como bactérias e arqueas.

As reações químicas da quimiossíntese ocorrem entre substâncias inorgânicas e envolvem oxidação. Com a formação do produto da reação, libera-se energia, empregada na produção de glicídio a partir de  $\text{CO}_2$  e água.

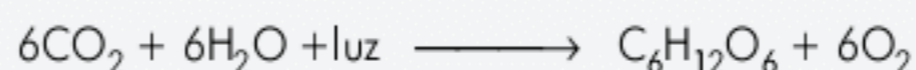
## Fotossíntese

É um processo realizado por plantas, algas e cianobactérias. Constitui a principal fonte de alimento orgânico e de gás oxigênio para os seres vivos do planeta.

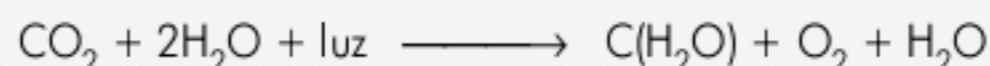


## Equações representativas da fotossíntese

A fotossíntese é tradicionalmente representada pela equação:



A luz é absorvida pela clorofila, que apresenta um átomo central de magnésio. O  $\text{O}_2$  produzido na fotossíntese é proveniente da quebra da molécula de água, com a participação da luz. Outra forma de representar a equação é:



## Cloroplastos e outros plastos

Plantas e algas têm cloroplastos, onde ocorre a fotossíntese. Em cianobactérias, a fotossíntese ocorre em lamelas membranosas do citosol. Um cloroplasto apresenta uma membrana externa e uma membrana interna. O interior tem lamelas membranosas, ligadas a pequenas bolsas denominadas tilacoides; o espaço interno é preenchido pelo estroma. No interior dos tilacoides e das lamelas, há pigmentos, como clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides. Uma pilha de tilacoides constitui um *granum*; *grana* é o conjunto de todos os tilacoides. Cloroplastos apresentam DNA circular sem histonas.

A clorofila *a* está presente em plantas, algas e cianobactérias. Plantas e algas verdes também têm clorofila *b*. Considera-se que as algas verdes foram ancestrais das plantas.

Há outros tipos de plastos. Os leucoplastos não têm pigmentos; os amiloplastos acumulam amido; os cromoplastos têm pigmentos, mas não possuem clorofila, sendo incapazes de realizar fotossíntese, mas são responsáveis pela cor de frutos e de muitas flores e folhas (quando sua coloração é diferente do verde).

## Etapas da fotossíntese

Didaticamente, as reações da fotossíntese são divididas em dois grandes conjuntos:

- etapa fotoquímica, ou fase de claro: só ocorre em presença de luz e acontece nos tilacoides e nas lamelas.
- etapa química: não depende de luz e é realizada no estroma.

A etapa fotoquímica envolve dois grandes processos:

- fotólise da água: corresponde à quebra da molécula de água, gerando gás oxigênio, elétrons e  $\text{H}^+$ . Elétrons e  $\text{H}^+$  são transferidos do  $\text{NADP}^+$ , formando  $\text{NADP} + \text{H}^+$ .
- fotofosforilação: é a formação de ATP a partir de ADP e  $\text{P}_i$ , empregando a energia luminosa.

A etapa química utiliza gás carbônico e os compostos gerados na etapa fotoquímica. A etapa química apresenta o ciclo das pentoses, ou ciclo de Calvin-Benson; gera carboidrato, água, ADP, P e  $\text{NADP}^+$ . O carboidrato produzido é principalmente sacarose, que flui pela seiva e é levada para outras partes da planta. A etapa química também gera amido, que pode ser, em parte, acumulado no cloroplasto.

## Fisiologia da fotossíntese

### A luz

A absorção de luz é uma importante etapa do processo fotossintético. Quando uma planta é exposta às diferentes faixas componentes da luz, nota-se maior atividade fotossintética nas proximidades do vermelho e do azul. O menor desempenho ocorre nas faixas do verde e do amarelo.

### Fatores limitantes da fotossíntese

A realização de fotossíntese depende de temperatura adequada e de fornecimento de  $\text{CO}_2$ , água e nutrientes minerais. Quando todos esses fatores são fornecidos para a planta em condições ideais, a fotossíntese tem o máximo desempenho.

Fator limitante é o fornecido em menor quantidade e que, por isso, impede o pleno desempenho da fotossíntese. Se o fornecimento do fator limitante aumentar, a taxa de fotossíntese aumenta.  $\text{CO}_2$ , luz e temperatura podem atuar como fatores limitantes.

Ponto de compensação fótico, ou luminoso, é a intensidade luminosa em que a taxa de fotossíntese e a de respiração se equivalem. Assim, todo  $\text{CO}_2$  gerado na respiração é consumido na fotossíntese, e todo  $\text{O}_2$  e carboidrato gerados na fotossíntese são consumidos na respiração. Abaixo do ponto de compensação fótico, a respiração tem maior intensidade do que a fotossíntese. Acima do ponto de compensação fótico, a taxa de fotossíntese supera a taxa de respiração.



## ■ QUER SABER MAIS?



■ Informações sobre o processo de respiração celular  
<<http://faculty.clintoncc.suny.edu/faculty/michael.gregory/files/Bio%20101/Bio%20101%20Lectures/Cellular%20Respiration/cellular.htm>>.

■ Informações sobre a fotossíntese  
<<http://faculty.clintoncc.suny.edu/faculty/michael.gregory/files/Bio%20101/Bio%20101%20Lectures/Photosynthesis/photosyn.htm>>.

## Exercícios complementares

**1 UFRJ 2002** Em 1949, enquanto estudavam o metabolismo energético, Eugene Kennedy e Albert Lehninger, realizaram uma experiência na qual separaram, por centrifugação, os diferentes componentes celulares. Em seguida, os pesquisadores colocaram cada uma das frações contendo os diferentes componentes em soluções compostas dos nutrientes adequados e mediram o consumo de oxigênio ( $O_2$ ) em cada uma das frações. Em outro conjunto de frascos, testou-se a produção de trifosfato de adenosina (ATP) pelas diferentes frações. A tabela a seguir mostra alguns dos resultados possíveis em uma experiência deste tipo.

Fração	Produção de ATP (unidades arbitrárias)	Consumo de $O_2$ (unidades arbitrárias)
A	38	7
B	4	0
C	0	1

Com base nos resultados da tabela, identifique qual das frações deve corresponder às mitocôndrias. Justifique sua resposta.

**2 UFU 2004** Existem seres vivos, ou mesmo células de um organismo, que são chamados de anaeróbicos facultativos. Estes respiram aerobicamente enquanto há oxigênio disponível. No entanto, se o oxigênio faltar, esses seres ou essas células podem degradar a glicose anaerobicamente, realizando a fermentação.

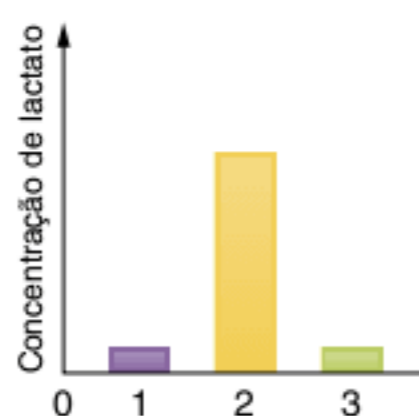
Pergunta-se:

- Na fermentação, o consumo de glicose é maior ou menor do que o usado no processo aeróbico?
- Justifique sua resposta.

**3 Uerj 2008** A concentração de lactato no sangue de uma pessoa foi medida em três diferentes momentos:

- antes do início de um intenso exercício muscular;
- ao final desse exercício;
- algumas horas após seu final.

Os resultados obtidos estão representados no gráfico.



Explique o aumento da concentração de lactato sanguíneo observado e justifique a importância de sua produção para que as reações químicas da glicólise não sejam interrompidas.

**4 Unesp 2008** A realização dos jogos pan-americanos no Brasil, em julho de 2007, estimulou muitos jovens e adultos à prática de atividades físicas. Contudo, o exercício físico não orientado pode trazer prejuízos e desconforto ao organismo, tais como as dores musculares que aparecem quando são realizados exercícios intensos. Uma das possíveis causas dessa dor muscular é a produção e o acúmulo de ácido láctico nos tecidos musculares do atleta. Por que se forma ácido láctico durante os exercícios e que cuidados um atleta amador poderia tomar para evitar a produção excessiva e acúmulo desse ácido em seu tecido muscular?

**5 UFRGS 2001** As células animais para a produção de energia necessitam de oxigênio, enzimas e substrato. Em relação ao processo de produção de energia considere as afirmações a seguir.

- A fosforilação oxidativa ocorre nas mitocôndrias.
- Na fase aeróbica ocorre alta produção de ATP.
- A glicólise possui uma fase aeróbica e outra anaeróbica.

Quais estão corretas?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas I e II.
- Apenas II e III.
- I, II e III.

**6 UFRGS 2007** Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações que seguem, referentes à respiração celular.

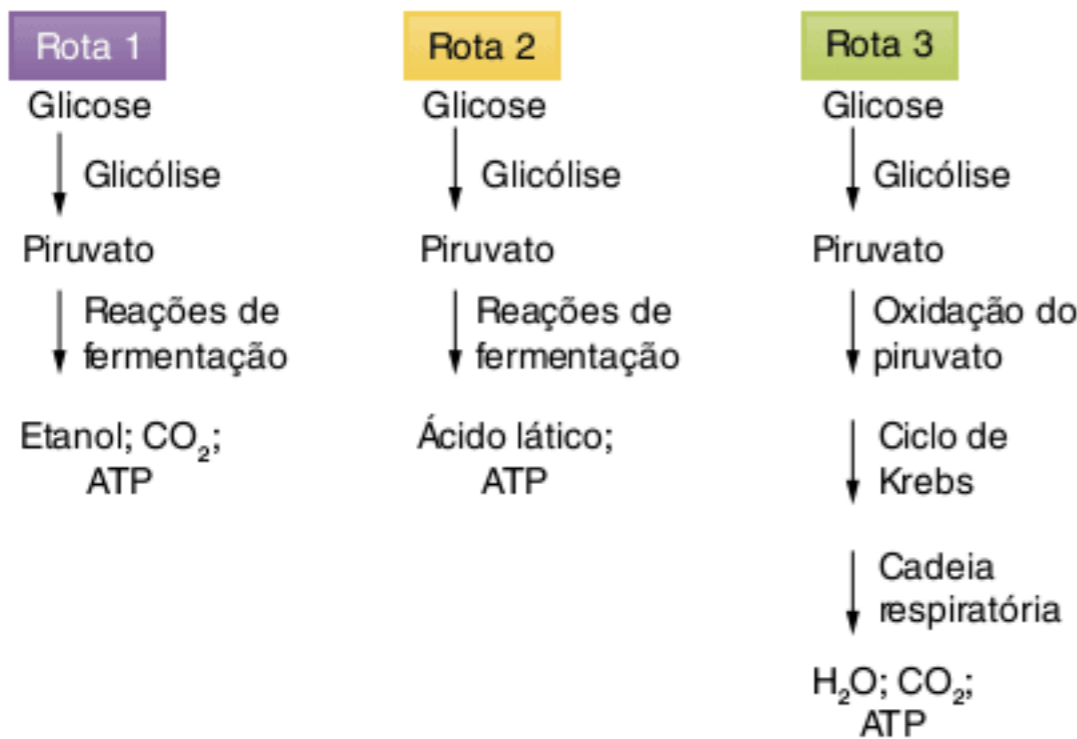
- A respiração celular é constituída por três rotas: a oxidação do piruvato, o ciclo do ácido cítrico e o ciclo das pentoses.
- Nas transferências de íons hidrogênio ao longo da cadeia respiratória, há liberação de elétrons que vão sendo captados por transportadores intermediários como os citocromos.
- No ciclo do ácido cítrico, ocorre uma maior produção de ATP do que durante a fase de glicólise.
- Nos eucariontes, a fase de glicólise ocorre no interior das mitocôndrias e na ausência de oxigênio.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- F – F – F – V.
- F – V – F – V.
- V – V – V – F.
- V – F – V – V.
- F – V – V – F.



**7 Unesp 2005** Os esquemas representam três rotas metabólicas possíveis, pelas quais a glicose é utilizada como fonte de energia.



- Quais rotas ocorrem em ambiente totalmente anaeróbico?
- Cite dois grupos de organismos nos quais se verificam as rotas 1 e 2. Cite dois produtos da indústria alimentícia fabricados a partir dos processos representados nessas rotas.

**8 CEFET-CE 2006** No que diz respeito à fermentação, é correto afirmar que:

- as substâncias orgânicas são completamente degradadas.
- é um processo metabólico predominante entre os autótrofos.
- não pode ser realizado por fungos leveduriformes.
- os produtos finais nunca podem ser de natureza ácida.
- as coenzimas reduzidas ( $\text{NADH}_2$ ) são reoxidadas na etapa final.

**9 Unicamp 2000** No século XVIII foram feitos experimentos simples mostrando que um camundongo, colocado em um recipiente de vidro fechado, morria depois de algum tempo. Posteriormente, uma planta e um camundongo foram colocados em um recipiente de vidro, fechado e iluminado, e verificou-se que o animal não morria.

- Por que o camundongo morria no primeiro experimento?
- Que processos interativos no segundo experimento permitem a sobrevivência do camundongo? Explique.
- Quais as organelas celulares relacionadas a cada um dos processos mencionados na sua resposta ao item b)?

**10 UFU 2006 (Adapt.)** O trecho do poema de Caetano Veloso, citado a seguir, faz referência a um dos principais processos metabólicos que acontecem nos vegetais.

Leia-o atentamente e responda aos itens a seguir.

Luz do Sol

Que a folha traga e traduz

Em verde novo

Em folha, em graça, em vida, em força, em luz ...

- A que processo metabólico o poema está se referindo?
- Em que organela este processo acontece?
- O que é produzido no final deste processo metabólico?

**11 Unifesp 2003** Considere as duas afirmações que seguem.

- A energia luminosa é transformada em energia química.
  - A energia química acumulada é transformada em outra forma de energia química, que permite sua utilização imediata.
- É correto afirmar que:

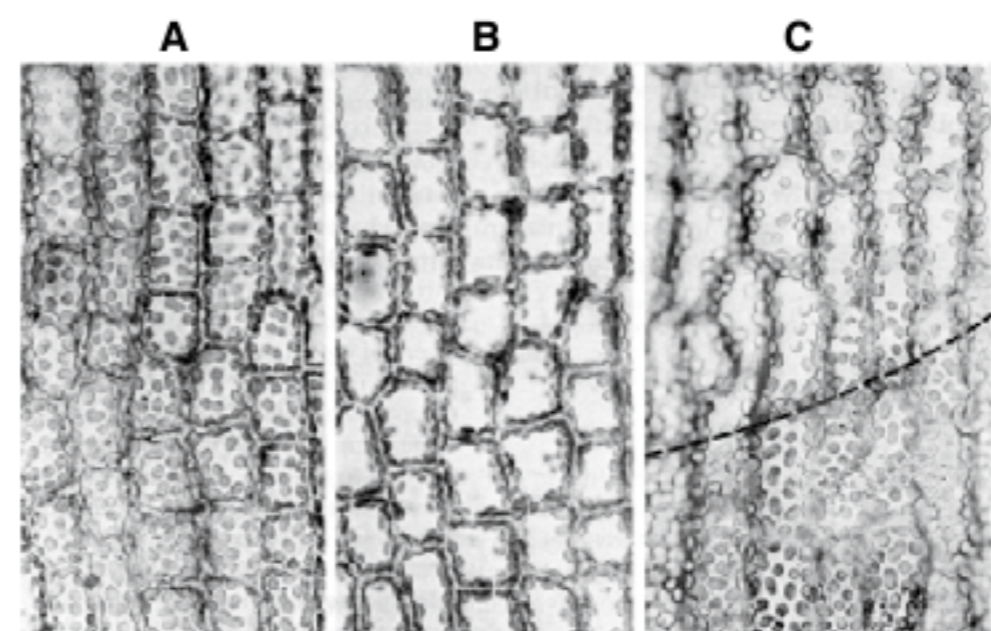
- I corresponde à fotossíntese, e II à quimiossíntese. Ambos os processos ocorrem numa mesma célula, em momentos diferentes.
- I corresponde à fotossíntese, e II à respiração. Esses processos não ocorrem numa mesma célula.
- I corresponde à fotossíntese, e II à respiração. Ambos os processos ocorrem numa mesma célula, em momentos simultâneos.
- I corresponde à quimiossíntese, e II à respiração. Esses processos não ocorrem numa mesma célula.
- I corresponde à fotossíntese, e II à fermentação. Ambos os processos ocorrem numa mesma célula, em momentos diferentes.

**12 Unesp 2004** Considere a tabela.

Organelas	Tipos de células em que estão presentes	Componentes da organela, também presentes no núcleo celular	Função na célula
1	Animal e vegetal	3	Respiração celular
Cloroplastos	2	DNA e RNA	4

- Indique os termos que podem substituir os números 1, 2, 3 e 4, de modo a estabelecer correspondência com suas respectivas colunas e linhas.
- Indique duas características de cada uma das organelas que permitem levantar a hipótese de que elas tenham se originado de bactérias que há milhões de anos associaram-se a outras células em uma relação mutualística.

**13 Uerj 2001** Três preparações de alga foram iluminadas por feixes de luz perpendiculares, de diferentes intensidades. Observe as fotomicrografias A, B e C.



Bruce Alberts et al. *Molecular Biology of the Cell*. New York: Garland Editores, 1983. (Adapt.).

O feixe luminoso foi de baixa intensidade em A e na parte inferior de C (abaixo da linha tracejada); de alta intensidade em B e na parte superior de C (acima da linha tracejada).



Pode-se observar que os cloroplastos:

- tendem a empilhar-se junto às paredes celulares situadas paralelamente ao feixe da luz quando este é muito intenso;
- tendem a se dispor em uma monocamada perpendicular à direção da luz, quando o feixe luminoso é de baixa intensidade.

Explique a vantagem, para a alga, de os cloroplastos assumirem a disposição verificada, quando iluminados com um feixe de baixa intensidade.

**14 Unifesp 2004** No grão de arroz que ingerimos, o amido contido em seu interior encontra-se armazenado, inicialmente:

- (a) dentro do vacúolo da célula vegetal.
- (b) em grânulos dispersos pelo citoplasma.
- (c) no estroma dentro dos cloroplastos.
- (d) nos espaços intercelulares da semente.
- (e) nas vesículas do complexo de Golgi.

**15 Fatec 2007** Várias plantas de espécies diferentes, identificadas por A, B e C, depois de já haverem germinado e crescido alguns centímetros, foram cultivadas em uma estufa especial sob iluminação contínua e constante. Notou-se que as plantas da espécie A não cresceram (continuaram com o mesmo tamanho), as da espécie B morreram, e as da espécie C continuaram a se desenvolver.

Assinale a alternativa correta sobre esses resultados obtidos.

- (a) As plantas da espécie B morreram por estarem sendo iluminadas com intensidade luminosa superior ao seu ponto de compensação fótica.
- (b) As plantas da espécie A não cresceram por estarem sendo iluminadas com intensidade luminosa superior ao seu ponto de compensação fótica.
- (c) As plantas da espécie C continuaram a se desenvolver por estarem sendo iluminadas com intensidade luminosa igual ao seu ponto de compensação fótica.
- (d) As plantas da espécie A continuaram com o mesmo tamanho por estarem sendo iluminadas com intensidade luminosa na qual a taxa de fotossíntese é igual à de respiração.
- (e) As plantas das espécies A e B não conseguiram se desenvolver normalmente, apesar de estarem sob iluminação contínua e constante, provavelmente por serem xerófitas, não conseguindo viver no interior de estufas.

**16 FGV 2009** O ficus 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 ficus, 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.

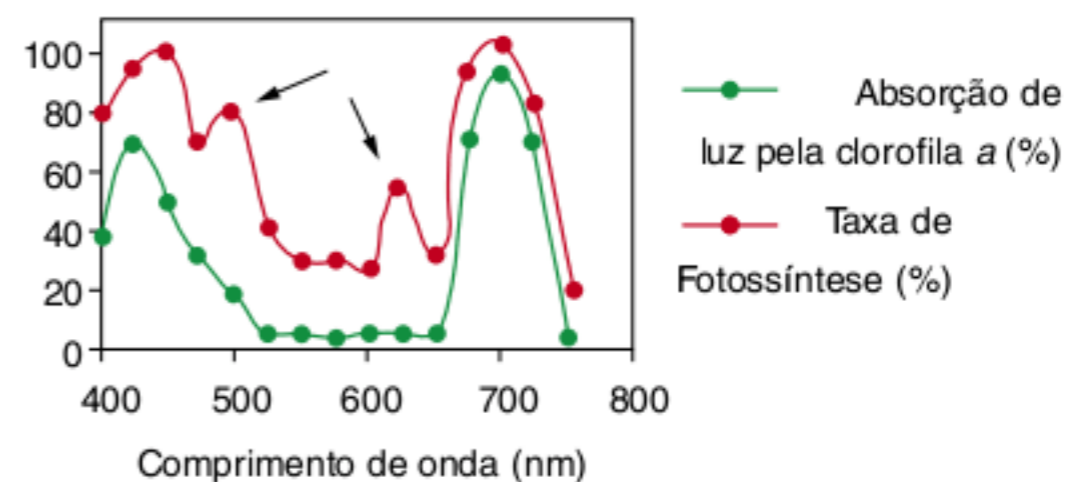
- (b) ambas as plantas foram mantidas acima de seus pontos de compensação fótica. A planta da sala permaneceu em um ambiente com maior concentração de gás carbônico, o que inibiu seu crescimento.

- (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 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.

**17 UFRJ 2001** As plantas, para realizar a fotossíntese, absorvem a luz do sol de comprimento de onda entre 400 e 700 nanômetros. Essa absorção é feita na maioria dos casos através de pigmentos de clorofila. Na figura é mostrado o percentual de luz absorvido pela clorofila *a* de uma planta e a taxa de fotossíntese dessa planta, que é proporcional à quantidade de luz absorvida. Na figura, duas setas indicam dois pontos onde ocorre um aumento da taxa de fotossíntese fora de correspondência com a taxa de absorção da clorofila *a*.



Como pode ser explicado o aumento da taxa de fotossíntese nos pontos indicados pelas setas?

**18 Unesp 2007 (Adapt.)**  $\text{CO}_2$  e temperatura são dois importantes fatores que influenciam o processo de fotossíntese. Trace as curvas que representam a variação na taxa de fotossíntese em resposta à concentração de  $\text{CO}_2$  e essa mesma variação em resposta à variação de temperatura.

**19 Unifesp 2005** O vermelho de cresol é uma substância que serve como indicadora do pH. Em meio alcalino, torna-se roxa; em meio ácido, amarela. Num estudo sobre taxa de fotossíntese, foi realizado o seguinte experimento:





Sabendo que o vermelho de cresol absorve o  $\text{CO}_2$  do meio e permanece em solução na forma de ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), responda.

- Em qual tubo, A ou B, houve maior taxa de fotossíntese? Justifique sua resposta.
- Explique o que ocorreu no outro tubo com relação à fisiologia da planta que ali se encontra.

**20 UEPG 2001** Sobre o processo da fotossíntese, assinale o que for correto.

- Em condições de alta luminosidade, os cloroplastos tendem a formar grandes quantidades de açúcares.
- Em condições de baixa luminosidade, os cloroplastos tendem a produzir grandes quantidades de aminoácidos.
- Temperaturas superiores a  $45^\circ\text{C}$  estimulam o aumento da taxa de fotossíntese em plantas mantidas em condições ideais de luminosidade e concentração de gás carbônico.
- No ambiente natural, em condições ideais de luminosidade e temperatura, o  $\text{CO}_2$  é fator limitante do processo de fotossíntese.
- Luzes de cores diferentes, com diferentes comprimentos de onda, influem igualmente no processo fotossintético.

Soma =

**21 UFPE 2006** A taxa fotossintética é influenciada por diferentes fatores, entre os quais a temperatura e a concentração de gás carbônico. Ela varia em função dos comprimentos de onda da luz visível. Com relação a esse assunto, analise as proposições a seguir.

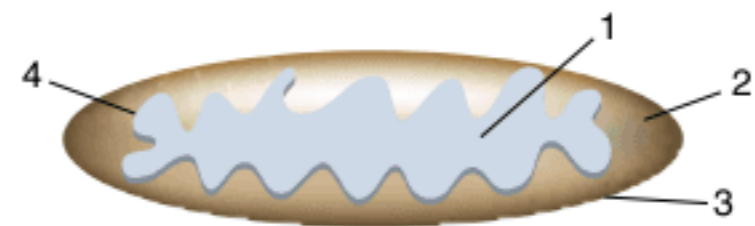


- O gráfico (A) ilustra a influência da concentração do dióxido de carbono na taxa de fotossíntese.
- A taxa fotossintética varia em diferentes vegetais; o gráfico (B) ilustra a influência da temperatura na taxa de fotossíntese.
- O gráfico (C) serve para ilustrar a variação das taxas fotossintéticas em vários comprimentos de onda da luz branca, em que o primeiro e o segundo picos observados correspondem, respectivamente, à absorção da cor azul e da vermelha.

- A taxa de fotossíntese é máxima a uma determinada concentração de gás carbônico, sob elevada intensidade luminosa; o gráfico (B) ilustra a relação entre essas variáveis.
- Em (A), ilustra-se a variação na taxa de fotossíntese em função da temperatura; e em (C), em função da concentração de gás carbônico.

**22 Uerj 2004** Os compartimentos e membranas das mitocôndrias contêm componentes que participam do metabolismo energético dessa organela, cujo objetivo primordial é o de gerar ATP para uso das células.

No esquema a seguir, os compartimentos e as membranas mitocondriais estão codificados pelos números 1, 2, 3 e 4.



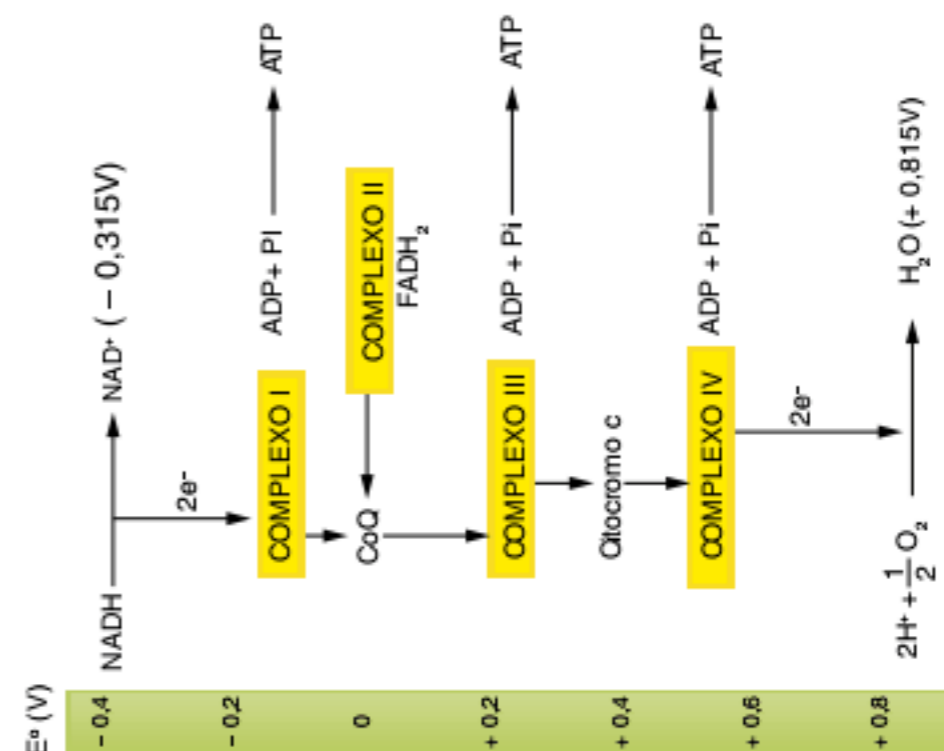
Considere os seguintes componentes do metabolismo energético: citocromos, ATP-sintase e enzimas do ciclo de Krebs.

Estes componentes estão situados nas estruturas mitocondriais codificadas, respectivamente, pelos números:

- 1, 2 e 4.
- 3, 3 e 2.
- 4, 2 e 1.
- 4, 4 e 1.

**23 UFOP 2008** O aproveitamento de energia proveniente dos elétrons dos átomos de hidrogênio oriundos das coenzimas NADH e  $\text{FADH}_2$  inicia-se quando esses elétrons começam a percorrer a cadeia transportadora de elétrons ou cadeia respiratória, que é uma sequência de carreadores, dentre os quais estão os citocromos.

Baseado na figura a seguir e em seus conhecimentos sobre fundamentos de bioenergética, assinale a alternativa correta.

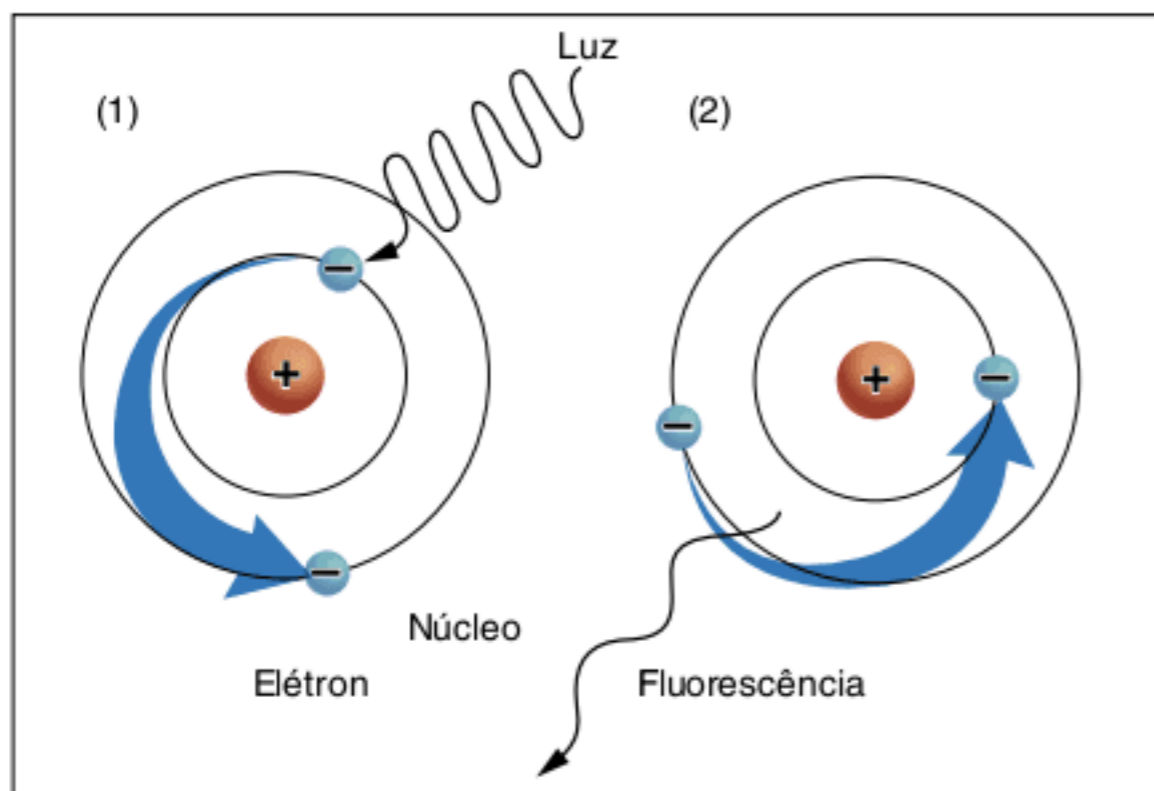


- Os componentes da cadeia respiratória (complexos I, II, III e IV; CoQ ou ubiquinona e citocromo C) estão localizados nas membranas externa e interna das mitocôndrias.



- (b) Os elétrons provenientes das coenzimas NADH e FADH<sub>2</sub>, fluem ao longo dos componentes a partir de um doador que possui um potencial redox-padrão mais positivo para um que tem um potencial de redução mais negativo, como indicado pela figura (E<sup>0</sup> é o potencial redox-padrão).
- (c) À medida que os elétrons passam pelos componentes da cadeia transportadora, vão gradualmente ganhando energia, que a célula utiliza na geração de ATP, unindo grupos fosfatos ao ADP, um processo dependente de oxigênio, sendo denominado fosforilação oxidativa.
- (d) No fim da cadeia respiratória, os elétrons de hidrogênio e os prótons H<sup>+</sup> são recolhidos pelo oxigênio, formando moléculas de água. Cada molécula de oxigênio consumirá 4 elétrons e 4H<sup>+</sup> para formar duas moléculas de água.

**24 UFRJ 2003** Moléculas de clorofila isoladas são capazes de absorver luz, resultando na passagem de elétrons para níveis com maior energia potencial (Fig. 1). Com o retorno dos elétrons excitados para seus níveis energéticos de origem, a clorofila emite fluorescência vermelha (Fig. 2). No entanto, quando a clorofila está em cloroplastos íntegros, ela absorve luz, mas praticamente não emite fluorescência.



Explique por que a clorofila em cloroplastos íntegros praticamente não emite fluorescência quando é iluminada.

**25 CEFET-MG 2006** A fotossíntese, principal processo autotrófico, é dividida em várias etapas e realizada pelos seres clorofilados.

Com relação a esse fenômeno, é incorreto afirmar que:

- (a) a etapa fotoquímica ocorre nos tilacoides.
- (b) a fotofosforilação cíclica se processa no escuro.
- (c) a fotólise da água libera oxigênio para o meio ambiente.
- (d) os produtos originados na fase clara são empregados na fase escura.

**26 PUC-MG 1999** O processo fotossintético de uma célula eucariota é ATP-dependente e ocorre mesmo quando o cloroplasto é isolado da célula. Esse ATP é diretamente proveniente da:

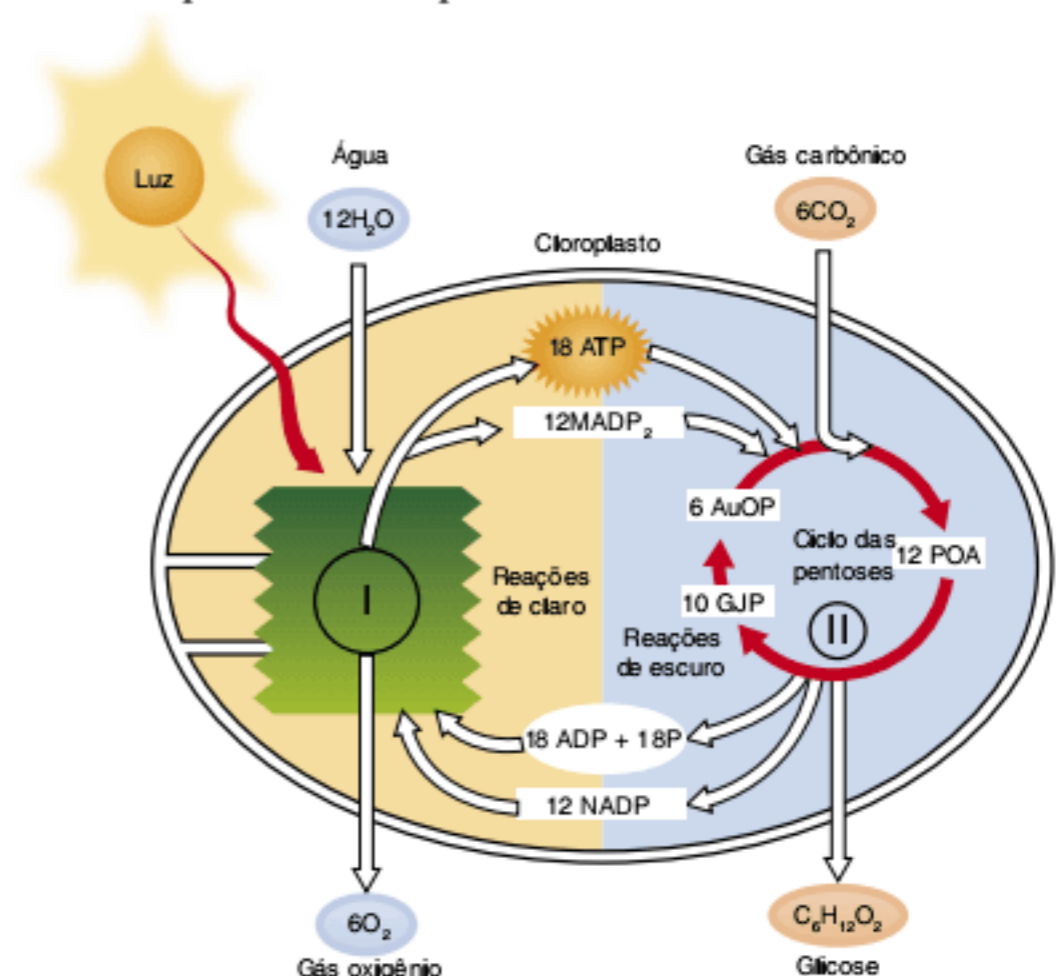
- (a) quebra da molécula de água.
- (b) atividade mitocondrial.

- (c) redução das moléculas de CO<sub>2</sub>.
- (d) fotofosforilação cíclica e acíclica.
- (e) oxidação da molécula de oxigênio.

**27 PUC-SP 2002** No interior de uma célula vegetal, a quebra de moléculas de água que se dá na etapa fotoquímica do processo de fotossíntese fornece íons hidrogênio, elétrons e oxigênio. Com relação a esses produtos, pode-se afirmar que:

- (a) o oxigênio é utilizado na atividade dos cloroplastos e os íons hidrogênio, e os elétrons na atividade das mitocôndrias.
- (b) os íons hidrogênio e os elétrons são utilizados na atividade dos cloroplastos, e o oxigênio na atividade das mitocôndrias.
- (c) o oxigênio e os elétrons são utilizados na atividade dos cloroplastos, e os íons hidrogênio na atividade das mitocôndrias.
- (d) o oxigênio e os íons hidrogênio são utilizados na atividade dos cloroplastos, e os elétrons na atividade das mitocôndrias.
- (e) os três produtos são utilizados na atividade dos cloroplastos e das mitocôndrias.

**28 UFPel 2007** A fotossíntese, que corresponde à síntese de matéria orgânica a partir de compostos inorgânicos simples, é um processo de produção de energia realizado pelas plantas, do qual depende toda a vida no planeta. A figura mostra um esquema do cloroplasto e as etapas da fotossíntese.



J.M. Amabis; G.R. Martho. Conceitos de Biologia. São Paulo: Moderna, 2001. v. 1.

Com base nos textos e em seus conhecimentos, analise as seguintes afirmativas.

- I. Na etapa fotoquímica (I), ocorre a fotofosforilação, em que ATPs são produzidos com a utilização de energia liberada pelos elétrons. Esses elétrons são energizados ao serem captados e transportados por uma cadeia nos tilacoides do cloroplasto, após a clorofila ter recebido a energia luminosa.
- II. O oxigênio produzido na fotossíntese é oriundo da fotólise da água, que ocorre na etapa fotoquímica (I). Os íons H<sup>+</sup> resultantes da decomposição da água se combinam com os elétrons energizados captados pelo NADP, formando NADPH<sub>2</sub>, o qual será utilizado na produção da glicose.



- III. A glicose é produzida a partir do  $\text{CO}_2$ , sem gasto de energia, uma vez que essa foi utilizada na fotofosforilação. Na etapa química (II), que ocorre nos tilacoides do cloroplasto, são utilizados, ainda, para produzir a glicose, hidrogênios oriundos da fotólise da água.
- IV. A fotossíntese é realizada também por algas e certas bactérias, organismos que apresentam cloroplastos bem-estruturados, como nos vegetais.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

**29 UFPel 2008** A presença de folhas brancas ou variegadas pode dever-se a uma série de fatores. As folhas brancas herdadas são oriundas de mutações em genes do núcleo da célula, das mitocôndrias ou dos plastos. Tais mutações resultam, direta ou indiretamente, na incapacidade de acumular pigmentos fotossintéticos. Assim, as regiões brancas não são capazes de realizar a fotossíntese.

*Ciência Hoje*, v. 40, ago. 2007. (Adapt.).

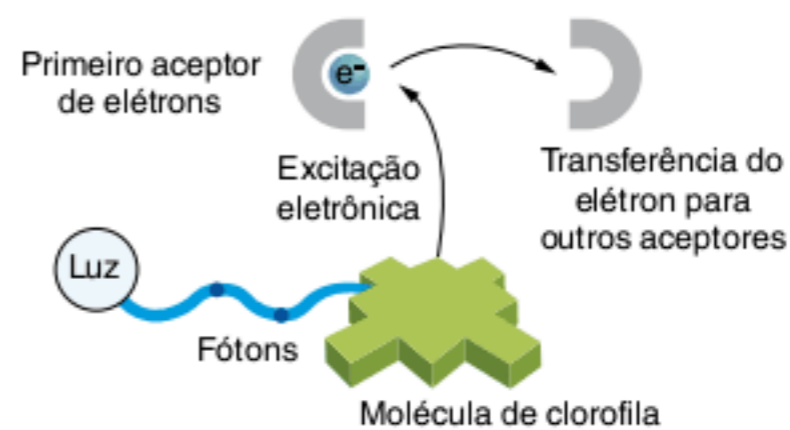
Com base no texto e em seus conhecimentos, analise as seguintes afirmativas.

- I. Os cloroplastos, organelas que apresentam DNA, podem sofrer mutação genética que acarreta a incapacidade de acumular clorofila – pigmento encontrado nos tilacoides –, inviabilizando o processo fotossintético.
- II. Os plastos são formados a partir de protoplastos, em que cada célula especializada origina um tipo de plasto diferente, o qual é incapaz de se transformar em outro tipo de plasto. Ocorrendo a mutação, cloroplastos não são formados, o que torna as folhas brancas.
- III. O cloroplasto é envolto por duas membranas lipoproteicas e possui internamente um elaborado sistema de bolsas membranosas interligadas. Em folhas verdes, no interior destas bolsas, existe DNA, RNA e ribossomos; já nas folhas brancas não ocorrem ribossomos, o que ocasiona a não produção de clorofila.
- IV. Nas regiões brancas das folhas não ocorre a etapa fotoquímica, que compreende a fotofosforilação e a fotólise da água. Nas folhas verdes, a clorofila, ao receber energia da luz, emite elétrons energizados, os quais são captados e transportados por uma cadeia de substâncias presentes na membrana do tilacoide, liberando gradativamente sua energia.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

**30 Cesgranrio 1997**



Amabis; Martho. *Biologia*. v. 2.

Observe o esquema anterior e analise as seguintes afirmações:

- I. A transferência de elétrons para os aceptores permite a transformação de energia luminosa em energia química.
- II. Na ausência de aceptores de elétrons, poderia haver a ocorrência do fenômeno conhecido como fluorescência.
- III. Quando excitada pela luz, a clorofila absorve principalmente luz verde.

A(s) afirmação(ões) correta(s) é(são):

- (a) apenas a I.  
 (b) apenas a II.  
 (c) apenas a I e a II.  
 (d) apenas a I e a III.  
 (e) apenas a II e a III.

**31 UEL 1997** Pode-se esperar que uma planta com deficiência de magnésio apresente:


- (a) folhas de cor verde-escura.  
 (b) células meristemáticas mortas.  
 (c) frutos e sementes imaturos.  
 (d) células incapazes de realizar transporte ativo.  
 (e) folhas pálidas, amareladas ou esbranquiçadas.



# Origem dos primeiros seres vivos

# 9

FRENTE 1

A large meteorite streaks across the dark sky, leaving a bright, glowing trail. Below it, a view of Earth from space shows the continents of South America and Africa. The background is a starry night sky.

Há cerca de 65 milhões de anos, no período Cretáceo da era Mesozoica, um grande meteorito colidiu com a Terra. Com o impacto, foi levantada uma grande nuvem de pó, que recobriu o planeta por alguns anos; depois o pó voltou a se depositar na superfície da Terra. Durante esse tempo, a atmosfera sofreu grandes mudanças em termos de luminosidade e de aspectos climáticos. Os cientistas supõem que essas alterações tenham levado à extinção dos dinossauros e de muitos outros organismos. Antes disso tudo, há bilhões de anos, o planeta sofreu uma outra grande mudança: o aparecimento do gás oxigênio, liberado por organismos procariontes. Este capítulo discute algo ainda mais remoto: a origem dos primeiros seres vivos no planeta.



## Introdução

No capítulo 4 da Frente 1, foi discutida a noção de que todos os seres vivos originam-se de seres vivos preexistentes por meio da reprodução. Isso se relaciona com a visão da biogênese, definitivamente demonstrada por Pasteur. No entanto, a biogênese suscita uma questão: se um ser vivo vem de outro, que procede de outro e assim sucessivamente, como surgiu o primeiro ser vivo? Essa pergunta despertou o interesse de vários cientistas. Discutiremos, neste capítulo, algumas ideias acerca do problema.

Nosso planeta tem cerca de 4,7 bilhões de anos e, inicialmente, era uma massa incandescente. Tempestades frequentes, ao longo de milhões de anos, contribuíram para o resfriamento da superfície do planeta e para a consolidação da crosta terrestre. A intensa atividade vulcânica liberou gases que contribuíram para a formação da atmosfera primitiva. Com o tempo, a água da chuva acumulou-se em depressões da crosta terrestre, formando lagos e oceanos.

## Hipótese da panspermia

Muitos cientistas consideram que a vida em nosso planeta é procedente do espaço. Um de seus defensores foi o químico Arrhenius. Por meio de meteoritos, seres microscópicos poderiam ter chegado à Terra e iniciado a colonização do planeta. Muitos cientistas se opuseram a essa visão, argumentando que meteoritos, ao entrarem na atmosfera, acabam se convertendo em uma massa incandescente pelo atrito contra o ar, e isso inviabilizaria a sobrevivência de qualquer forma de vida. Atualmente, alguns cientistas têm se apoiado na existência de arqueas encontradas em rochas, localizadas muitos metros abaixo da superfície e que realizam processos de quimiossíntese como indício dessa teoria. Alguns argumentam que, no interior de um grande meteorito, organismos semelhantes a arqueas poderiam ter sobrevivido em sua entrada na nossa atmosfera.

Em muitas partes do universo, há abundância de matéria orgânica. Amostras coletadas de meteoritos na superfície da Terra revelavam a presença de aminoácidos e de outras substâncias orgânicas. Nas últimas décadas, o ser humano vem empreendendo uma busca sistemática de informações acerca do universo, com estações espaciais, sondas espaciais, naves tripuladas e potentes telescópios. Um fato constatado é que há matéria orgânica espalhada pelo universo e que ela é a base da constituição dos seres vivos. Alguns cientistas supõem que talvez a vida possa ter se originado em outros locais além da Terra. O termo **panspermia** (*Pan*: geral, total; *spermia*: semente) pode ser entendido como “vida semeada” no universo em geral.

## Hipótese de Oparin

Em 1924, o bioquímico russo Aleksandr Oparin elaborou uma hipótese para esse problema, também conhecida como **hipótese da evolução química dos seres vivos**. Segundo Oparin, a vida surgiu na própria Terra e não de organismos provenientes do espaço (Fig. 1).

Baseando-se em informações da geologia e da astronomia, Oparin considerou que a **atmosfera primitiva** era bem diferente da atual. As condições físicas da atmosfera primitiva seriam: as altas temperaturas, elevada quantidade de radiação ultravioleta (não havia a camada de ozônio) e intensas tempestades, com muitos raios. A composição química da atmosfera primitiva, segundo Oparin, seria de vapor-d’água, de metano, de amônia e de gás hidrogênio. Nessas condições, os componentes da atmosfera, dispendo de muita energia (temperatura elevada e raios), reagiram entre si e deram origem a aminoácidos, que foram levados pela chuva à superfície da terra e dos mares e lagos primitivos. Nas rochas ainda aquecidas, os aminoácidos teriam reagido, formando proteínas; devido à chuva, essas proteínas foram carregadas para os mares, que começaram a se

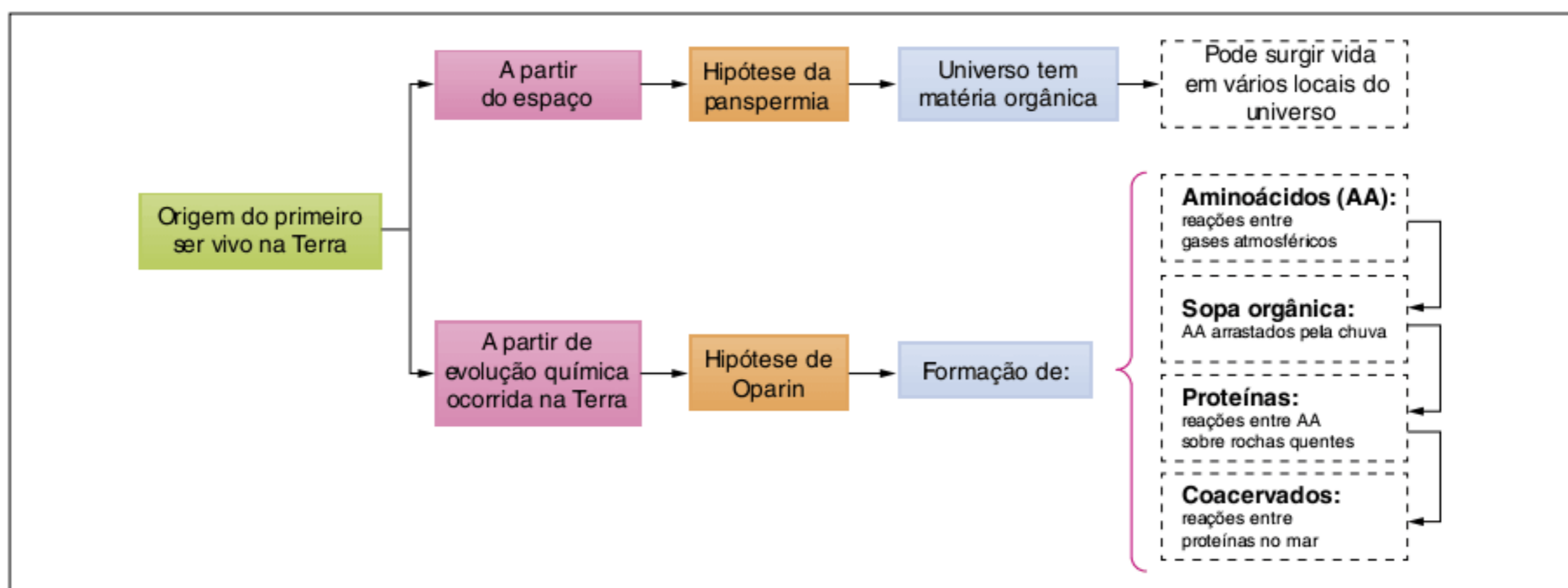


Fig. 1 Comparação das hipóteses sobre a origem da vida na Terra: hipótese da panspermia e hipótese de Oparin.



enriquecer com compostos orgânicos, formando uma espécie de “sopa orgânica”. As proteínas passaram a formar blocos conhecidos como **coacervados**, envolvidos por uma película de água, denominada pelos químicos como camada de solvatação (Fig. 2).

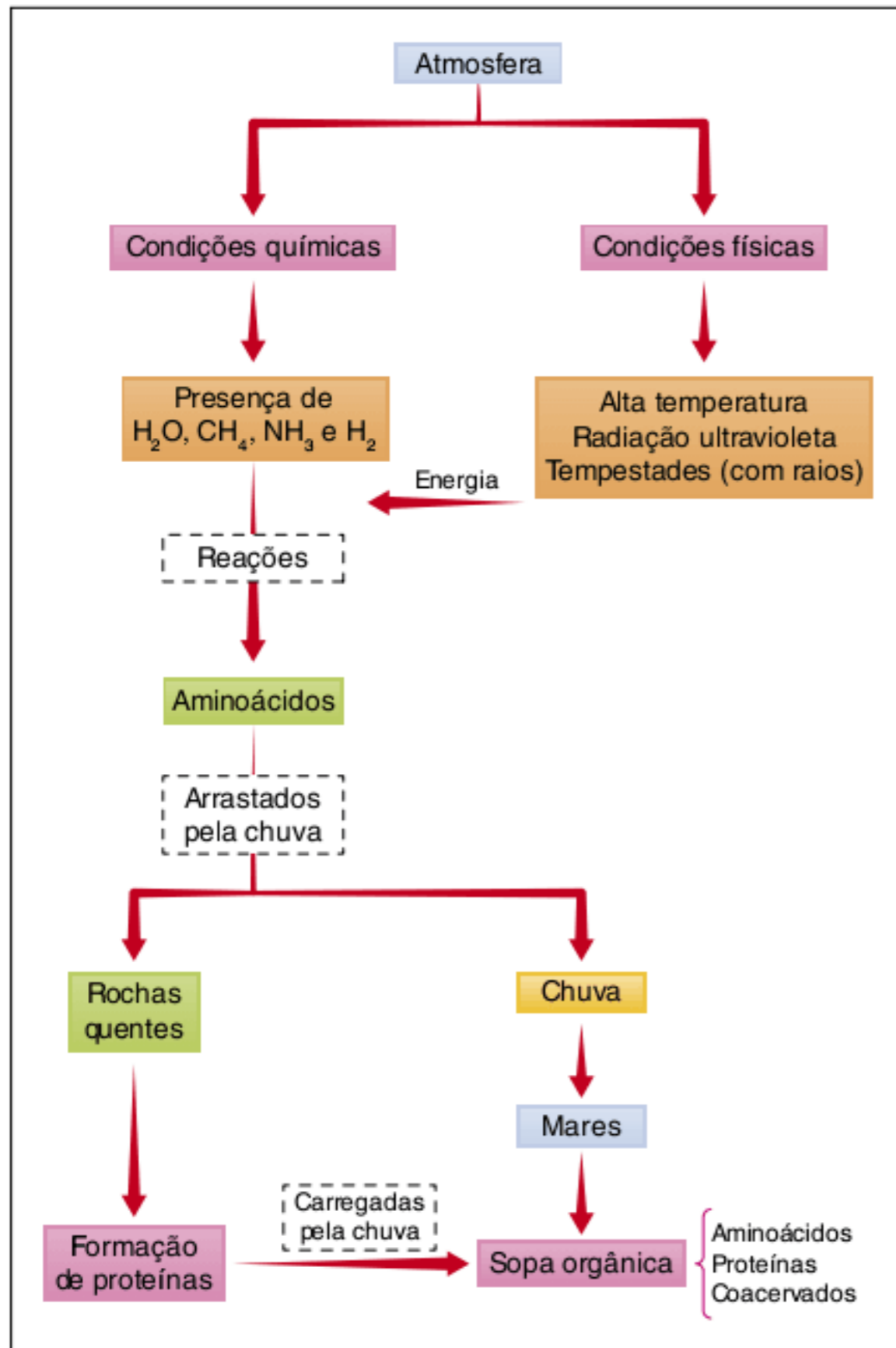


Fig. 2 Esquema representativo de algumas etapas da hipótese de Oparin.

Com o tempo, começaram a ocorrer reações químicas no interior dos coacervados, que se tornaram diferentes do meio externo. Em um certo ponto da evolução química, surgiu o material genético, que permitiu controlar as reações químicas e possibilitou a reprodução. Isso teria sido o primeiro ser vivo, um organismo bastante simples e que se nutria dos compostos orgânicos presentes no oceano primitivo (Fig. 3).

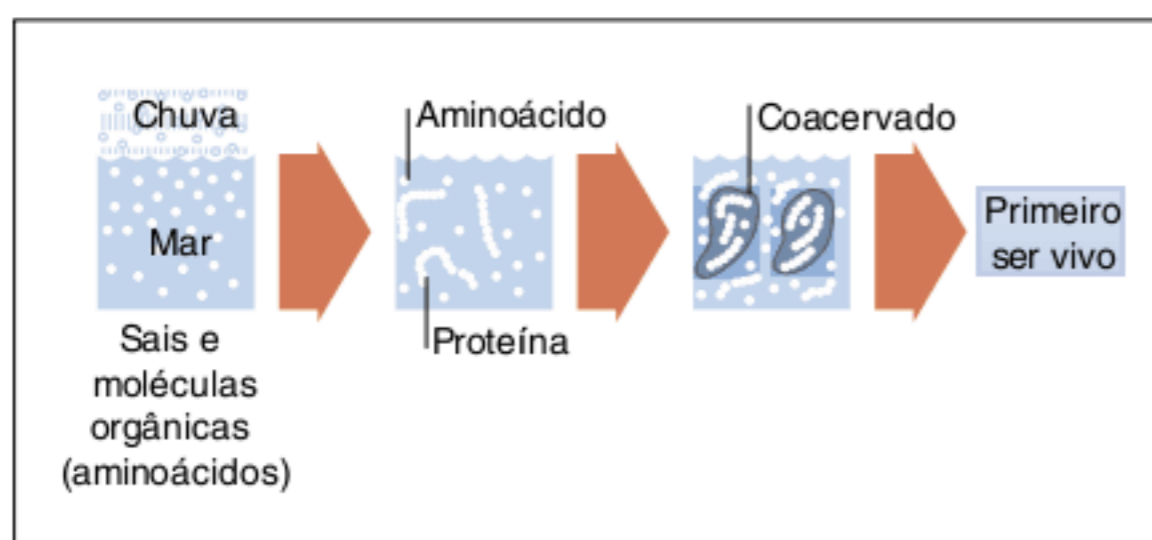


Fig. 3 Esquema de formação dos coacervados. Sua evolução química pode ter gerado o primeiro ser vivo.

### Testes da hipótese de Oparin

Oparin realizou experimentos que comprovavam a formação de coacervados em meio aquoso. No entanto, como era possível testar sua hipótese acerca da formação de aminoácidos na atmosfera primitiva? E quanto à provável formação de proteínas em rochas quentes da superfície do planeta? Na década de 1950, cientistas americanos fizeram simulações, tentando reproduzir em laboratório as condições da Terra primitiva e, assim, testar a viabilidade da hipótese de Oparin.

Em 1953, Miller e Urey elaboraram um equipamento que simulava a atmosfera primitiva, nas condições que Oparin havia concebido. O equipamento constava de um balão com prováveis componentes da atmosfera primitiva: o metano, o vapor-d’água, a amônia e o gás hidrogênio, com pares de eletrodos conectados que produziam faíscas, simulando os raios da atmosfera (Fig. 4). O experimento foi realizado durante uma semana e, após esse tempo, o material do interior do equipamento foi recolhido e analisado. Foram encontrados aminoácidos e muitas outras substâncias orgânicas, como monossacarídeos e bases nitrogenadas. Assim, o experimento indicou que a hipótese de Oparin tinha credibilidade.

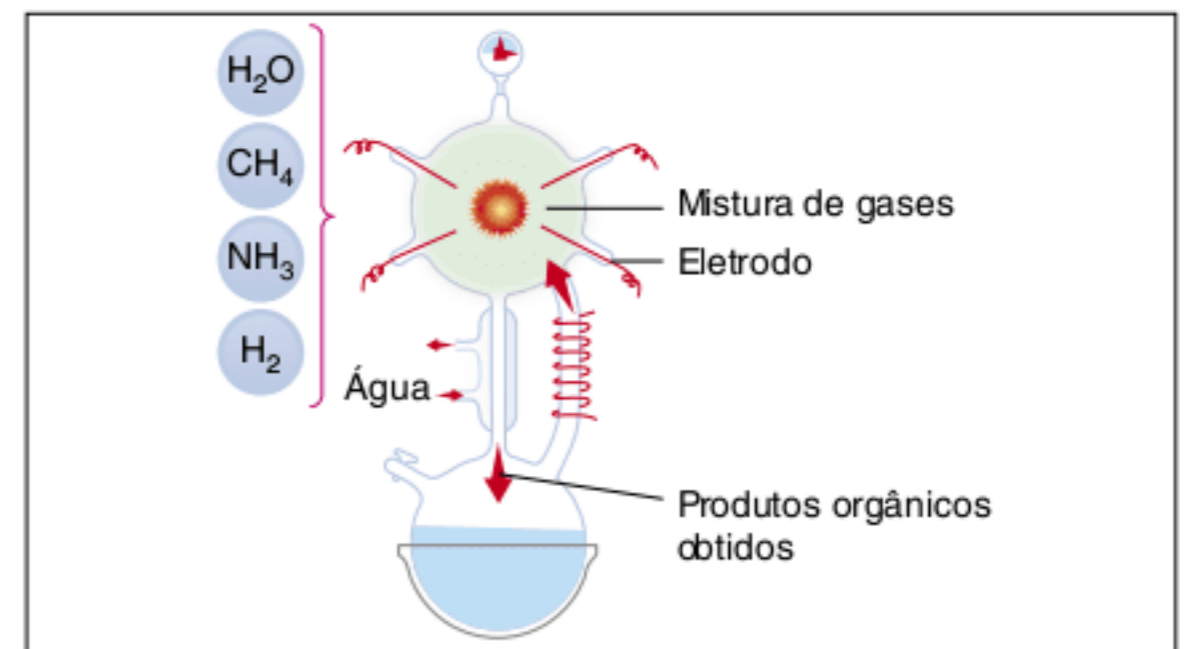


Fig. 4 Esboço do equipamento elaborado por Miller e Urey. Em seu interior, foram colocados os gases supostamente presentes na atmosfera primitiva; faíscas geradas a partir de eletrodos próximos simulavam raios da atmosfera.

Em 1957, Sidney Fox aqueceu uma mistura seca de aminoácidos em um recipiente de porcelana e obteve proteínas. Esse experimento também corrobora a hipótese de Oparin, pois explica a formação de proteínas sobre rochas quentes da superfície da Terra. Fox também observou que proteínas em meio aquoso aglomeravam-se, constituindo o que ele denominou de **microesferas** (Fig. 5).

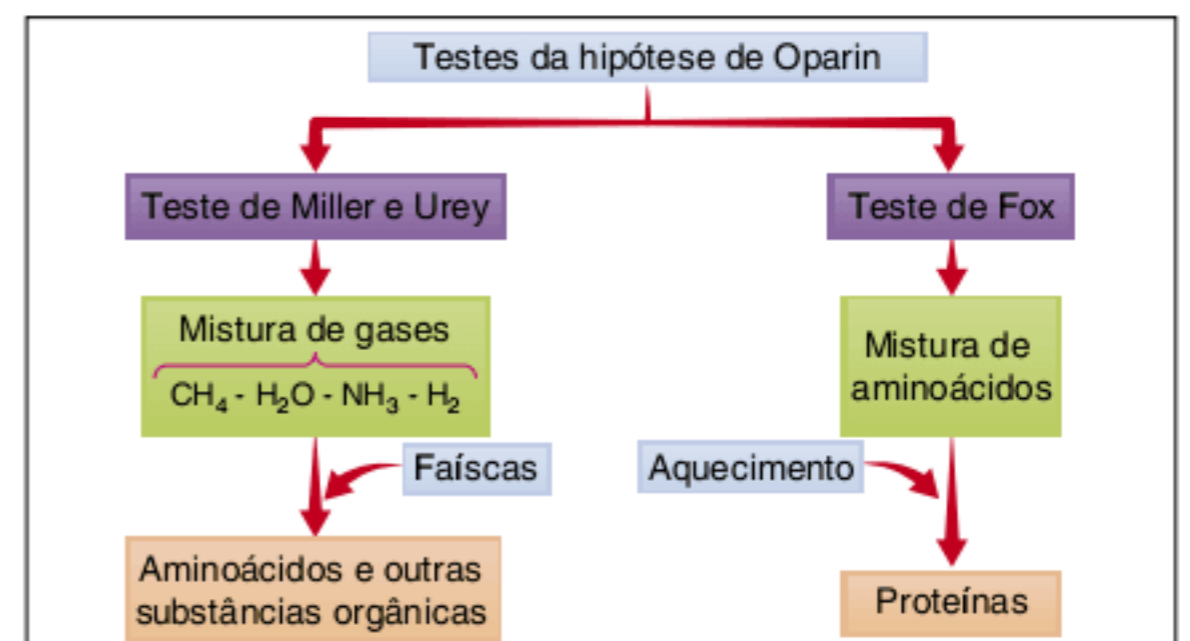


Fig. 5 Representação esquemática dos experimentos de Miller-Urey e de Fox. Os resultados desses experimentos revelaram que a hipótese de Oparin tinha credibilidade.



## Hipóteses heterotrófica e autotrófica – visão tradicional

A hipótese de Oparin mostrou uma possibilidade para o surgimento do primeiro ser vivo. Os cientistas que seguiram Oparin fizeram algumas suposições sobre as características desse organismo, que seria um ser vivo com grande simplicidade estrutural, procarionte e unicelular. Quanto à modalidade de nutrição, havia defensores de que esse organismo era autótrofo, produzindo matéria orgânica por meio da fotossíntese. A origem do carbono utilizado na fotossíntese seria uma falha na hipótese autotrófica, pois a atmosfera primitiva, na suposição de Oparin, não tinha gás carbônico.

Para outros cientistas, o primeiro ser vivo era heterótrofo; eles argumentavam que a produção de matéria orgânica por fotossíntese seria um processo muito complexo e incompatível com a simplicidade do primeiro ser vivo. A fonte de alimento seria a sopa orgânica, formada pelo mar onde a vida havia surgido. Outra característica desse primeiro organismo era sua incapacidade de realizar respiração para obter energia, uma vez que não havia gás oxigênio disponível na atmosfera primitiva;

por isso, o primeiro organismo deveria ser fermentador. O processo de fermentação pode desprender gás carbônico.

Com o tempo, teriam ocorrido mutações, gerando seres capazes de realizar fotossíntese. O gás carbônico estava disponível, uma vez que havia sido liberado pela fermentação. A fotossíntese produz gás oxigênio, que pode ser usado na respiração celular.

Quando o  $O_2$  surgiu, houve uma grande extinção, pois muitos organismos não sobreviveram à sua presença. O gás oxigênio é um poderoso oxidante e pode alterar quimicamente muitas substâncias, determinando a formação de radicais livres, altamente reativos e capazes de provocar danos a diversas moléculas. Os organismos que sobreviveram a essa atmosfera oxidante deram origem, por meio de mutações, a seres capazes de realizar respiração aeróbia, aumentando muito a eficácia de obtenção de energia contida no alimento. Por outro lado, a fotossíntese disponibilizou mais alimento e gás oxigênio. Uma parte do gás oxigênio foi empregada na formação da camada de ozônio, protegendo o planeta contra a radiação ultravioleta. Isso abriu caminho para a exploração de ambientes terrestres, uma vez que a vida só era possível dentro da água e a uma certa distância da superfície.

## Revisando

**1** Segundo Oparin, quais seriam os componentes da atmosfera primitiva?

---

---

---

---

**2** Na hipótese de Oparin, quais seriam as modalidades de energia mais abundantes na atmosfera primitiva?

---

---

---

---

**3** De acordo com Oparin, quais seriam os produtos orgânicos gerados na atmosfera primitiva?

---

---

---

---

**4** Como Oparin explicou o surgimento de proteínas na Terra primitiva?

---

---

---

---



**5** O que são coacervados?

---

---

---

---

---

---

---

---

**6** Acerca do primeiro ser vivo, quais foram as duas versões iniciais sobre sua forma de nutrição?

---

---

---

---

---

---

---

---

**7** Quais foram os benefícios do surgimento do gás oxigênio para o planeta e para os seres vivos?

---

---

---

---

---

---

---

---

**8** Atualmente, como se considera a composição química da atmosfera primitiva?

---

---

---

---

---

---

---

---

**9** Na visão mais moderna, como seriam o material genético e a nutrição do primeiro ser vivo?

---

---

---

---

---

---

---

---

## Exercícios propostos

**1 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.

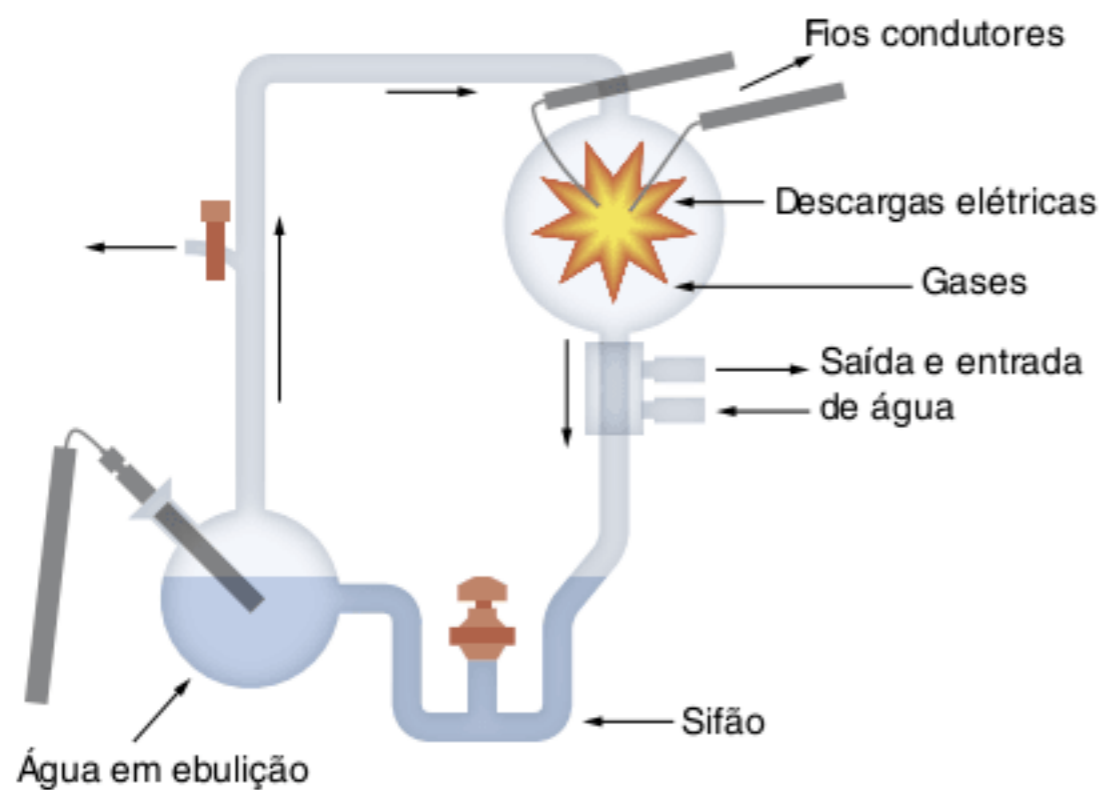
- (d) a possibilidade de extração de água visando ao seu aproveitamento futuro na Terra.
- (e) a viabilidade, em futuro próximo, do estabelecimento de colônias humanas em Marte.

**2 CEFET-CE 2007** O professor, químico e cientista Stanley Miller ficou famoso por ter sido o primeiro a demonstrar que moléculas orgânicas necessárias à vida poderiam ser geradas em laboratório. Miller conseguiu produzir, em seu experimento, as moléculas:

- (a) polissacarídeos.
- (b) triglicerídeos.
- (c) moléculas de benzeno.
- (d) aminoácidos.
- (e) DNA e RNA.



**3 CEFET-CE 2004** O experimento a seguir foi elaborado por Stanley Miller em 1953, com o intuito de testar a hipótese de que moléculas orgânicas podem ter se formado nas condições atmosféricas da Terra primitiva. Marque o item que indica os gases utilizados na experiência e as substâncias orgânicas que foram sintetizadas.



	Gases utilizados	Substâncias orgânicas sintetizadas
(a)	metano, amônia, vapor-d'água, hidrogênio	aminoácidos
(b)	metano, amônia, vapor-d'água, nitrogênio	carboidratos
(c)	metano, vapor-d'água, nitrogênio, hidrogênio	ácidos nucleicos
(d)	metano, vapor-d'água, nitrogênio, dióxido de carbono	lipídeos
(e)	metano, vapor-d'água, nitrogênio, dióxido de carbono	aminoácidos

**4 Unesp 2005** 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 constituiu-se, provavelmente, em um dos primeiros passos para a origem da vida, qual seja, o isolamento de macromoléculas do meio circundante.

Em relação a estas afirmações, podemos indicar como corretas:

- (a) I, apenas.
- (b) II, apenas.
- (c) I e II, apenas.
- (d) II e III, apenas.
- (e) I, II e III.

**5 CEFET-MG 2005** Sobre o surgimento da vida no planeta, afirma-se que:

- I. o primeiro organismo era heterótrofo e apresentava uma pequena coleção enzimática.
- II. os primeiros seres que surgiram eram autótrofos, porque havia uma grande escassez de alimento.
- III. o aparecimento dos primeiros heterótrofos levou à formação de coacervados nos mares primitivos.
- IV. o surgimento de moléculas complexas, como as proteínas, antecede o aparecimento dos aminoácidos.
- V. os raios ultravioleta e as descargas elétricas são fundamentais na formação de moléculas orgânicas simples.

São corretas as afirmações:

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

**6 UFU 2004** Várias hipóteses foram formuladas para explicar a origem da vida, sendo que a mais aceita é a da evolução gradual dos sistemas químicos. Aceitando-se esta hipótese, e as supostas condições da atmosfera primitiva da Terra, formada de metano ( $\text{CH}_4$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) e vapores-d'água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), assinale a alternativa correta.

- (a) Os primeiros seres vivos eram heterotróficos aeróbicos porque, com a fermentação de moléculas orgânicas, conseguiam obter energia e também liberar oxigênio suficiente para realizarem a respiração.
- (b) Os primeiros seres vivos eram autotróficos fotossintetizantes, uma vez que eram capazes de quebrar moléculas de água existentes nos vapores atmosféricos e utilizar o metano como fonte de carbono.
- (c) Os primeiros seres vivos foram heterotróficos anaeróbicos, porque a atmosfera primitiva não apresentava oxigênio e gás carbônico, essenciais para a respiração aeróbica e a fotossíntese.
- (d) Os primeiros seres vivos foram formados pela coacervação de moléculas orgânicas encontradas em meteoritos que caíram na Terra primitiva.

**7 Fatec 2000** Uma das hipóteses sobre a origem da vida admite as seguintes ocorrências:

- I. aquisição do processo de fotossíntese
- II. formação de coacervados
- III. aquisição do processo de respiração aeróbica
- IV. utilização do alimento ambiental
- V. aquisição do processo de fermentação

A ordem dessas ocorrências é:

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



**8 Fatec 1999** Sobre a origem da vida, é correto afirmar:

- (a) A presença de oxigênio na atmosfera primitiva é uma evidência de que o processo de fotossíntese foi utilizado pelas primeiras formas de vida.
- (b) Os primeiros seres vivos eram heterótrofos e obtinham energia por meio da fermentação.
- (c) Moléculas orgânicas complexas existentes nos mares primitivos indicam ter sido a respiração aeróbica o primeiro processo de obtenção de energia utilizado pelos seres vivos.
- (d) Os primeiros seres vivos eram autótrofos e obtinham energia por meio da fermentação ou da respiração aeróbica.
- (e) Os primeiros seres eram heterótrofos e obtinham energia por meio da respiração aeróbica.

**9 Fatec 2007** Oparin acreditou que a vida na Terra poderia ter surgido a partir de substâncias orgânicas formadas por combinação de moléculas, como metano, amônia, hidrogênio e

vapor-d'água, presentes na atmosfera primitiva de nosso planeta. Depois teriam ocorrido a síntese proteica nos mares, a formação de coacervados e o surgimento das primeiras células. Levando-se em conta os processos de formação e as maneiras de utilização dos gases oxigênio e dióxido de carbono, a sequência mais provável dos primeiros seres vivos na Terra é a de organismos:

- (a) heterótrofos anaeróbicos → autótrofos → heterótrofos aeróbicos.
- (b) heterótrofos anaeróbicos → heterótrofos aeróbicos → autótrofos.
- (c) heterótrofos aeróbicos → autótrofos → heterótrofos anaeróbicos.
- (d) autótrofos → heterótrofos anaeróbicos → heterótrofos aeróbicos.
- (e) autótrofos → heterótrofos aeróbicos → heterótrofos anaeróbicos.

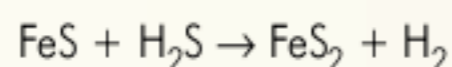
## TEXTO COMPLEMENTAR

### Visão atual sobre Oparin e o primeiro ser vivo

Com o tempo, mais informações foram obtidas sobre a vida no planeta e sobre as bases moleculares da vida. Principalmente a partir da década de 1990, as ideias de Oparin, Miller e Fox foram reavaliadas.

Hoje, os cientistas consideram que a atmosfera primitiva tinha a composição: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás nitrogênio (N<sub>2</sub>) e vapor-d'água. Essa conclusão é baseada principalmente na emissão de gases presentes nas erupções vulcânicas; o resultado difere bastante da proposta original de Oparin. Realizando-se o experimento similar ao de Miller e Urey, são ainda obtidas moléculas orgânicas, como aminoácidos.

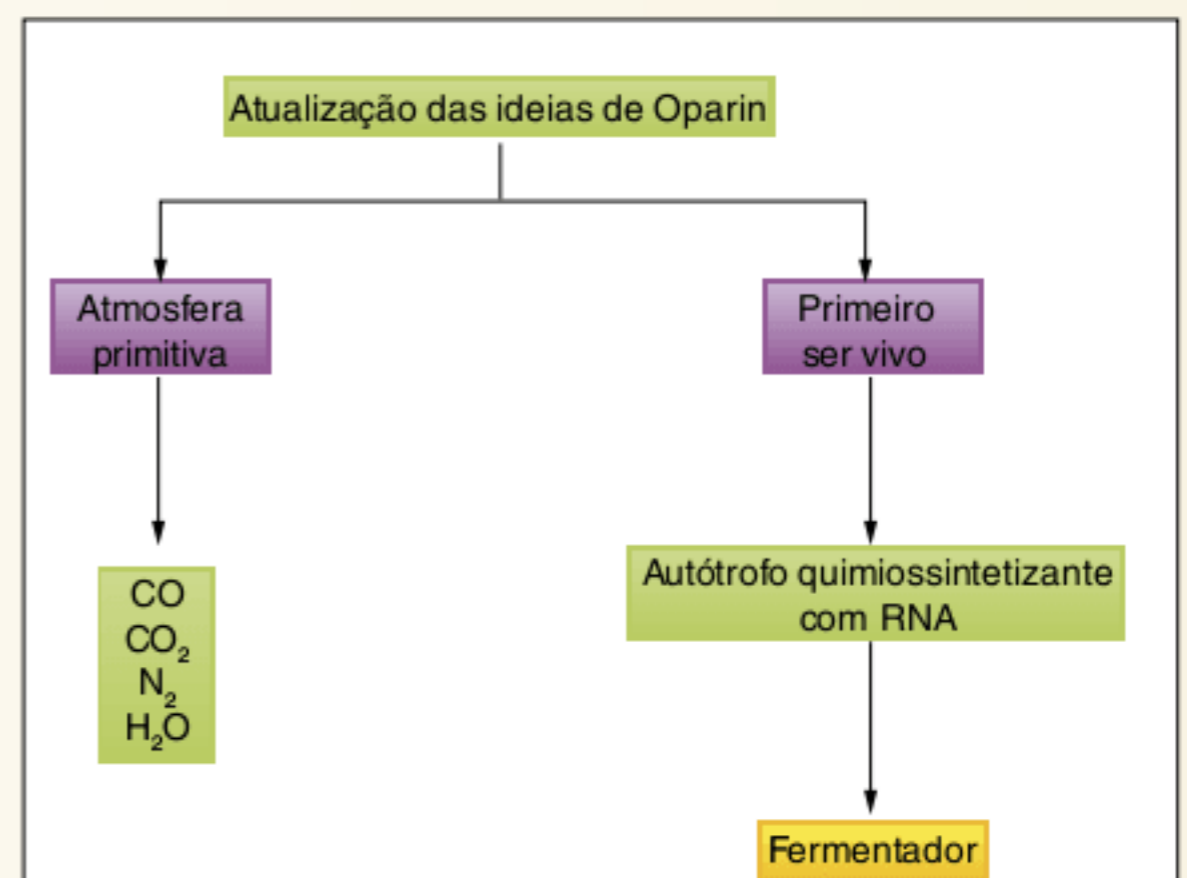
Por outro lado, a nutrição do primeiro ser vivo também foi reconsiderada. Um dos argumentos é que os mares primitivos não teriam uma concentração de compostos orgânicos plausível como fonte de alimento, ou seja, seriam uma sopa orgânica muito diluída e inviável para atender à demanda. Além disso, o processo de quimiossíntese é bioquimicamente muito mais simples do que a fotossíntese e poderia ter ocorrido com o primeiro ser vivo. Um dos dados obtidos que apoiam essa hipótese é a existência de arqueas quimiossintetizantes no Parque Yellowstone, nos Estados Unidos. Em proximidades de fendas vulcânicas, há arqueas que produzem matéria orgânica a partir da seguinte reação de oxidação:



Muitos cientistas consideram que esse tipo de processo poderia ocorrer em organismos primitivos, em condições similares às que existiam em lagos ou mares da Terra primitiva (temperatura elevada).

Em relação ao material genético, os cientistas estão inclinados a considerar que o RNA, e não o DNA, foi o primeiro ácido nucleico dos seres vivos da Terra. O RNA é menor e mais simples que o

DNA; algumas moléculas de RNA podem ter ação catalítica (são as **ribozimas**). Portanto, segundo essa concepção, houve um período na história da vida do planeta em que só havia RNA como ácido nucleico. Esse período é designado com a expressão "mundo do RNA".



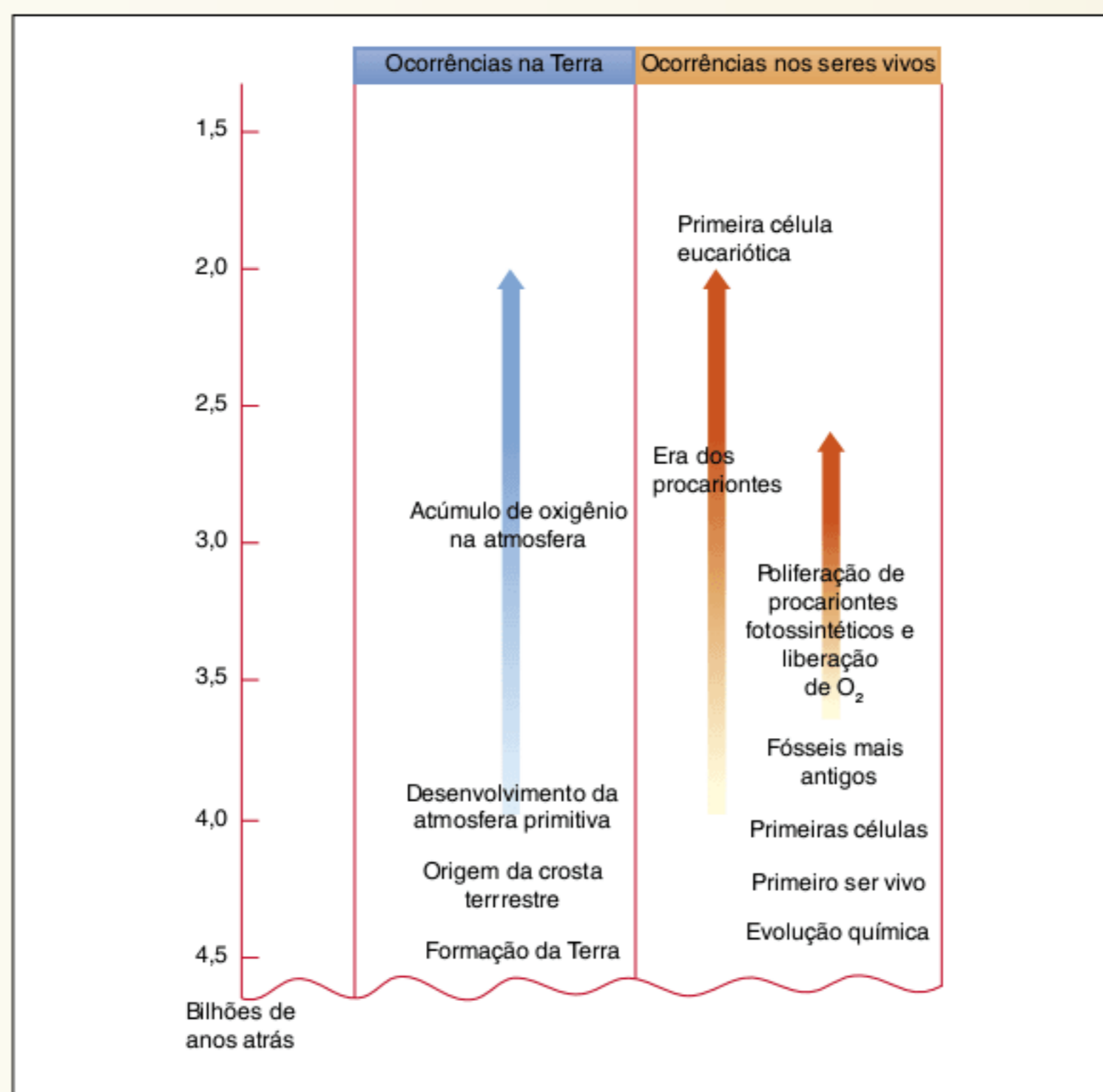
Novas considerações sobre as características da Terra primitiva e dos primeiros seres vivos.

É possível que o RNA tenha, posteriormente, originado, por reações químicas, o DNA, que passou a funcionar como a molécula depositária da informação genética. O RNA, por sua vez, começou a desempenhar um papel de auxiliar nos processos metabólicos comandados pelo DNA.



Em termos de organização celular, provavelmente o primeiro organismo era procarionte, mais simples. Com o tempo, surgiram, por mutações, os organismos eucariontes. Posteriormente, veio a pluricelularidade e novos organismos se desenvolveram.

Atualmente, os seres vivos são agrupados em três domínios: *Bacteria* (bactérias), *Archaea* (arqueas) e *Eukarya*. *Eukarya* é constituído por todos os eucariontes, com os reinos *Fungi* (fungos), *Protocista* (protozoários, algas e outros), *Animalia* (animais) e *Plantae* (plantas).



Paralelo das transformações ocorridas na Terra e nos seres vivos ao longo de bilhões de anos.

## ■ QUER SABER MAIS?



SITE

- Informações sobre a origem da vida  
<[www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookCELL1.html](http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookCELL1.html)>.

## RESUMINDO

Este capítulo discute a hipótese sobre o surgimento do primeiro ser vivo na Terra. Inicialmente, a Terra era uma massa incandescente, que foi sofrendo resfriamento na superfície. Com o tempo, ocorreram grandes modificações: a consolidação da crosta terrestre, a formação da atmosfera, dos oceanos e de lagos primitivos.

### Hipótese da panspermia

Muitos cientistas consideram que a vida em nosso planeta é procedente do espaço; seres microscópicos poderiam ter chegado à Terra

por meio de meteoritos. Muitos cientistas se opuseram a essa visão, argumentando que meteoritos, ao entrarem na atmosfera, acabam se convertendo em uma massa incandescente, inviabilizando a sobrevivência de qualquer organismo. Atualmente, alguns argumentam que, no interior de um grande meteorito, organismos semelhantes a arqueas poderiam ter sobrevivido. Em muitas partes do universo, há abundância de matéria orgânica. Alguns cientistas supõem que talvez a vida possa ter se originado em outros locais além da Terra. O termo "panspermia" pode ser entendido como "vida semeada" no universo em geral.



### Hipótese de Oparin

Em 1924, Oparin elaborou a hipótese da evolução química dos seres vivos, segundo a qual a vida surgiu na própria Terra e não a partir do espaço. Ele considerou que a atmosfera primitiva tinha as seguintes condições: altas temperaturas, elevada quantidade de radiação ultravioleta e intensas tempestades, com muitos raios. A composição dessa atmosfera seria vapor-d'água, metano, amônia e gás hidrogênio. Os componentes da atmosfera reagiram entre si e deram origem a aminoácidos, que foram levados pela chuva à superfície da terra e dos mares e lagos primitivos. Nas rochas ainda aquecidas, os aminoácidos teriam reagido, formando proteínas. Devido à chuva, essas proteínas foram carregadas para os mares, que começaram a se enriquecer com compostos orgânicos, formando uma espécie de "sopa orgânica". As proteínas passaram a formar blocos conhecidos como coacervados.

Começaram a ocorrer reações químicas no interior dos coacervados. Em um certo ponto da evolução química, surgiu o material genético. Isso teria sido o primeiro ser vivo, bastante simples e que se nutria dos compostos orgânicos no oceano primitivo.

### Testes da hipótese de Oparin

Na década de 1950, cientistas americanos fizeram simulações, tentando reproduzir em laboratório as condições da Terra primitiva idealizadas por Oparin. Em 1953, Miller e Urey elaboraram um equipamento que simulava as condições da atmosfera primitiva. O equipamento constava de um balão contendo os prováveis componentes da atmosfera primitiva, onde eram produzidas faíscas, simulando os raios da atmosfera. O material gerado no interior do equipamento continha aminoácidos e muitas outras substâncias orgânicas.

Em 1957, Sidney Fox colocou uma mistura seca de aminoácidos em um recipiente de porcelana e aqueceu essa mistura. Com isso, obteve cadeias proteicas; isso corrobora a hipótese de Oparin no que

diz respeito à formação de proteínas sobre rochas quentes da superfície da Terra. Fox também observou que proteínas em meio aquoso aglomeravam-se, constituindo o que ele denominou de microsferas.

### Hipóteses heterotrófica e autotrófica – visão tradicional

Os cientistas que se seguiram a Oparin fizeram algumas suposições sobre as características do primeiro ser vivo, que teria grande simplicidade, sendo procarionte e unicelular. Havia defensores de que esse organismo fosse autótrofo fotossintetizante. Para outros cientistas, o primeiro ser vivo era heterótrofo; eles argumentavam que a produção de matéria orgânica por fotossíntese seria um processo muito complexo e incompatível com a simplicidade do primeiro ser vivo. A fonte de alimento seria a sopa orgânica presente nos oceanos.

O primeiro organismo realizaria fermentação para obter energia, pois não havia gás oxigênio na atmosfera. A fermentação pode desprender gás carbônico. Com o tempo, teriam ocorrido mutações, gerando seres fotossintetizantes, que utilizariam o gás carbônico liberado pela fermentação. A fotossíntese produz gás oxigênio, que pode ser usado na respiração celular, aumentando muito a eficácia de obtenção de energia contida no alimento. Uma parte do gás oxigênio foi empregada na formação da camada de ozônio, protegendo o planeta contra a radiação ultravioleta. Isso abriu caminho para a exploração de ambientes terrestres.

Atualmente, considera-se que a atmosfera primitiva tinha a seguinte composição: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás nitrogênio (N<sub>2</sub>) e vapor-d'água. A nutrição do primeiro ser vivo também foi reconsiderada como sendo provavelmente autótrofo quimiossintetizante. Hoje, muitos cientistas admitem que o primeiro ser vivo apresentava RNA como material genético.

## Exercícios complementares

**1 UEL 2007** Charles Darwin, além de postular que os organismos vivos evoluíam pela ação da seleção natural, também considerou a possibilidade de as primeiras formas de vida terem surgido em algum lago tépido do nosso planeta. Entretanto, existem outras teorias que tentam explicar como e onde a vida surgiu. Uma delas, a panspermia, sustenta que:

- as primeiras formas de vida podem ter surgido nas regiões mais inóspitas da Terra, como as fontes hidrotermais do fundo dos oceanos.
- compostos orgânicos simples, como os aminoácidos, podem ter sido produzidos de maneira abiótica em vários pontos do planeta Terra.
- bactérias ancestrais podem ter surgido por toda a Terra, em função dos requisitos mínimos necessários para a sua formação e subsistência.
- a capacidade de replicação das primeiras moléculas orgânicas foi o que permitiu que elas se difundissem pelos oceanos primitivos da Terra.
- a vida se originou fora do planeta Terra, tendo sido trazida por meteoritos, cometas ou então pela poeira espacial.

**2 UEPG 2008** O assunto da origem da vida se baseia grandemente em hipóteses, mas existem questões sobre as quais podemos ter alguma certeza. A respeito deste tema, assinale o que for correto.

- Para formular hipóteses sobre a origem da vida e sua evolução, a ciência utiliza o registro fóssil em restos de organismos, preservados em rochas, âmbar ou gelo, que podem ser datados com razoável segurança, por meio de métodos sofisticados, como o do carbono 14.
- Existem três proposições sobre a origem da vida: a criação divina, a origem extraterrestre e a origem por evolução química.
- Houve uma época em que se acreditava que determinadas substâncias eram exclusivas dos seres vivos e que elas só podiam ser fabricadas dentro deles. Em 1828, o químico Wohler conseguiu produzir em laboratório, a partir de substâncias inorgânicas simples, ureia, que é uma substância orgânica encontrada na urina.
- Um dos primeiros cientistas a organizar as ideias sobre a origem da vida foi Aleksandr Oparin, que, em 1936, propôs um modelo de como a vida poderia ter surgido, baseado no



que seria a composição da atmosfera primitiva. Naquela época ainda não se sabia que os ácidos nucleicos carregam as informações genéticas de todos os seres vivos.

- 16 Na década de 1950, Miller, um cientista bioquímico norte-americano, fez circular num aparelho fechado uma mistura de vapor de água, metano, amônia e hidrogênio, que submeteu a descargas elétricas contínuas durante toda uma semana, na tentativa de simular a Terra primitiva. No fim do experimento, ele constatou que a mistura, além de outras moléculas orgânicas, continha alguns aminoácidos, as matérias-primas das proteínas.

Soma =

- 3 UFC 1999** Leia com atenção o texto a seguir da autoria de Oparin, 1968:

Miller, no seu bem conhecido trabalho publicado em 1953, obteve dados fundamentais sobre a formação dos aminoácidos quando uma mistura gasosa, simulando a possível composição da atmosfera primária da Terra, era submetida a descargas elétricas. Miller fez saltar faísca e descargas silenciosas durante uma semana numa mistura de  $CH_4$ ,  $NH_4$ ,  $H_2$  e vapor de água em circulação constante, e encontrou na mistura: glicina, alanina, ácidos  $\alpha$ -aminobutírico e  $\alpha$ -aminoisobutírico,  $\beta$ -alanina, ácidos aspártico e glutâmico, sarcosina e  $NCH_3$ -alanina. Os produtos intermediários da reação foram aldeídos e HCN.

O clássico experimento de Miller veio reforçar a teoria segundo a qual a vida na Terra:

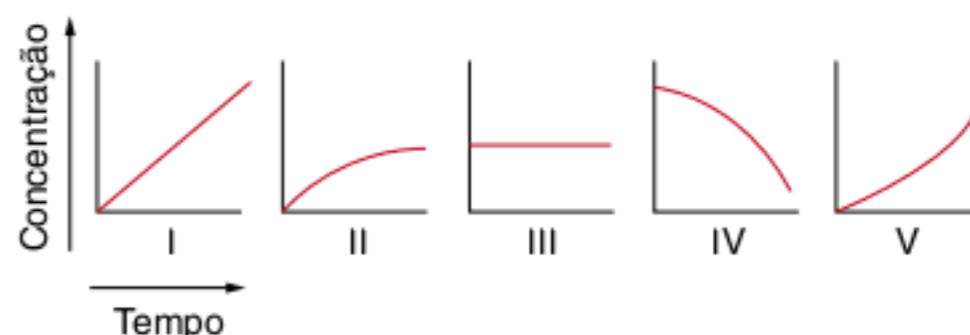
- (a) foi criada por Deus, exatamente como está descrito no Gênese, primeiro livro da Bíblia.
- (b) surgiu pelo transporte casual para o nosso planeta de microrganismos completamente organizados, provenientes de outros mundos.
- (c) originou-se pela semeadura intencional de microrganismos por seres inteligentes de outros mundos.
- (d) iniciou-se pela síntese de monômeros e sua posterior polimerização, seguindo-se o surgimento dos primeiros seres vivos.
- (e) iniciou-se pela chegada à Terra de compostos orgânicos presentes em meteoritos e cometas.

- 4 UFPel 2007** Miller, em 1953, testou a hipótese da evolução gradual dos sistemas químicos para provar a origem da vida no planeta Terra. Para isso, ele construiu um aparelho que simulava as condições da Terra primitiva, introduziu nele gases que provavelmente constituíam a atmosfera e colocou água, a qual, ao ser fervida, formava vapor. A mistura gasosa foi submetida a descargas elétricas, simulando as condições do clima da época. Após a condensação do material, verificou-se a presença de aminoácidos. Baseado no texto e em seus conhecimentos, é incorreto afirmar que o experimento de Miller:

- (a) obteve moléculas orgânicas que fazem parte das proteínas, as quais exercem papéis essenciais nas células, como por exemplo, as funções enzimáticas.
- (b) não provou a formação de uma molécula com função de gene. Essa molécula provavelmente tenha sido semelhante ao RNA, pois ele, além de transmitir as características, tem capacidade de se autoduplicar.

- (c) provou apenas a formação de moléculas e não a origem do primeiro ser vivo; provavelmente esse era semelhante a um procarionte atual, apresentando apenas uma membrana externa, citoplasma e material genético disperso.
- (d) provou que, sob certas condições, é possível haver formação de compostos orgânicos, sem a participação de seres vivos.
- (e) não provou a formação de moléculas com função energética, portanto, os primeiros seres vivos provavelmente eram heterotróficos, produzindo seu próprio alimento.

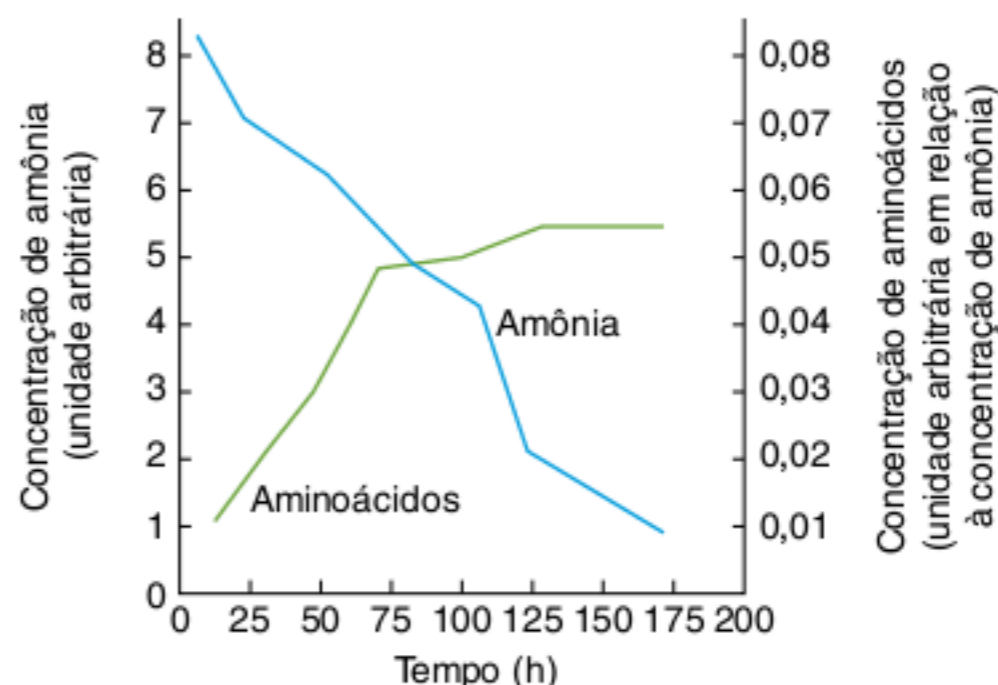
- 5 UFPI 2001** A atmosfera da Terra primitiva era composta de gases simples, como vapor-d'água, hidrogênio, metano e amônia. Esses gases continham os ingredientes básicos necessários para a vida. Em cada um dos gráficos a seguir, o eixo vertical representa quantidades; e o horizontal, o tempo. Supondo que a quantidade de aminoácidos, numa seção do mar primitivo, aumentou ao longo de um determinado tempo, qual dos gráficos a seguir pode representar melhor a quantidade de amônia no mesmo período de tempo?



- (a) I
- (b) II
- (c) III
- (d) IV
- (e) V

- 6 Unirio 2000** 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 a seguir mostra a relação entre algumas dessas substâncias.



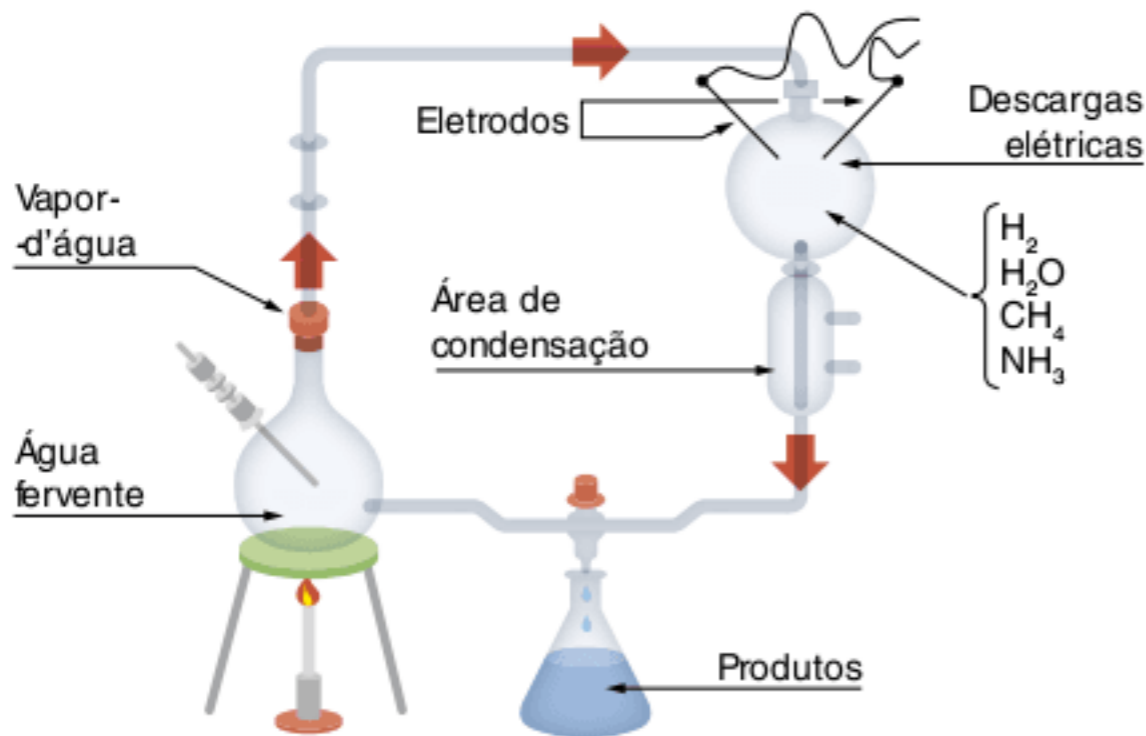
A partir desses dados, Miller pôde concluir que:

- (a) a célula pode ser recriada atualmente a partir de compostos inorgânicos.
- (b) a primeira célula era procarionte, semelhante a bactérias atuais.



- (c) a formação de compostos orgânicos depende da transformação da amônia.
- (d) os primeiros seres vivos eram heterótrofos.
- (e) na atmosfera primitiva não havia oxigênio.

**7 Unicamp 2003** Em 1953, Miller e Urey realizaram experimentos simulando as condições da Terra primitiva: supostamente altas temperaturas e atmosfera composta dos gases metano, amônia, hidrogênio e vapor-d'água, sujeita a descargas elétricas intensas. A figura a seguir representa o aparato utilizado por Miller e Urey em seus experimentos.



- a) Qual a hipótese testada por Miller e Urey neste experimento?
- b) Cite um produto obtido que confirmou a hipótese.
- c) Como se explica que o O<sub>2</sub> tenha surgido posteriormente na atmosfera?

**8 UFRGS 1998** As afirmativas a seguir estão relacionadas com origem da vida e evolução.

- I. O desenvolvimento de processos respiratórios aeróbicos permitiu maior aproveitamento de energia pelos organismos.
- II. A presença de fósseis de um mesmo organismo em vários continentes é uma das evidências de que os continentes já estiveram unidos.
- III. A ausência de oxigênio na atmosfera primitiva foi essencial para a formação das primeiras moléculas orgânicas, que, no caso contrário, teriam sido quebradas pelos radicais livres derivados do oxigênio.

Quais estão corretas?

- (a) Apenas I.
- (b) Apenas II.
- (c) Apenas III.
- (d) Apenas II e III.
- (e) I, II e III.

**9 UEL 2006** Analise o esquema a seguir.



Com base no esquema e nos conhecimentos sobre a origem da vida, considere as afirmativas a seguir.

- I. O esquema representa a origem abiótica da vida, em conformidade com a teoria de Oparin-Haldane.
- II. Os organismos primitivos – microrganismos – foram precedidos, em nosso planeta, por uma longa evolução dos compostos químicos.
- III. Os organismos mais complexos portam em seu DNA muitas informações dos organismos que lhes antecederam na Terra.
- IV. As moléculas de proteínas e de ácidos nucleicos dos organismos atuais são estruturalmente distintas daquelas presentes em organismos primitivos.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

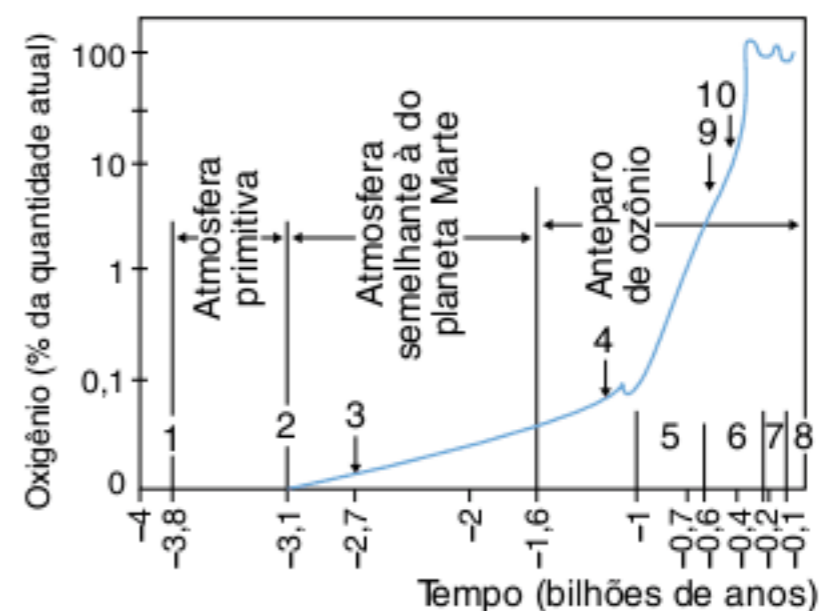
**10 PUC-RS 2001** Responder à questão com base nos eventos relativos à origem da vida em nosso planeta.

- I. Aumento gradativo da concentração de O<sub>2</sub> na atmosfera.
- II. Aparecimento dos organismos heterótrofos.
- III. Surgimento de organismos com capacidade de utilizar energia luminosa.

A ordem em que esses eventos ocorreram, mais aceita na atualidade, está contida na alternativa:

- (a) I – II – III
- (b) I – III – II
- (c) II – I – III
- (d) II – III – I
- (e) III – II – I

**11 Enem 2000** O gráfico a seguir 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.



LEGENDA:

- 1 - Pneumatofera primitiva
- 2 - Aparecimento da vida
- 3 - Começo da fotossíntese
- 4 - Primeira célula eucarionte
- 5 - Pré-Cambriano
- 6 - Primário
- 7 - Secundário
- 8 - Terciário e Quaternário
- 9 - Primeiros vertebrados
- 10 - Conquista da Terra



De acordo com o gráfico, é correto afirmar que:

- (a) as primeiras formas de vida surgiram na ausência de  $O_2$ .
- (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.

**12 Uerj 2001** A procura de formas de vida em nosso Sistema Solar tem dirigido o interesse de cientistas para Io, um dos satélites de Júpiter, que é coberto por grandes oceanos congelados. As condições na superfície são extremamente agressivas, mas supõe-se que, em grandes profundidades, a água esteja em estado líquido e a atividade vulcânica submarina seja frequente. Considerando que tais condições são similares às do bioma abissal da Terra, aponte o tipo de bactéria que poderia ter se desenvolvido em Io, e indique como esse tipo de bactéria obtém energia para a síntese de matéria orgânica.

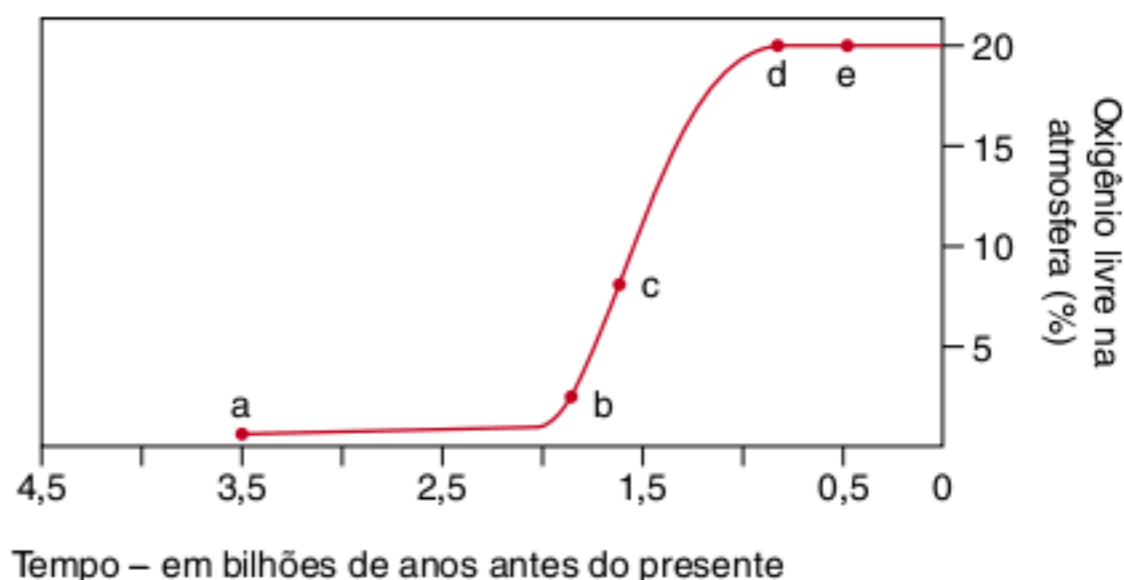
**13 UFPI 2001** O texto a seguir faz referência à origem da vida na Terra.

*O processo metabólico, no qual os seres empregam energia luminosa na produção de compostos orgânicos, exige um grau elevado de complexidade estrutural e funcional. Isso implica que os primeiros seres vivos possuíam um sistema enzimático bastante desenvolvido.*

Marque a alternativa que associa corretamente o texto à teoria sobre a origem da vida.

- (a) Abiogênese.
- (b) Panspermia dirigida.
- (c) Hipótese autotrófica.
- (d) Biogênese.
- (e) Associação endossimbiótica.

**14 UFRGS 2005** A diversificação da vida na Terra é consequência da extremamente longa história da acumulação de oxigênio livre ( $O_2$ ) na atmosfera, que se iniciou há aproximadamente 3,5 bilhões de anos, quando as primeiras cianobactérias passaram a utilizar gás carbônico ( $CO_2$ ) e luz solar para obtenção de energia. No gráfico a seguir, os pontos a, b, c, d e e representam eventos intimamente relacionados com o aumento da concentração de  $O_2$  na atmosfera ao longo do tempo geológico.



R. Dott; D. Prothero. *Evolution of the earth*. New York: McGraw-Hill, 1994.

Assinale a alternativa em que os eventos correspondentes aos cinco pontos identificados no gráfico estão ordenados segundo a provável sequência em que ocorreram.

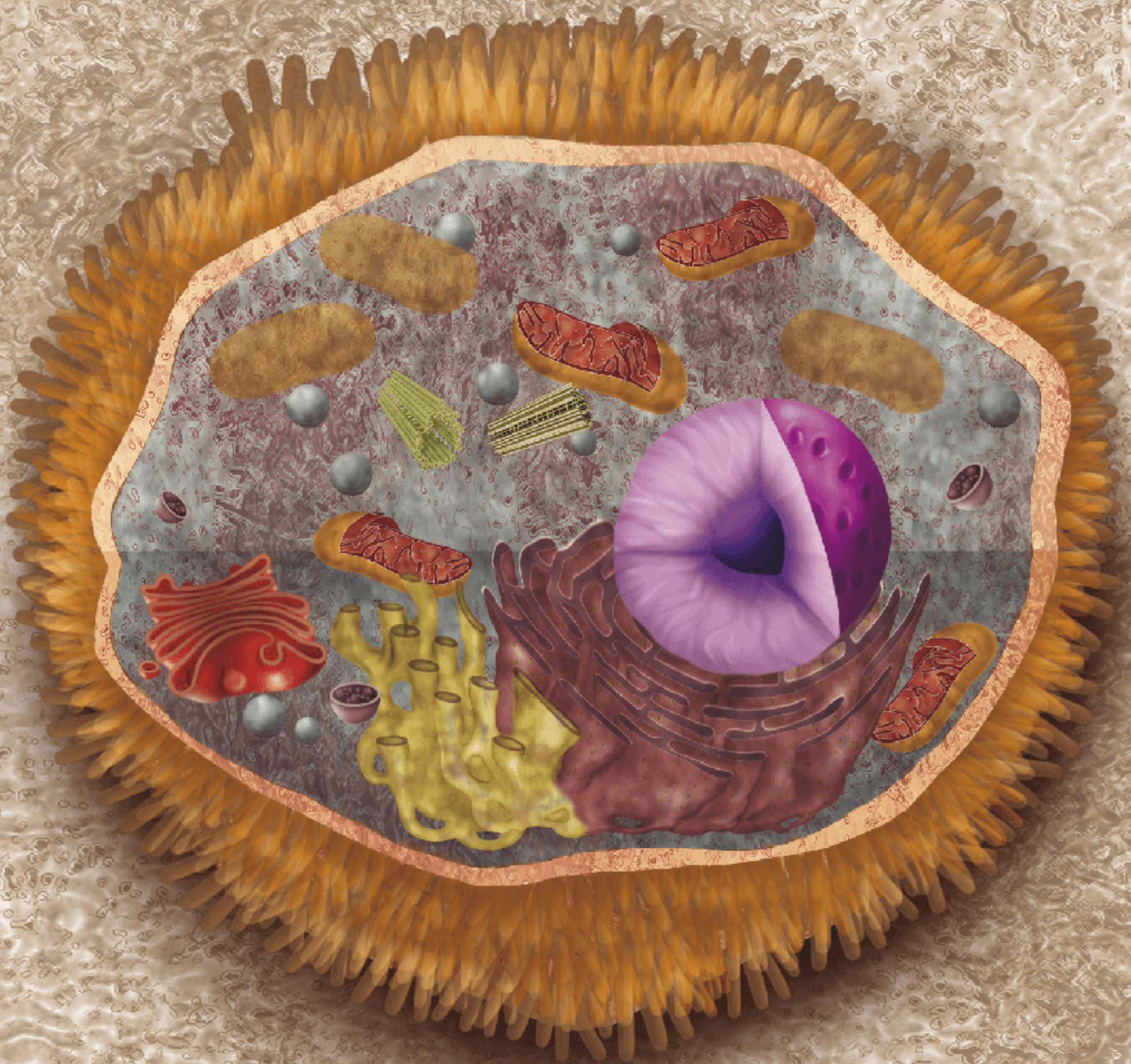
- (a) Respiração celular; fotossíntese; conquista do ambiente terrestre; origem da célula eucariótica; formação da camada de ozônio.
- (b) Origem da célula eucariótica; fotossíntese; respiração celular; conquista do ambiente terrestre; formação da camada de ozônio.
- (c) Formação da camada de ozônio; conquista do ambiente terrestre; origem da célula eucariótica; respiração celular; fotossíntese.
- (d) Fotossíntese; formação da camada de ozônio; respiração celular; conquista do ambiente terrestre; origem da célula eucariótica.
- (e) Fotossíntese; respiração celular; origem da célula eucariótica; formação da camada de ozônio; conquista do ambiente terrestre.



# Citoplasma

# 10

FRENTE 1



No primeiro volume desta coleção, foram apresentados os principais componentes celulares, tratando de sua estrutura e função. Vimos também os componentes químicos da célula e aprofundamos os aspectos relacionados ao metabolismo celular. Neste capítulo, retomamos com maior profundidade o estudo do citoplasma.



## Os componentes citoplasmáticos

Em uma **célula eucariótica**, o citoplasma é a parte situada entre a **membrana plasmática** e a **carioteca**; já o citoplasma dos **procariontes** representa todo o conjunto envolvido pela membrana plasmática.

O citoplasma de uma **célula eucariótica** apresenta uma massa coloidal, o **citossol**, no qual estão imersos os **orgânulos** (também denominados organelas, ou organoides), as **inclusões** e o **citoesqueleto** (constituído por filamentos proteicos). Inclusões constituem acúmulos de certos materiais, como proteínas ou lipídeos.

### Citossol

O **citossol**, antes denominado **hialoplasma**, é constituído por uma **massa coloidal**, composta fundamentalmente de **água** e **proteínas**. Nesse coloide, estão dissolvidos diversos materiais, que desempenham papéis relevantes no metabolismo celular. São eles:

- **íons**: cálcio, fosfato, cloreto, sódio, potássio etc;
- **açúcares**: glicose, ribose, desoxirribose;
- **bases nitrogenadas**: adenina, citosina, guanina, timina, uracila;
- **aminoácidos**: componentes das proteínas, como cisteína e glicina;
- **RNA**: mensageiro e transportador; o RNA ribossômico é componente estrutural dos ribossomos;
- **enzimas**: diversos tipos. Elas controlam reações químicas de importantes processos metabólicos, como a glicólise (etapa da respiração celular) e a síntese proteica.

### Orgânulos citoplasmáticos

#### Mitocôndrias e cloroplastos

**Mitocôndrias** e **cloroplastos** são **estruturas membranosas** relacionadas com a fotossíntese e a respiração celular, respectivamente; possuem DNA próprio e apresentam capacidade de se reproduzir, originando novos orgânulos.

Atualmente, considera-se que mitocôndrias e cloroplastos originaram-se de bactérias e de cianobactérias, respectivamente. Trata-se da **hipótese endossimbiótica**, a qual salienta a possibilidade de seres eucariontes terem englobado esses procariontes (bactérias e cianobactérias), que, após mutações, originaram organelas citoplasmáticas. Essa hipótese baseia-se no fato de mitocôndrias e cloroplastos apresentarem características semelhantes às dos procariontes, como ribossomos e DNA circular sem histonas associadas (Fig. 1).

#### Ribossomos

Ribossomos são constituídos por **proteínas** e **RNA ribossômico**, proveniente do nucléolo. São formados por **duas subunidades**, uma maior do que a outra, sendo que as duas reúnem-se apenas durante a síntese de proteínas. Os ribossomos de procariontes são menores do que os de eucariontes. Durante a síntese de uma determinada proteína, há a união de grupos de ribossomos por meio de uma molécula de **RNA mensageiro**; Esses grupos são chamados **polissomos**, ou **polirribossomos**.

Os ribossomos podem estar **dispersos no citossol** ou associados à **membrana externa do retículo endoplasmático rugoso (RER)** e à **face citoplasmática da carioteca**. As proteínas produzidas nos ribossomos dispersos no citossol são

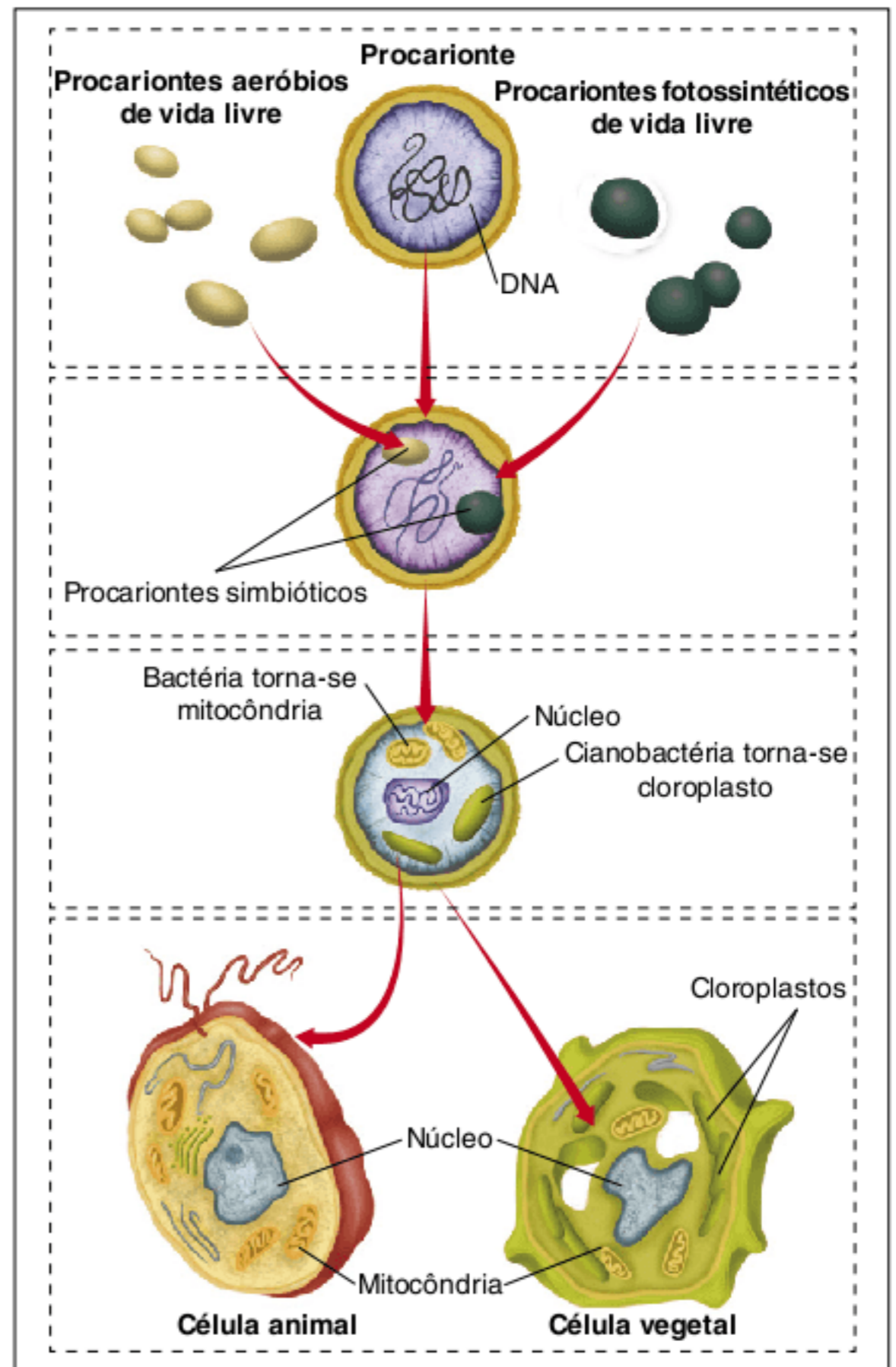


Fig. 1 Representação esquemática da hipótese endossimbiótica. Cloroplastos teriam se originado de cianobactérias, e mitocôndrias de bactérias aeróbias não clorofiladas.

empregadas na estrutura do próprio citossol; por exemplo, no citoesqueleto. Outras proteínas podem ser enzimas, que participam da atividade metabólica desenvolvida tanto no citoplasma como no núcleo. Os ribossomos aderidos ao retículo geram proteínas que se destinam à secreção celular e também para emprego interno, como as enzimas digestivas contidas em outro orgânulo, o lisossomo (Fig. 2).

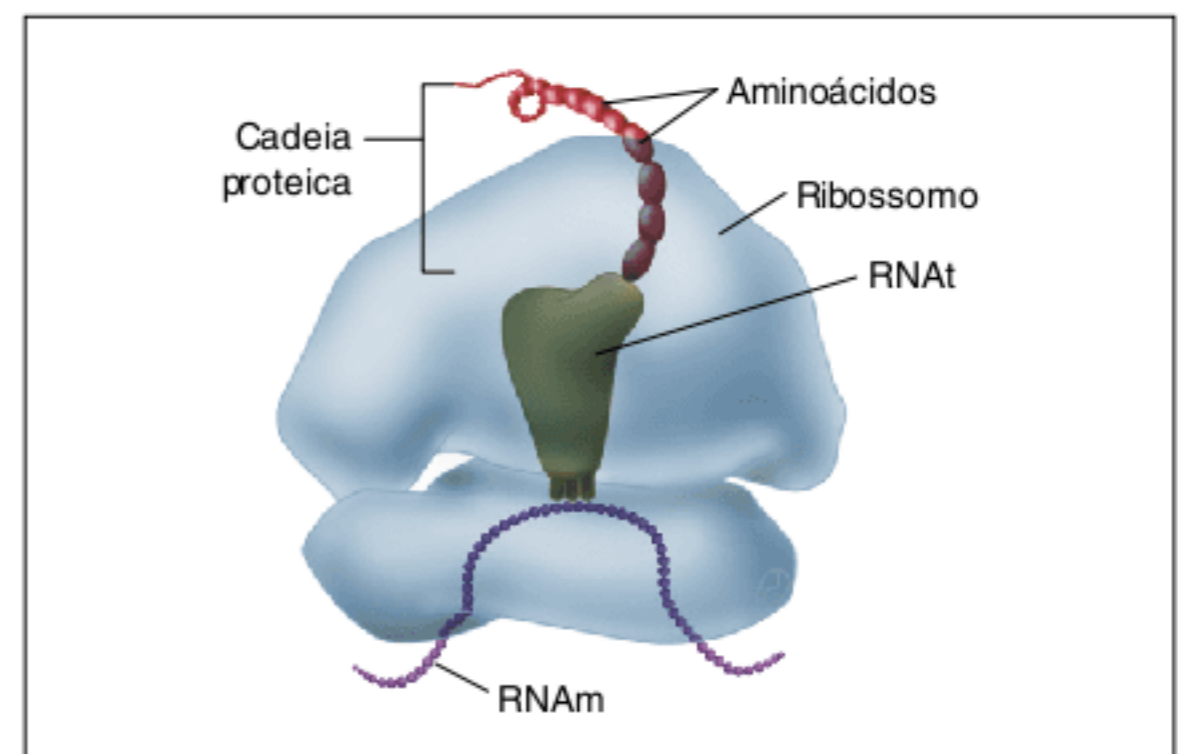


Fig. 2 Organização de um ribossomo ativo.



## Peroxisomos

São vesículas membranosas que contêm enzimas que provocam a oxidação de moléculas, o que diferencia peroxissomos de lisossomos, já que estes contêm enzimas que promovem reações de digestão e não de oxidação. Uma dessas enzimas do peroxissomo é a **catalase**, que decompõe água oxigenada (peróxido de hidrogênio –  $H_2O_2$ ) em água e gás oxigênio. A água oxigenada é um resíduo frequentemente gerado nas células e tem alta toxicidade, pois pode provocar a oxidação de moléculas importantes do metabolismo celular. Ela pode ter também origem externa, como quando se coloca uma solução dessa substância em um fermento; ali há grande quantidade de células lesadas com peroxissomos expostos. Com isso, a água oxigenada acaba espumando no local; isso significa que está ocorrendo a produção de grande quantidade de gás oxigênio, útil no combate a bactérias anaeróbias obrigatórias, como as causadoras do tétano.

Outras enzimas presentes em peroxissomos permitem a inativação de substâncias tóxicas para o organismo, como o álcool. Os peroxissomos são abundantes em células do fígado e dos rins, órgãos que apresentam função desintoxicante. Há ainda enzimas que convertem ácidos graxos em colesterol.

Sementes podem ter células com um tipo de peroxissomo, os **gliossomos**; suas enzimas oxidam lipídeos de reservas, determinando sua conversão em carboidratos, cuja utilização é mais rápida em uma semente em germinação.

## Endomembranas

A carioteca está associada a estruturas membranosas que se comunicam e interagem; é o sistema de endomembranas, constituído por **retículo endoplasmático** (granular e agranular), **complexo golgiense** e **lisossomos**.

## Retículo endoplasmático

O retículo endoplasmático é constituído por **canais** e **tubos membranosos**, responsáveis pelo **transporte de materiais** no interior da célula. Como outra função exercida, pode ser citada a formação de um único vacúolo central em células vegetais, originado de algumas bolsas do retículo endoplasmático dessas células. Essas bolsas se enchem de água e originam pequenos vacúolos que podem se fundir. O vacúolo dessas células possui vários materiais dissolvidos, como íons, açúcares e pigmentos. A concentração do líquido desse vacúolo é responsável pelas alterações da pressão osmótica da célula vegetal; essa regulação é feita expulsando ou absorvendo a água da célula.

O vacúolo também recebe enzimas lisossômicas e, em seu interior, ocorre a digestão intracelular, como a de organelas mais velhas, cujo funcionamento não se dá de maneira adequada.

Há duas modalidades de retículo: **agranular** e **granular**. O **retículo endoplasmático agranular**, ou **liso** (REL), é constituído por tubos ramificados que não têm ribossomos aderidos à sua superfície. Em seu interior, ocorre a síntese de ácidos graxos, de fosfolipídeos (integrantes da membrana plasmática) e de colesterol (a partir do qual são gerados

hormônios esteroides, sais biliares e vitamina D). O retículo agranular também armazena íons cálcio, molécula importante em células musculares, sendo que a liberação de cálcio a partir do retículo desencadeia a contração muscular. Em muitas células, como nas do fígado, o retículo endoplasmático liso contém enzimas que metabolizam substâncias tóxicas, como o álcool.

O **retículo endoplasmático granular**, ou **rugoso** (RER), é constituído por canais ramificados e mais achatados, em cuja superfície aderem-se ribossomos. Nos ribossomos, ocorre a síntese de proteínas, que são transferidas para o espaço interno do retículo por meio de poros de natureza proteica. No retículo endoplasmático rugoso, também ocorre a síntese de carboidratos mais complexos, constituídos por várias unidades de monossacarídeos (Fig. 3).

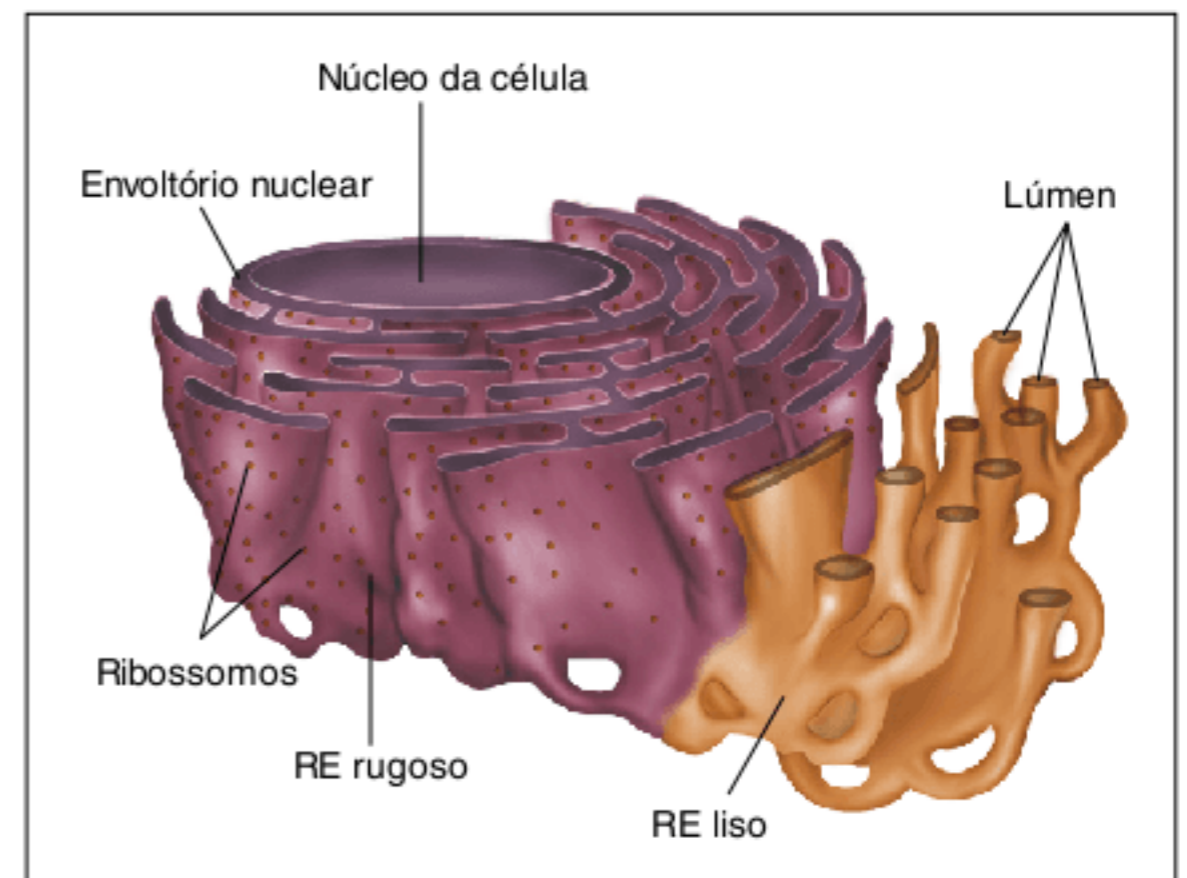


Fig. 3 Organização dos retículos endoplasmáticos rugoso e liso.

## Complexo golgiense

Essa estrutura é constituída por **sacos membranosos achatados**, com extremidades dilatadas; esses sacos frequentemente são descritos como “cisternas”. Nas células animais, o complexo golgiense encontra-se em local determinado; já nas células vegetais há unidades do complexo golgiense (**dictiossomos**, ou **golgiossomos**) espalhadas pelo citoplasma. A parte do complexo golgiense voltada para o retículo endoplasmático corresponde à **face cis**; a parte oposta, voltada para a membrana plasmática, constitui sua **face trans** (Fig. 4).

O retículo endoplasmático agranular e o granular formam vesículas contendo materiais produzidos em seu interior; essas vesículas fundem-se às membranas do complexo golgiense, fornecendo-lhes lipídeos, proteínas e carboidratos. O complexo golgiense realiza a concentração dos materiais recebidos; nele, podem ocorrer modificações químicas, como a glicosilação de proteínas, ou seja, a adição de carboidratos a moléculas proteicas.

Da **face trans** do complexo golgiense brotam vesículas, as quais podem ser destinadas à secreção ou à formação de outras estruturas, como a formação de lisossomos (dotados de enzimas digestivas), de acrossomos (cabeça dos espermatozoides) e de lamelas médias das células vegetais.



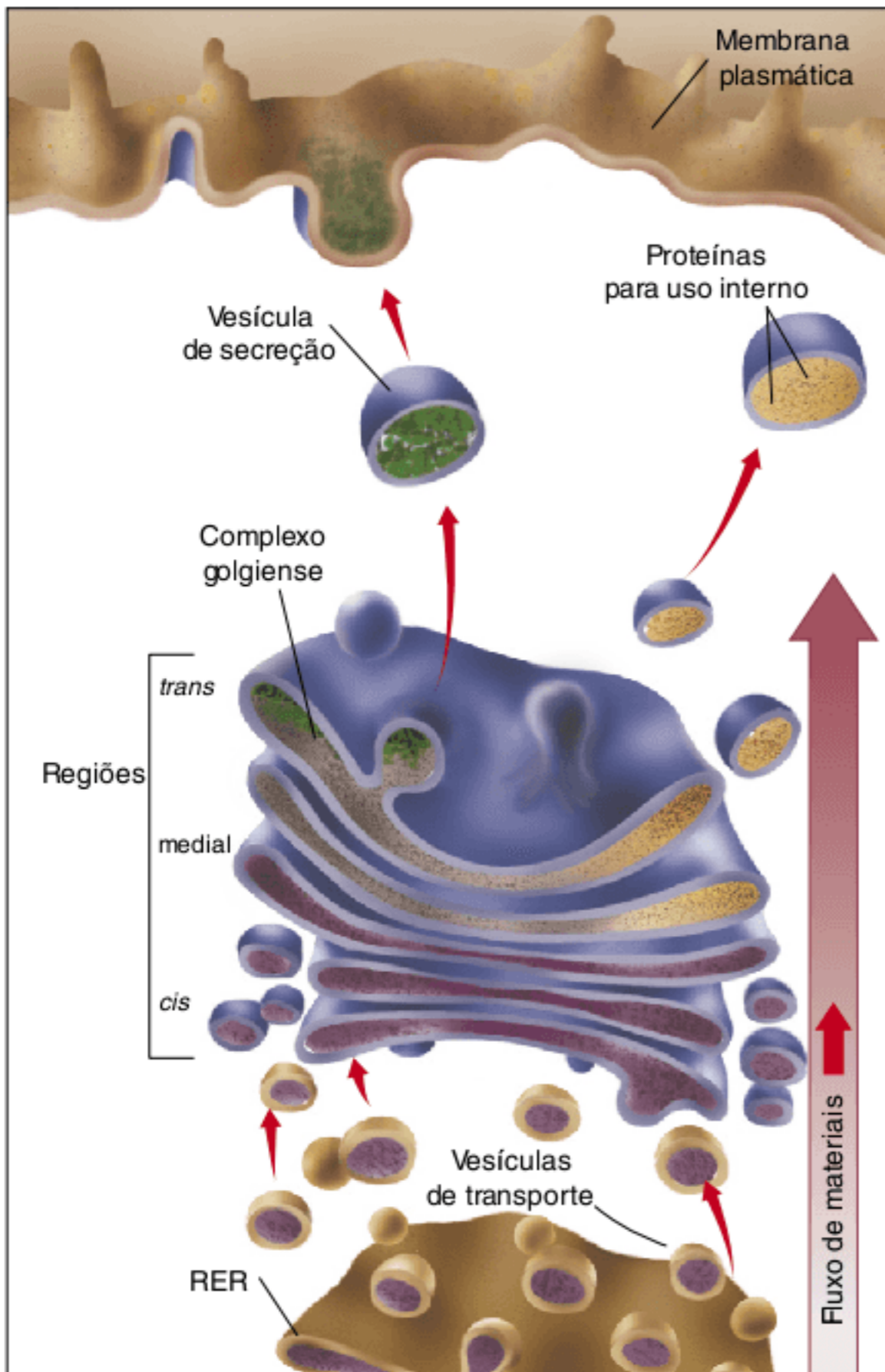


Fig. 4 Complexo golgiense em atividade. Esse orgânulo realiza intensa interação com o RE e com a membrana plasmática.

No que diz respeito à secreção de materiais da célula, há a fusão da vesícula golgiana com a membrana plasmática, ocorrendo a expulsão do material para o meio externo. Isso ocorre, por exemplo, em células do pâncreas, que produzem enzimas digestivas componentes do suco pancreático. Tais células estão agrupadas em estruturas conhecidas como ácinos pancreáticos; enzimas secretadas por elas são lançadas em canais do pâncreas, passando deste para o duodeno. Outro exemplo ocorre no intestino grosso, onde a parede do órgão tem células caliciformes, que secretam um muco protetor contendo proteínas associadas a carboidratos. O muco secretado provém de vesículas golgianas.

Já durante a formação de outras estruturas celulares, pode ser citado o exemplo da formação dos espermatozoides. Nesse processo, há perdas de citoplasma, formação de flagelo a partir do centríolo e formação do acrossomo (bolsa com enzimas, empregada na entrada do espermatozoide no gameta feminino). O acrossomo se forma pela fusão de inúmeras vesículas golgianas (Fig. 5).

Outro exemplo ocorre no final da divisão de células vegetais, com a formação do fragmoplasto. Tal estrutura consiste em um conjunto de vesículas golgianas, que se dispõem na região mediana da célula. No interior dessas vesículas, formam-se carboidratos (pectina) que constituem a lamela média (estrutura cimentada entre células vizinhas).

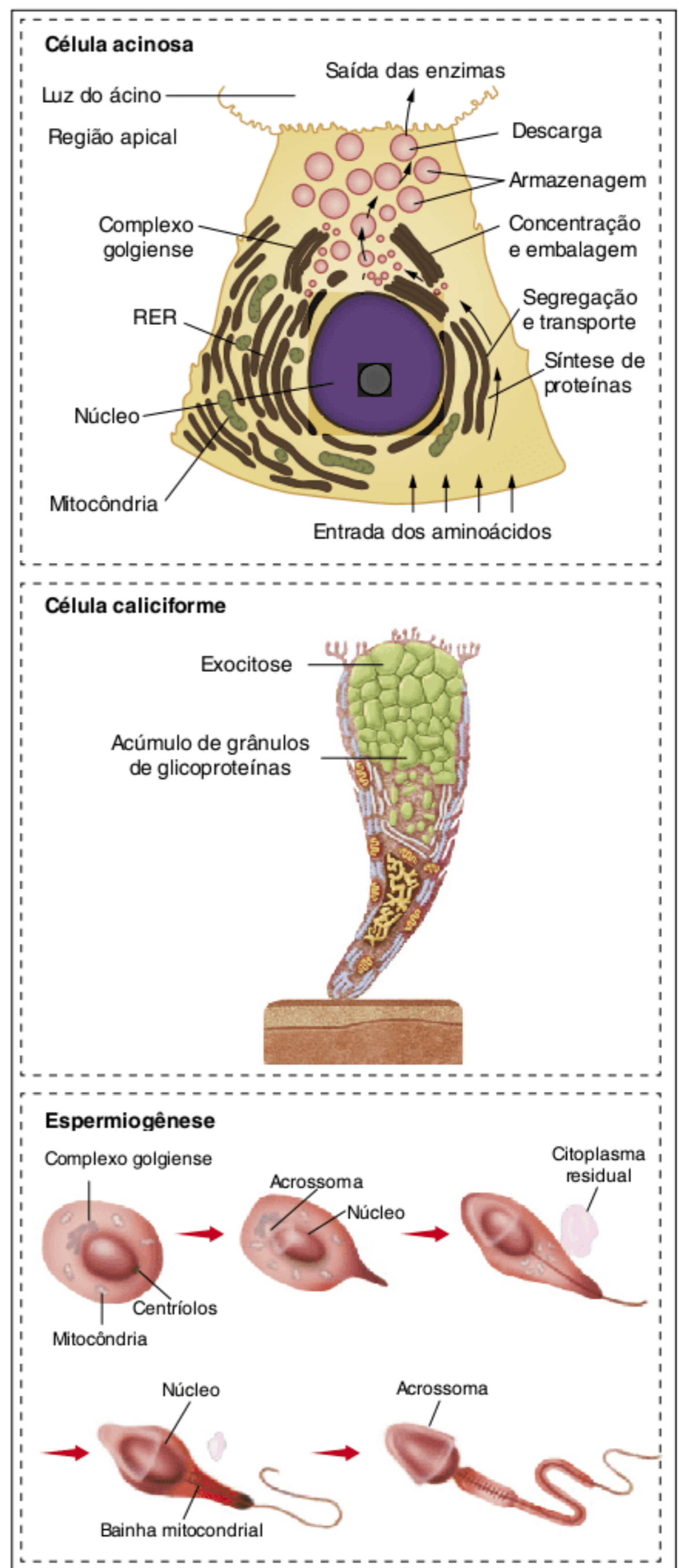


Fig. 5 Aspectos específicos da atividade do complexo golgiense. No primeiro exemplo, a participação do complexo golgiense na elaboração de enzimas digestivas pancreáticas. No segundo, seu papel na síntese de muco protetor, em células caliciformes do intestino grosso. No terceiro, sua participação na formação do acrossomo dos espermatozoides.

### Lisossomos

São vesículas membranosas que contêm enzimas digestivas; realizam a digestão intracelular e são oriundos do complexo golgiense. Podem realizar a digestão de materiais provenientes



do meio externo das células (digestão heterofágica) ou de estruturas do interior da própria célula (digestão autofágica).

Na **digestão heterofágica**, a célula obtém partículas do ambiente por **fagocitose** ou **pinocitose**, formando-se um vacúolo alimentar (fagossomo ou pinossomo). Lisossomos fundem-se ao vacúolo alimentar para liberar suas enzimas digestivas, assim formando o **vacúolo digestivo** (ou lisossomo secundário). Os produtos dessa digestão podem ser aproveitados pela célula e os materiais não digeridos são eliminados. A digestão heterofágica ocorre em protozoários e algumas células do organismo humano, como nos macrófagos e em alguns glóbulos brancos, quando fagocitam bactérias. Assim, as principais funções da digestão heterofágica são: a nutrição celular (como em protozoários e poríferos) e a defesa do organismo contra agentes invasores (como a ação de macrófagos no englobamento de bactérias) (Fig. 6).

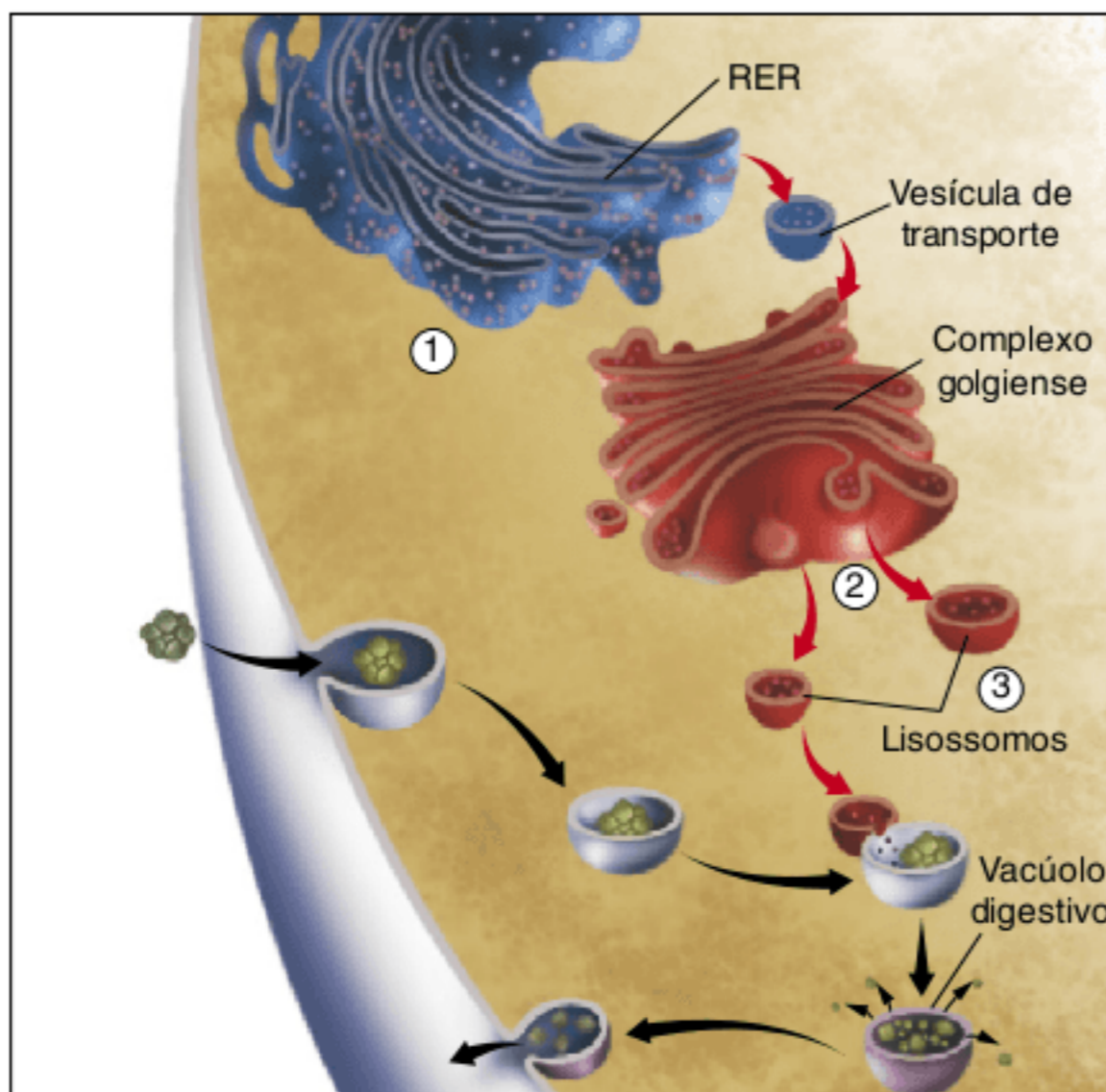


Fig. 6 Origem e ação de enzimas lisossômicas na digestão heterofágica. (1) Síntese de enzimas no RER e sua transferência, através de vesículas, para o complexo golgiense. (2) Formação de lisossomos (lisossomos primários) a partir do complexo golgiense. (3) Fusão de lisossomo com vacúolo alimentar, formando-se o vacúolo digestivo, também denominado lisossomo secundário.

O lisossomo anterior à fusão com o vacúolo alimentar é conhecido como **lisossomo primário**; a estrutura resultante da fusão do lisossomo primário com o vacúolo alimentar é denominada **lisossomo secundário**.

Uma das funções da **digestão autofágica** é contribuir para a **renovação das estruturas celulares**. Isso acontece quando algum organoide velho é envolvido por uma alça do retículo endoplasmático, ficando separado do restante da célula. Os lisossomos primários atuam fundindo-se a essa alça e liberam enzimas digestivas, realizando a digestão da estrutura; com isso, a célula pode gerar outro organoide novo que funcione adequadamente.

Uma função da digestão autofágica é a **remodelação de estruturas do organismo**, como a que se passa na metamorfose de larvas até a fase adulta. Um girino, por exemplo, não apresenta patas, mas tem uma cauda que auxilia em sua locomoção.

Os lisossomos da cauda promovem a digestão autofágica dessa estrutura, resultando no seu desaparecimento. Os produtos dessa digestão são utilizados em outras partes do organismo, como na formação das patas. Outro exemplo ocorre nas células musculares que permanecem tempo prolongado sem atividade adequada. Elas acabam sofrendo digestão intracelular de proteínas citoplasmáticas, com consequente redução do tamanho e da atividade celular e perda de massa muscular do indivíduo.

O termo **apoptose** refere-se à “morte celular programada”, que ocorre de modo previsível durante o desenvolvimento de células específicas. O embrião humano, por exemplo, apresenta uma espécie de membrana entre seus dedos, a qual, durante o desenvolvimento embrionário, sofre um processo de digestão autofágica, tendo as suas células mortas.

### Citoesqueleto e centríolos

O citoesqueleto é formado por **filamentos proteicos**, presentes em eucariontes e ausentes nos procariontes. Há três tipos de componentes proteicos do citoesqueleto: **microfilamentos**, **filamentos intermediários** e **microtúbulos**.

### Microfilamentos

São constituídos por filamentos da proteína actina, abundante no citosol. As moléculas de actina são responsáveis por alguns aspectos da estrutura e da atividade celular. Um desses aspectos é a organização do citosol. A parte mais externa do citosol, situada logo abaixo da membrana plasmática, é o **ectoplasma**, coloide na forma gel, de consistência mais rígida e que contribui para a manutenção da forma da célula; a parte interna do citosol é o **endoplasma**, coloide na forma sol, de consistência mais fluida. O estado de agrupamento dos filamentos de actina varia: na forma gel, estão bastante agrupados (com maior rigidez), e na forma sol, encontram-se mais afastados (com maior fluidez) (Fig. 7).

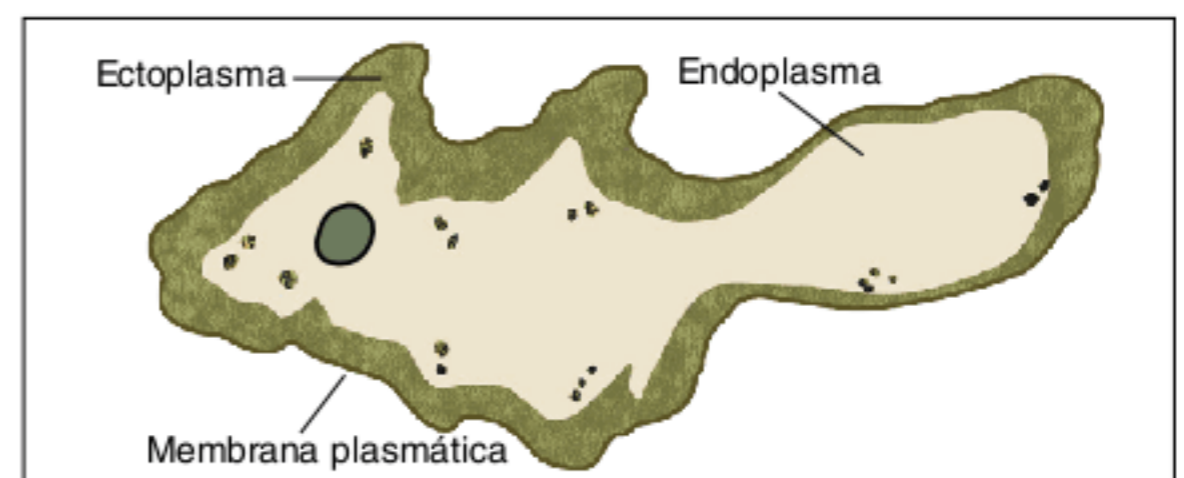


Fig. 7 Organização do citosol em ectoplasma e endoplasma.

A formação de **pseudópodes** (*pseudo* = falsos; *pode* = pés) é um processo que se relaciona com modificações do ectoplasma: passando de gel para sol, fica mais fluido, ocorrendo a expansão temporária do citoplasma, formando o pseudópode. Posteriormente, o local é preenchido novamente por endoplasma (sol), que se converte em gel, reconstituindo o ectoplasma. Na extremidade oposta da célula em que se forma o pseudópode, ocorre a conversão de ectoplasma em endoplasma, que, por sua vez, flui em direção ao pseudópode, ou seja, ocorre a formação de projeções do citoplasma, que podem ser usadas para o deslocamento de células (movimentos ameboides) ou mesmo para o englobamento de partículas (Fig. 8).



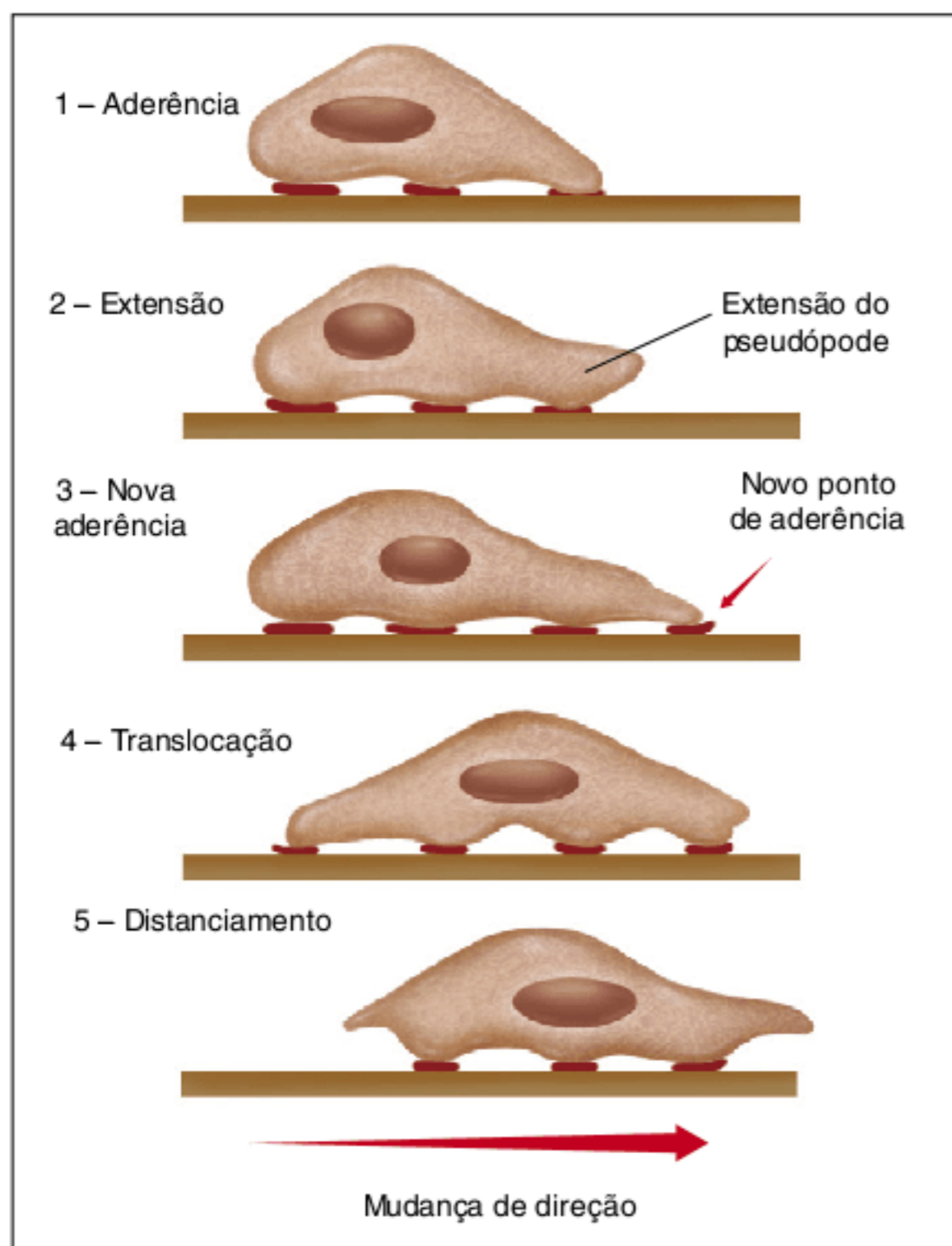


Fig. 8 A formação de pseudópodes deve-se à conversão de gel em sol na região do ectoplasma.

O citosol apresenta **correntes citoplasmáticas**, conhecidas como **ciclose**. As correntes ocorrem devido ao deslizamento de filamentos das proteínas actina e miosina (abundantes em células musculares). Esse fluxo permite movimentações dentro da célula, aumentando a interação entre diferentes tipos de organelos e moléculas, permitindo elevar a atividade metabólica. Essa movimentação é dependente de diversos fatores, como a disponibilidade de oxigênio e a temperatura (Fig. 9).

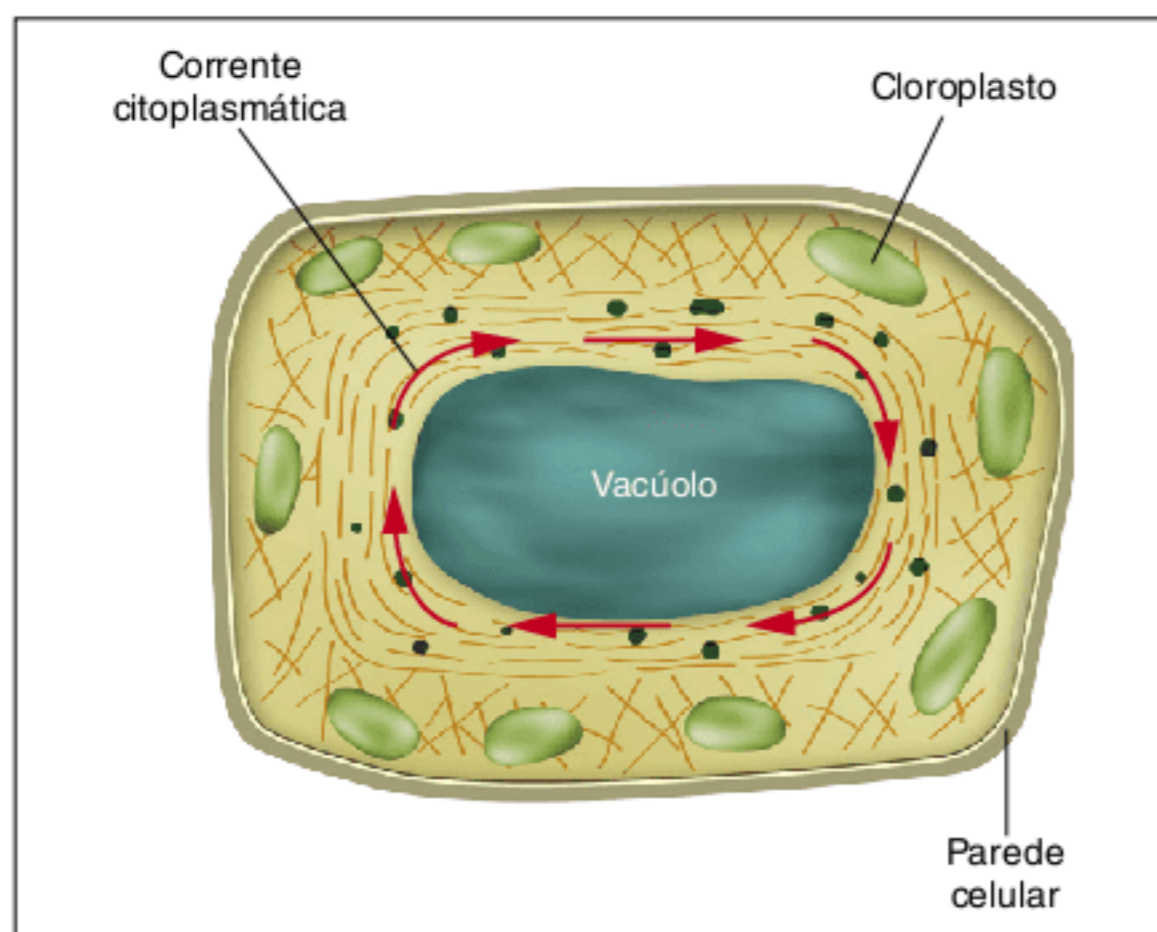


Fig. 9 Representação da ciclose: correntes citoplasmáticas decorrentes de deslizamentos de microfilamentos.

## Filamentos intermediários

Nas células animais, são principalmente constituídos por moléculas da **proteína queratina**. Encontram-se associados aos **desmossomos**, responsáveis pela função de reforço na adesão entre células vizinhas, preservando a integridade da membrana plasmática diante das fortes trações que ela pode sofrer.

## Microtúbulos

São constituídos pela polimerização de moléculas de **tubulina**. Essa polimerização se dá principalmente em estruturas conhecidas como **MTOCs** (centros organizadores de microtúbulos, em português); em células vegetais, há vários deles, junto à membrana plasmática, enquanto células animais apresentam, no início da intérfase, centros organizadores de microtúbulos bastante desenvolvidos (centrossomos). O centrossomo é uma região do citoplasma não delimitada por membrana e que contém um par de centríolos. Microtúbulos formam os componentes do fuso que têm participação fundamental na fixação e no transporte dos cromossomos na divisão celular (Fig. 10).

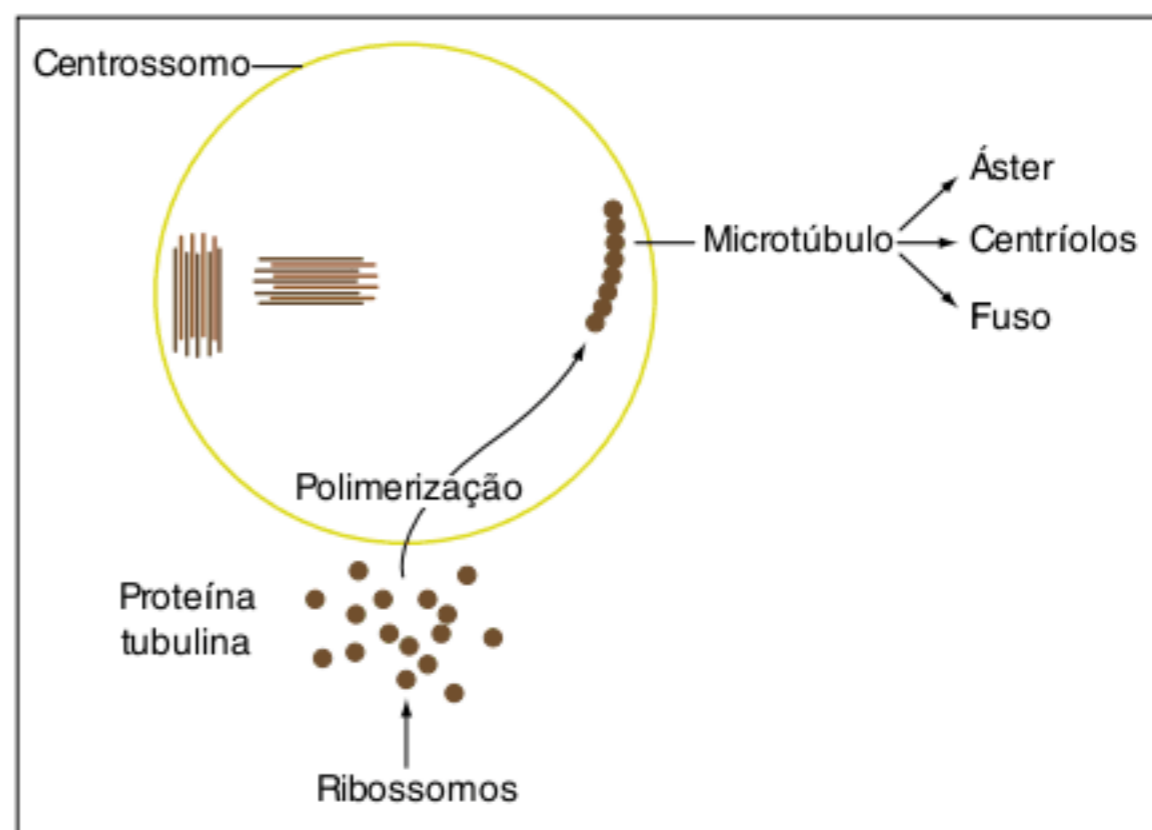


Fig. 10 Processo de polimerização de tubulina no interior do centrossomo. Isso resulta na formação de microtúbulos, componentes do aster, do centríolo e das fibras do fuso.

## Centríolos

Os centríolos são produzidos no centrossomo de células animais e constituídos por **microtúbulos**. Os centríolos dispõem-se em pares, com os dois componentes perpendiculares entre si. Cada centríolo tem nove trios de microtúbulos agrupados e constituindo um cilindro; a duplicação dos centríolos inicia-se no período S da intérfase, e em G2 sua duplicação está concluída.

A partir dos centríolos, são produzidos cílios e flagelos, dotados de estrutura semelhante à dos centríolos; no entanto, cílios e flagelos apresentam um par de microtúbulos em posição central. Os **cílios** normalmente são mais curtos e numerosos que os flagelos. Estão presentes em protozoários, platelmintos, moluscos bivalves e no organismo humano, com alguns exemplos nas células do sistema respiratório. Os **flagelos** estão presentes em diversas estruturas, como nos espermatozoides humanos, em protozoários e nos coanócitos de poríferos (Fig. 11).



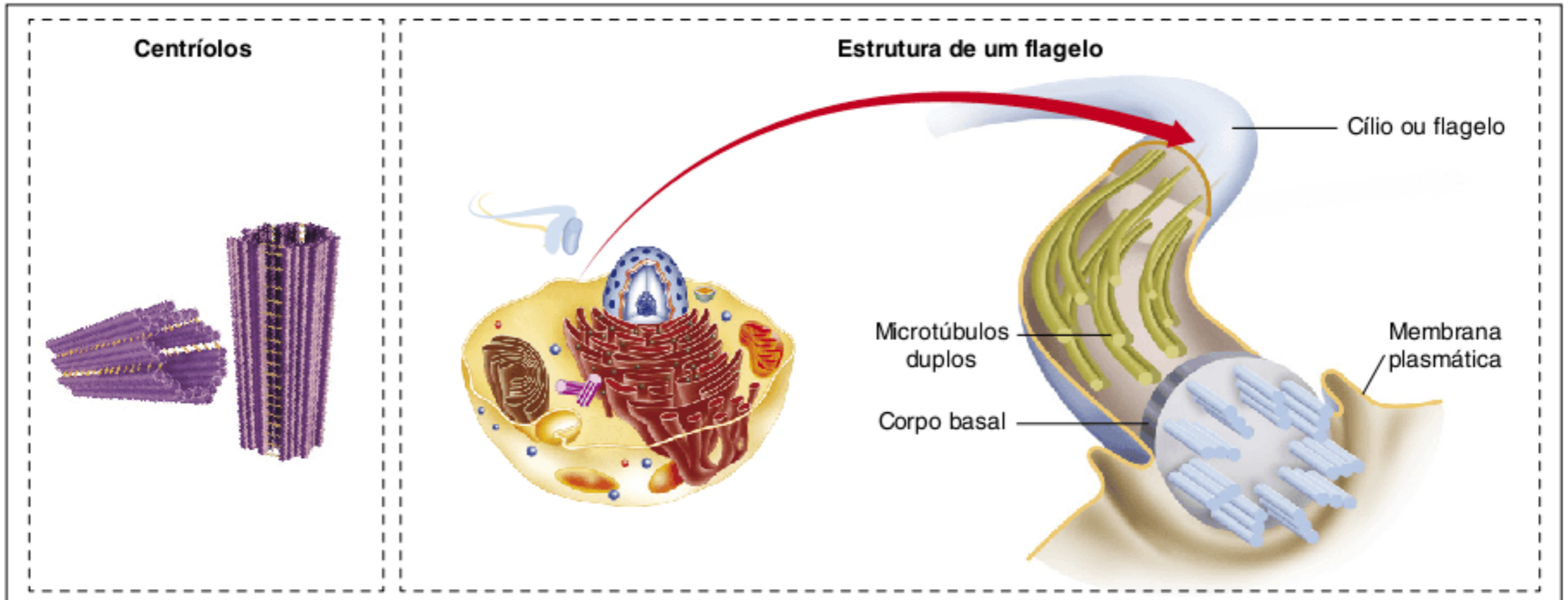


Fig. 11 Centríolos, flagelos e cílios têm estrutura similar, constituída por grupos de microtúbulos.

## Revisando

**1** Onde se situa, em uma célula eucariótica, o citoplasma?

---



---



---



---



---

**2** O que é citosol?

---



---



---



---



---

**3** O que pode ser encontrado no citosol?

---



---



---



---



---

**4** O que é cloroplasto?

---



---



---



---



---



**5** Qual a composição dos ribossomos? E como são formados?

---

---

---

---

---

---

**6** Qual a constituição e a função do retículo endoplasmático?

---

---

---

---

---

---

---

---

**7** De onde são oriundos os lisossomos? Qual sua constituição e função?

---

---

---

---

---

---

---

---

**8** Qual a diferença entre lisossomos e peroxissomos?

---

---

---

---

---

---

---

---

**9** O citoesqueleto é formado por filamentos proteicos, presentes em eucariontes e ausentes nos procariontes. Há três tipos de componentes proteicos do citoesqueleto. Cite-os.

---

---

---

---

---

---

---

---

**10** Onde são produzidos os centríolos? Qual sua constituição?

---

---

---

---

---

---

---

---



## Exercícios propostos

**1 UEL** Considere o texto a seguir.

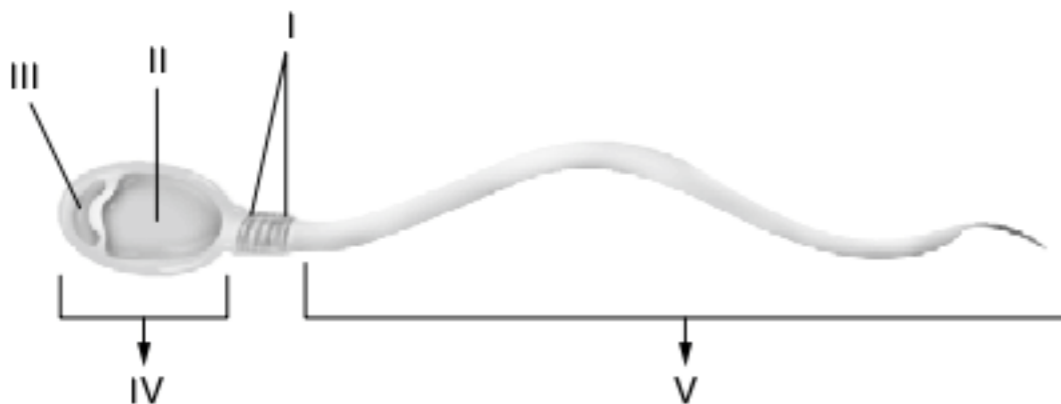
“As células caliciformes do intestino secretam muco que é constituído, fundamentalmente, por glicoproteínas. A parte proteica do muco é sintetizada .....(I); e a polissacarídica, .....(II)” Para completar o texto corretamente, I e II devem ser substituídos, respectivamente, por:

- (a) nos ribossomos e nas mitocôndrias.
- (b) nas mitocôndrias e no complexo de Golgi.
- (c) no complexo de Golgi e nas mitocôndrias.
- (d) no retículo endoplasmático rugoso e no complexo de Golgi.
- (e) no retículo endoplasmático rugoso e nas mitocôndrias.

**2 UFSM** Os trabalhadores que lidam com amianto podem ser acometidos por uma doença chamada silicose. As células do epitélio pulmonar desses indivíduos fagocitam partículas de sílica presentes no ar. Como essas partículas não podem ser digeridas, acumulam-se no interior de uma organela celular. O acúmulo de sílica acaba rompendo a organela e ocasionando a destruição generalizada das células por ação de enzimas digestivas. A organela envolvida na silicose é o(a):

- (a) peroxissoma.
- (b) complexo de Golgi.
- (c) lisossoma.
- (d) mitocôndria.
- (e) retículo endoplasmático liso.

**3 Puccamp** O esquema a seguir representa um espermatozoide humano.



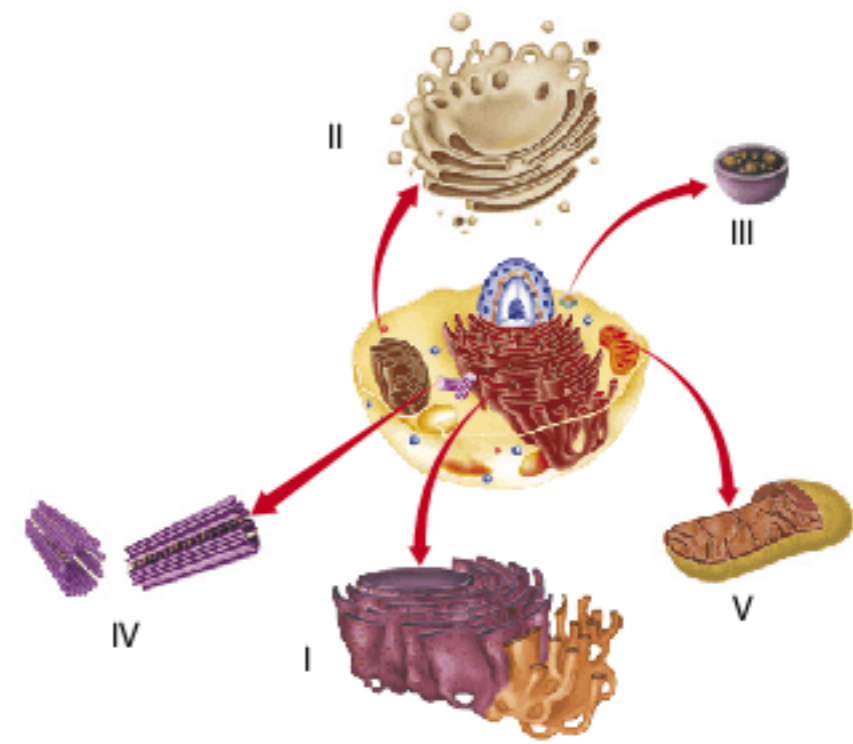
Os centríolos e o complexo de Golgi participam, respectivamente, na formação das estruturas:

- (a) I e II.
- (b) II e IV.
- (c) III e V.
- (d) IV e I.
- (e) V e III.

**4 UFSM** Chama-se citoesqueleto a rede de proteínas filamentosas envolvidas em dar forma e movimento à célula. Não estão relacionados com o citoesqueleto:

- (a) microtúbulos e microfilamentos.
- (b) cílios e flagelos.
- (c) ciclose e movimentos ameboides.
- (d) peroxissomos e mitocôndrias.
- (e) desmossomos e centríolos.

**5 UFPE 2004** O esquema a seguir mostra uma célula animal, vista ao microscópio eletrônico, com algumas estruturas em destaque. Analise-o conjuntamente com as proposições dadas.



- O retículo endoplasmático liso (I) é bem desenvolvido em células que sintetizam e secretam lipídeos.
- Células caliciformes da mucosa intestinal produzem um líquido lubrificante e protetor, o muco, que é secretado pelo complexo de Golgi (II).
- As enzimas hidrolíticas, produzidas no retículo endoplasmático rugoso, passam ao complexo de Golgi para “empacotamento” e são liberadas sob a forma de lisossomos (III).
- Em geral, há dois centríolos (IV) por célula, dispostos perpendicularmente e que ficam localizados no centrosomo.
- As mitocôndrias (V), pequenos orgânulos presentes nas células e relacionadas com processos energéticos, devido ao seu tamanho reduzido, são visíveis apenas ao microscópio eletrônico.

**6 Ufal** As células dos ácinos pancreáticos produzem enzimas digestivas que se acumulam dentro de bolsas membranosas originadas:

- (a) no retículo endoplasmático rugoso.
- (b) no complexo de Golgi.
- (c) nos peroxissomos.
- (d) nas mitocôndrias.
- (e) nos lisossomos.

**7** Leia atentamente a seguinte descrição.

“Organela que atua como uma rede de distribuição de substâncias no interior da célula, com funções de produzir lipídeos, destruir ou modificar compostos tóxicos, armazenar substâncias e ajudar na produção de proteínas”.

Essa descrição refere-se à organela celular:

- (a) complexo de Golgi.
- (b) ribossomo.
- (c) retículo endoplasmático.
- (d) cloroplasto.
- (e) lisossomo.



**8 CEFET-CE 2004** A fotossíntese e a respiração celular ocorrem, respectivamente:

- (a) nas mitocôndrias e nos ribossomos.
- (b) nos ribossomos e no complexo de Golgi.
- (c) no complexo de Golgi e nos cloroplastos.
- (d) nos cloroplastos e nos ribossomos.
- (e) nos cloroplastos e nas mitocôndrias.

**9 Unirio** Uma das hipóteses mais amplamente aceitas na biologia considera que mitocôndrias e cloroplastos se originaram de uma relação mutualística entre procariontes e eucariontes primitivos. Qual das seguintes observações constituiria evidência correta para apoiar essa hipótese?

- (a) As mitocôndrias são responsáveis pela respiração, e os cloroplastos pela fotossíntese.
- (b) Mitocôndrias e cloroplastos apresentam ribossomas, que são responsáveis pela síntese proteica.
- (c) Cloroplastos e mitocôndrias são organelas membranosas presentes no citoplasma da célula.
- (d) Essas organelas apresentam enzimas responsáveis por reações de oxidação e redução de moléculas.
- (e) Tanto mitocôndrias quanto cloroplastos apresentam DNA circular, distinto do DNA do núcleo.

**10 UFSC** Os cientistas Gerald Schatten e Peter Sutovsky, [...], descobriram que as mitocôndrias [...] de espermatozoides são destruídas após fertilizarem os óvulos.

*Ciência Hoje*, ed. 158, v. 27, mar. 2000, p. 12.

Com relação ao assunto exposto, é correto afirmar que:

- 01 as mitocôndrias são organelas responsáveis pela produção de energia nas células.
- 02 as mitocôndrias dependem do DNA do núcleo das células a que pertencem para se multiplicarem.
- 04 o fenômeno descrito explica por que os mamíferos só herdam o DNA mitocondrial do lado materno.
- 08 as mitocôndrias, por conterem seu próprio DNA, também participam da lise nas células e nos tecidos.
- 16 as mitocôndrias dos vegetais possuem clorofila em sua constituição.
- 32 as mitocôndrias exercem uma função denominada respiração celular, que produz ao final o ATP, molécula altamente energética.
- 64 nas células eucarióticas primitivas, as mitocôndrias estão ausentes.

Soma =

**11 UEL** Nas células clorofiladas dos vegetais, as moléculas de ATP necessárias para o metabolismo celular formam-se:

- (a) somente nos cloroplastos.
- (b) somente nas mitocôndrias.
- (c) somente no hialoplasma e nos cloroplastos.
- (d) somente no hialoplasma e nas mitocôndrias.
- (e) no hialoplasma, nos cloroplastos e nas mitocôndrias.

**12 Fuvest 2003** As mitocôndrias são consideradas as “casas de força” das células vivas. Tal analogia refere-se ao fato de as mitocôndrias:

- (a) estocarem moléculas de ATP produzidas na digestão dos alimentos.
- (b) produzirem ATP com utilização de energia liberada na oxidação de moléculas orgânicas.
- (c) consumirem moléculas de ATP na síntese de glicogênio ou de amido a partir de glicose.
- (d) serem capazes de absorver energia luminosa utilizada na síntese de ATP.
- (e) produzirem ATP a partir da energia liberada na síntese de amido ou de glicogênio.

**13 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) a mitocôndria.
- (b) o complexo de Golgi.
- (c) o lisossomo.
- (d) o retículo endoplasmático rugoso.

**14 CEFET-MG 2005** A substância orgânica usada pelos organismos vivos, como fonte primária de energia, é elaborada no interior da organela citoplasmática denominada:

- (a) cloroplastos.
- (b) mitocôndria.
- (c) ribossomos.
- (d) lisossomos.

**15 UFV** Assinale a alternativa que contém as organelas celulares relacionadas com a síntese e a secreção de proteínas, respectivamente.

- (a) Retículo endoplasmático granular e complexo de Golgi.
- (b) Retículo endoplasmático granular e lisossomos.
- (c) Complexo de Golgi e mitocôndrias.
- (d) Mitocôndrias e lisossomos.
- (e) Retículo endoplasmático liso e complexo de Golgi.

**16 Fuvest 2003** Certas doenças hereditárias decorrem da falta de enzimas lisossômicas. Nesses casos, substâncias orgânicas complexas acumulam-se no interior dos lisossomos e formam grandes inclusões que prejudicam o funcionamento das células.

- a) O que são lisossomos e como eles contribuem para o bom funcionamento de nossas células?
- b) Como se explica que as doenças lisossômicas sejam hereditárias se os lisossomos não são estruturas transmissíveis de pais para filhos?

**17 FEI** As funções de síntese proteica, síntese de lipídeos, digestão intracelular, respiração celular e formação do fuso acromático são realizadas, respectivamente, pelas seguintes estruturas:



- (a) ribossomo, retículo endoplasmático liso, mitocôndrias, lisossomos e centríolos.
- (b) ribossomo, retículo endoplasmático liso, lisossomos, mitocôndrias e centríolos.
- (c) ribossomo, lisossomos, retículo endoplasmático liso, mitocôndrias e centríolos.
- (d) retículo endoplasmático liso, mitocôndrias, lisossomos, centríolos e ribossomos.
- (e) retículo endoplasmático liso, ribossomos, lisossomos, centríolos e mitocôndrias.

Texto para a questão 18.

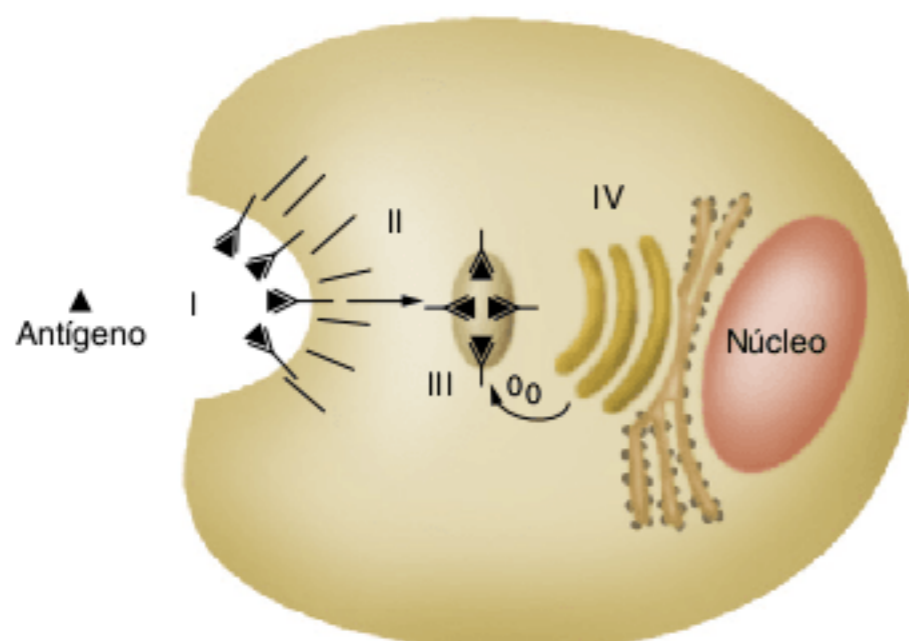
Notícia de algum jornal do futuro...

**Inicia a campanha nacional de vacinação contra sarampo e tuberculose**

O destaque da campanha de vacinação, neste ano, é a utilização de cerejas coloridas, sem sementes. Segundo a bióloga Josefa da Silva, responsável pela equipe que desenvolveu os novos frutos, técnicas especiais de cruzamento foram aplicadas em dois tipos de cerejeiras transgênicas, resultando na obtenção de plantas triploides ( $3n = 72$ ), incapazes de produzir sementes. Apesar de passar por todas as etapas do ciclo reprodutivo, não há a formação de endosperma, e o processo cessa nas primeiras divisões celulares do zigoto. As novas cores (amarela, verde, roxa e branca) haviam sido obtidas, anteriormente, por mutação no gene responsável pela produção de pigmento na casca do fruto. As formas mutantes para esse loco, diz a pesquisadora, não interferem na eficiência das plantas transgênicas como produtoras de vacinas. Elas continuam apresentando, nos frutos, as substâncias que, depois de liberadas pela digestão, ligam-se à membrana plasmática dos linfócitos e sofrem endocitose, determinando o desenvolvimento da resposta imunológica.

Outra inovação dessas cerejas é a resistência às moscas "Anastrepha fraterculus", que, nos últimos anos, estabeleceram-se como pragas importantes do cultivo de cerejas-vacina. Da mesma forma, as plantas apresentam resistência aos nematoides que atacavam a raiz principal do sistema axial desses vegetais. Com o cultivo das novas variedades de cerejas resistentes, espera-se que essas pragas mantenham-se afastadas dos pomares de vacinas, por algum tempo.

**18 UFSM 2003** Analise a figura a seguir, que esquematiza o processo de endocitose ocorrido nos linfócitos.



Na organela representada por III, enzimas hidrolíticas fazem a digestão parcial do material que sofreu endocitose. Essa organela é um(a):

- (a) lisossomo.
- (b) peroxissomo.
- (c) centríolo.
- (d) complexo de Golgi.
- (e) mitocôndria.

**19 PUC-PR 2005** Um pesquisador, ao examinar uma amostra de tecido hepático no microscópio eletrônico, descreveu a presença de estruturas intracelulares compostas de duas membranas, sendo a membrana externa lisa e a interna com invaginações sob a forma de cristas ou túbulos. No interior, ele identificou uma substância escura denominada matriz, muito rica em proteínas. As estruturas descritas correspondem a:

- (a) peroxissomos.
- (b) ribossomos.
- (c) lisossomos.
- (d) mitocôndrias.
- (e) aparelho de Golgi.

**20 UFSC** Em relação à ocorrência, à origem da estrutura e à função das organelas citoplasmáticas, assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s).

- 01 O complexo de Golgi existe em abundância nas células secretoras e participa da síntese de aminoácidos.
- 02 Os vacúolos pulsáteis ocorrem em alguns protistas e participam da manutenção do equilíbrio homeostático.
- 04 As mitocôndrias são formadas de enzimas oxidantes e participam do processo de desintoxicação celular.
- 08 Os lisossomos originam-se do ergastoplasma (RER) e do complexo de Golgi e participam do processo de respiração celular.
- 16 Os vacúolos do suco celular são exclusivos das células vegetais, sendo pequenos e numerosos nas células jovens e geralmente únicos na célula adulta.
- 32 Os centríolos coordenam o processo de divisão cromossômica.
- 64 Os plastos são organelas citoplasmáticas que ocorrem em todos os vegetais e em todos os protistas.

Soma =

**21 UFPE 2003** Sobre as organelas celulares, podemos afirmar que:

- o retículo endoplasmático está relacionado com a produção de proteínas e lipídeos.
- os lisossomos são bolsas cheias de dímeros de reserva.
- no ribossomo, organela formada por duas subunidades de tamanhos diferentes, ocorre a síntese dos lipídeos.
- no aparelho de Golgi das células acinosas do pâncreas, formam-se os precursores dos hormônios pancreáticos.
- na mitocôndria, ocorre o ciclo de Krebs.

**22 Mackenzie** Células musculares, células glandulares e células de um microrganismo de água doce deverão ter bem desenvolvidas as seguintes organelas, respectivamente:



- (a) cloroplastos, mitocôndrias e centríolos.
- (b) complexo de Golgi, retículo endoplasmático liso e lisossomos.
- (c) mitocôndrias, complexo de Golgi e vacúolo contrátil.
- (d) retículo endoplasmático rugoso, mitocôndrias e complexo de Golgi.
- (e) centríolos, vacúolo contrátil e lisossomos.

**23 Ufla 2003** Para que um tipo de célula exerça sua função, é necessário o funcionamento intensivo do retículo endoplasmático rugoso e do complexo de Golgi. Essa célula é responsável por:

- (a) degradação de proteínas.
- (b) armazenamento de vitaminas.
- (c) armazenamento de gorduras.
- (d) secreção de lipídeos.
- (e) secreção de proteínas.

**24 Fatec** Considere as seguintes funções que ocorrem no interior da célula: digestão intracelular, respiração, transporte de substâncias e secreção. Essas funções são realizadas, respectivamente, por:

- (a) mitocôndria, complexo de Golgi, lisossomo e retículo endoplasmático.
- (b) ribossomo, mitocôndria, retículo endoplasmático e complexo de Golgi.
- (c) lisossomo, mitocôndria, retículo endoplasmático e complexo de Golgi.
- (d) lisossomo, complexo de Golgi, mitocôndria e retículo endoplasmático.
- (e) ribossomo, mitocôndria, retículo endoplasmático e complexo de Golgi.

**25 Unirio** Podemos dividir as funções citoplasmáticas em três grupos:

- I. síntese e transporte das macromoléculas;
- II. metabolismo energético;
- III. movimentos celulares.

Quanto às estruturas envolvidas nessas funções, podemos afirmar que:

- (a) ribossomos, retículo endoplasmático e complexo de Golgi desempenham funções do tipo I.
- (b) cloroplastos, mitocôndrias e microtúbulos desempenham funções do tipo II.
- (c) microtúbulos, microfilamentos e vacúolos desempenham funções do tipo III.
- (d) peroxissomos e glioxissomos desempenham tanto as funções do tipo I quanto as funções do tipo II.
- (e) centríolos, cílios e flagelos desempenham tanto as funções do tipo II quanto as funções do tipo III.

**26 Unioeste** Escolha a(s) alternativa(s) correta(s) com relação a organelas celulares.

- 01 Lisossomos são pequenas vesículas originadas a partir das mitocôndrias.
- 02 O complexo de Golgi tem como função receber, armazenar e, frequentemente, modificar proteínas.
- 04 Ribossomos são constituídos de RNA e proteínas.

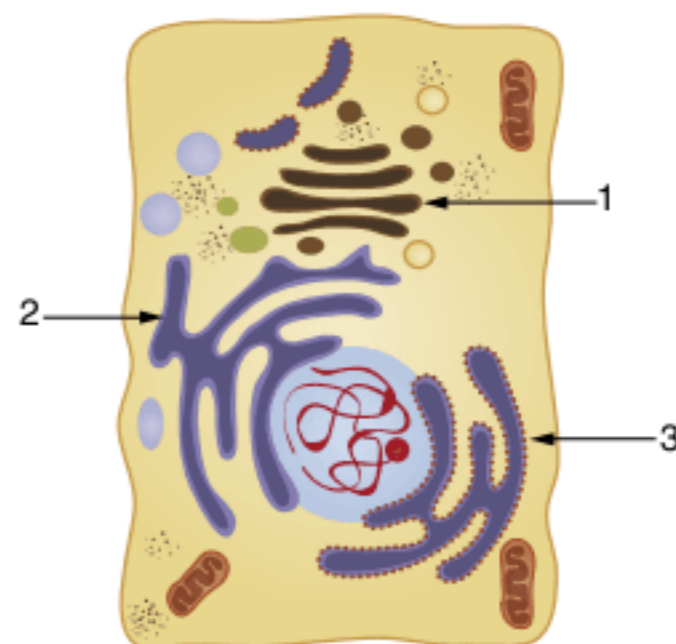
- 08 Peroxissomos estão relacionados com a quebra de ácidos graxos.
- 16 As mitocôndrias têm como função principal produzir glicose a partir de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ .
- 32 Os centríolos estão presentes tanto em células animais quanto em células vegetais.
- 64 O acrossomo de um espermatozoide é formado a partir do complexo de Golgi modificado.

Soma =

**27 Unicamp** No citoplasma das células, são encontradas diversas organelas, cada uma com funções específicas, mas interagindo e dependendo das outras para o funcionamento celular completo. Assim, por exemplo, os lisossomos estão relacionados ao complexo de Golgi e ao retículo endoplasmático rugoso, e todos às mitocôndrias.

- a) Explique que relação existe entre lisossomos e complexo de Golgi.
- b) Qual a função dos lisossomos?
- c) Por que todas as organelas dependem das mitocôndrias?

**28 UFF** Observe as três organelas indicadas na figura.



Assinale a opção que, relativamente a cada uma dessas organelas, apresenta sua identificação seguida de uma de suas funções.

- (a) 1 – Retículo endoplasmático liso – síntese de lipídeos; 2 – Retículo endoplasmático rugoso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 3 – Complexo de Golgi – secreção celular.
- (b) 1 – Complexo de Golgi – respiração celular; 2 – Retículo endoplasmático rugoso – secreção celular; 3 – Retículo endoplasmático liso – transporte de substâncias.
- (c) 1 – Complexo de Golgi – origem dos lisossomos; 2 – Retículo endoplasmático liso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 3 – Retículo endoplasmático rugoso – síntese de proteínas.
- (d) 1 – Complexo de Golgi – secreção celular; 2 – Retículo endoplasmático liso – síntese de proteínas; 3 – Retículo endoplasmático rugoso – síntese de lipídeos.
- (e) 1 – Retículo endoplasmático liso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 2 – Retículo endoplasmático rugoso – síntese de proteínas; 3 – Complexo de Golgi – respiração celular.



## TEXTOS COMPLEMENTARES

### Reexaminando os orgânulos e seu papel metabólico

Uma célula realiza trocas com o meio em que se encontra. Em seu interior, os componentes celulares realizam uma série de processos que garantem a manutenção da vida da célula.

Entre esses processos, destacam-se:

- transporte de materiais;
- respiração celular e fermentação;
- síntese;
- secreção;
- digestão.

#### Transporte de materiais

De maneira geral, há dois tipos de transporte:

- por meio da membrana;
- no interior da célula.

O transporte por meio da membrana envolve a entrada e a saída de materiais. A célula recebe água, gás oxigênio ( $O_2$ ) e diversos tipos de nutrientes: sais, aminoácidos, bases nitrogenadas e carboidratos (como glicose, ribose e desoxirribose). Esses materiais são processados no interior da célula e ela elimina, pela da membrana, outros materiais. É o caso do gás carbônico, da amônia ( $NH_3$ ) e de algumas secreções (como proteínas). A célula pode também eliminar água e diversos tipos de sais minerais.

O transporte no interior da célula envolve a circulação por meio do citosol. Muitas substâncias dissolvidas na água desse coloide transitam por várias partes da célula; além disso, há um orgânulo especializado no transporte, o **retículo endoplasmático** (R.E.). Trata-se de um conjunto de canais delimitados por membranas de natureza lipoproteica. Em seu interior, ocorre o fluxo de alguns materiais, como proteínas e lipídeos.

#### Respiração celular e fermentação

Uma parte dos nutrientes que a célula recebe atua como fonte de energia. É o caso da glicose, que pode ser degradada no citoplasma por meio dos processos de respiração celular ou de fermentação.

A respiração inicia-se no citosol e é completada no interior das mitocôndrias, organelas dotadas de DNA. Trata-se de um processo **aeróbico**, ou seja, que envolve a utilização de gás oxigênio ( $O_2$ ). A respiração, que gera  $CO_2$  e  $H_2O$ , libera energia na forma de calor, sendo que uma parte da energia é temporariamente armazenada na substância **ATP** (adenosina trifosfato).

A fermentação ocorre apenas no citosol. É um processo **anaeróbico**, ocorrendo sem o emprego de  $O_2$ . Células musculares, por exemplo, realizam fermentação quando não recebem a quantidade adequada de  $O_2$ .

#### Síntese

Alguns nutrientes que a célula recebe são empregados em processos de síntese, ou seja, na formação de moléculas maiores e mais complexas, como DNA e proteínas. A fotossíntese é um tipo de síntese que ocorre em plantas, algas e bactérias, no interior de orgânulos denominados cloroplastos.

Esses orgânulos são estruturas membranosas, dotadas de DNA, e que apresentam clorofila e outros pigmentos. A clorofila é uma molécula orgânica complexa, dotada de um átomo central de magnésio; é responsável pela absorção de energia luminosa, indispensável para a realização de fotossíntese.

A fotossíntese emprega gás carbônico, água e energia luminosa, gera glicose, gás oxigênio e água. Deve-se notar que a glicose é uma molécula mais complexa ( $C_6H_{12}O_6$ ), produzida a partir de moléculas menores ( $CO_2$  e  $H_2O$ ). Isso caracteriza um processo de síntese metabólica.

Outras importantes sínteses são as que geram o DNA e as proteínas. O DNA é produzido no interior do núcleo, das mitocôndrias e dos cloroplastos. Moléculas de DNA servem de modelo para a produção de novas moléculas de DNA, utilizando-se fosfato, desoxirribose e bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e timina). O DNA constitui o material genético das células.

A síntese de proteínas ocorre nos **ribossomos**, estruturas com aspecto granular (pequenos grãos) e que não são delimitados por membrana. Proteínas são sintetizadas pela reunião de aminoácidos. Algumas são empregadas na construção de estruturas celulares, outras podem atuar como enzimas e ainda há proteínas eliminadas no processo de secreção celular.

Os lipídeos, por sua vez, são sintetizados no **retículo endoplasmático liso** (não têm ribossomos em sua superfície). Há diversos tipos de lipídeos, produzidos a partir de inúmeras substâncias, como carboidratos e aminoácidos. Os lipídeos exercem vários papéis: são componentes da membrana, atuam como hormônios (como a testosterona e o estrógeno), são armazenadores de energia, entre outros.

	Local de síntese	Materiais usados na síntese	Papéis biológicos
DNA	Núcleo, mitocôndrias e cloroplastos	Fosfato, desoxirribose e bases nitrogenadas	Material genético
Proteínas	Ribossomos	Aminoácidos	Construção, enzimas e secreção
Lipídeos	Retículo endoplasmático liso	Aminoácidos, carboidratos e outros	Reserva, membranas, hormônios.

Principais tipos de síntese celular.

#### Secreção

Cada uma de nossas células recebe do organismo materiais necessários à sua sobrevivência. Por outro lado, várias células liberam substâncias úteis e que contribuem para o funcionamento de outras células. Esse é o processo de secreção, relacionado com o orgânulo citoplasmático conhecido como **complexo golgiense**.



Constituído por sacos membranosos achatados, empilhados e com extremidades dilatadas, o complexo golgiense recebe materiais provenientes do retículo endoplasmático. Esses materiais são concentrados e empacotados no interior de vesículas que brotam do complexo golgiense. Essas vesículas fundem-se à membrana plasmática e ocorre a liberação do material para o espaço extracelular. Esse é o processo de secreção celular e ocorre, por exemplo, em células:

- do estômago, que liberam enzimas digestivas para a cavidade estomacal;
- da hipófise, responsáveis pela produção do hormônio de crescimento;
- dos testículos, que sintetizam o hormônio testosterona.

## Digestão

É um processo de quebra de moléculas grandes com a participação de enzimas e de água. Trata-se, portanto, de uma **hidrólise**

## Doenças lisossômicas

Alterações nos lisossomos podem provocar graves distúrbios, conhecidos como doenças lisossômicas. Os lisossomos podem ter enzimas alteradas por conta de alelos mutantes presentes no indivíduo, como acontece na **doença de Tay-Sachs**.

Outras vezes, o organismo é exposto a partículas que desestabilizam a membrana de lisossomos, que liberam enzimas, promovendo a digestão de estruturas e causando doenças, como a **silicose** (resultado da exposição à sílica) e a **asbestose** (resultado da exposição ao amianto). A sílica, por exemplo, é liberada em minas quando rochas são explodidas e se dispersam no ar; inalada

**enzimática**. Proteínas, por exemplo, ao sofrerem digestão, geram aminoácidos; já a digestão do DNA produz bases nitrogenadas, fosfato e desoxirribose.

Enzimas digestivas são encontradas no interior do complexo golgiense, o qual as secreta em organoides chamadas **lisossomos**. As enzimas lisossômicas podem atuar em materiais provenientes do meio externo da célula. Isso ocorre, por exemplo, quando uma bactéria é englobada por células de defesa. A bactéria é digerida por enzimas lisossômicas e isso constitui uma modalidade de defesa do organismo.

Lisossomos também atuam na digestão de estruturas da própria célula. Uma mitocôndria pouco funcional é digerida e seus componentes são reutilizados no metabolismo celular. Por outro lado, a célula gera novas mitocôndrias, dotadas de maior capacidade funcional do que a mitocôndria que foi digerida.

pelos pessoas, a sílica pode desestabilizar lisossomos de células pulmonares, promovendo diminuição de superfície pulmonar.

Há o caso de príons (proteínas infecciosas), geradas no retículo endoplasmático rugoso e que podem ser exportadas das células. Essas proteínas podem ser ingeridas por outros organismos, mas não são digeridas. Ocorre que príons podem penetrar em células e desestabilizar lisossomos, provocando a morte da célula. Isso pode afetar o cérebro, destruindo grandes áreas e caracterizando as chamadas encefalopatias espongiformes transmissíveis, como a que ocorre na conhecida **doença da "vaca louca"**.

## RESUMINDO

O **citoplasma de eucariontes** localiza-se entre a **membrana plasmática** e a **carioteca**. Já o **citoplasma de procariontes** é todo o conjunto envolvido pela membrana plasmática.

O **citossol (hialoplasma)** é composto de **água** e **proteínas**, com materiais dissolvidos, como íons, açúcares, bases nitrogenadas, aminoácidos, **RNA** e enzimas.

No citossol, são também encontrados **orgânulos citoplasmáticos**. Entre eles estão:

- **Cloroplastos**: realizam a fotossíntese e possuem DNA próprio.
- **Mitocôndrias**: responsáveis pela respiração celular. Possuem DNA próprio.
  - Características de **mitocôndrias** e **cloroplastos**: envolvidos na **Teoria da Endossimbiose**, a qual salienta a possibilidade de eucariontes terem englobado procariontes (bactérias e cianobactérias), que, após mutações, originaram organelas citoplasmáticas.
- **Ribossomos**: constituídos por proteínas e por RNA ribossômico. São responsáveis pela produção de proteínas, formando cadeias de aminoácidos.
- **Peroxisomos**: vesículas membranosas que contêm enzimas (como a catalase) que provocam a oxidação de moléculas, como, por exemplo, a decomposição da água oxigenada.
- **Retículo endoplasmático liso/agranular (REL)**: constituído por tubos ramificados. Responsável pela síntese de substâncias (ácidos graxos, fosfolípidos e colesterol) e armazenamento de íons.
- **Retículo endoplasmático rugoso/granular (RER)**: constituído por canais ramificados achatados, com ribossomos aderidos. Responsável pelo armazenamento de proteínas (produzidas pelos ribossomos) e pela síntese de carboidratos complexos.



- **Complexo golgiense:** constituído por sacos membranosos achatados com a função de concentrar materiais recebidos, podendo realizar modificações químicas nas substâncias. Possui uma **face cis** (voltada para o RE) e uma **face trans** (voltada para a MP). Da face *trans* brotam vesículas, que podem ser destinadas à secreção (de materiais para fora da célula) ou formação de outras estruturas (lisossomos, acrossomos, lamelas médias das células vegetais). Nas células vegetais, há unidades do complexo golgiense (**dictiossomos** ou **golgiossomos**) espalhadas pelo citoplasma.
- **Lisossomos:** vesículas membranosas com enzimas digestivas, responsáveis pela digestão intracelular **heterofágica** (de partículas de fora da célula obtidas por **fagocitose** ou **pinocitose**) e **autofágica** (de estruturas de dentro da célula, contribuindo para a renovação celular).
  - **Lisossomos primários:** anteriores à fusão com o vacúolo alimentar.
  - **Lisossomos secundários:** estrutura resultante da fusão do primário com o vacúolo alimentar.
  - A **apoptose** refere-se à “morte celular programada”.
- **Citoesqueleto:**
  - **Microfilamentos:** formados por filamentos de **actina**, responsáveis pela estrutura (organização do citosol na **forma gel** – na região do **ectoplasma** – e da **forma sol** – na região mais interna, o **endoplasma**) e atividade celular, com a formação de **pseudópodes** e das correntes citoplasmáticas (**ciclose**).
  - **Filamentos intermediários:** principalmente constituídos por **queratina**, são associados aos **desmossomos** (responsáveis pela adesão entre células vizinhas).
  - **Microtúbulos:** constituídos pela polimerização de moléculas de **tubulina**. São os componentes do **fuso** (presentes na divisão celular).
  - **Centríolos:** produzidos no **centrossomo** de células animais e constituídos por **microtúbulos**. Dispostos em pares, com cada estrutura perpendicular entre si. Responsáveis pela formação de **cílios** e **flagelos** das células.

## ■ QUER SABER MAIS?



### SITES

- Reportagem da revista *Ciência Hoje* sobre planetário inflável que simula viagem em 3D pelo interior celular. Veja o vídeo projetado. <<http://cienciahoje.uol.com.br/alo-professor/intervalo/2011/05/viagem-ao-centro-da-celula>>.
- Cientistas brasileiros conseguiram usar polpa de dentes de leite para criar células-tronco, que podem dar origem a qualquer outra do corpo humano. <[www1.folha.uol.com.br/ciencia/891060-celula-do-dente-volta-a-fase-embrionaria.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/891060-celula-do-dente-volta-a-fase-embrionaria.shtml)>.

## Exercícios complementares

**1 Fatec** Mitocôndrias e cloroplastos são organelas citoplasmáticas que apresentam a capacidade de autoduplicação. Isso ocorre:

- por apresentarem certa quantidade de ácido desoxirribonucleico.
- por ser a atividade metabólica das mitocôndrias relacionada à respiração celular, e a do cloroplasto relacionada com a fotossíntese.
- devido à dependência da mitocôndria ao  $O_2$ , na respiração aeróbica, e do cloroplasto ao  $CO_2$ , na fotossíntese.
- pelo fato de serem as organelas que apresentam as principais atividades metabólicas da célula.
- por serem as organelas que armazenam energia.

**2 Unicamp** Os ribossomos são encontrados livres no citoplasma, associados à superfície do retículo endoplasmático e dentro de mitocôndrias e cloroplastos, desempenhando sempre a mesma função básica.

- Que função é essa?
- Por que alguns dos ribossomos se encontram associados ao retículo endoplasmático?
- Por que as mitocôndrias e os cloroplastos também têm ribossomos em seu interior?

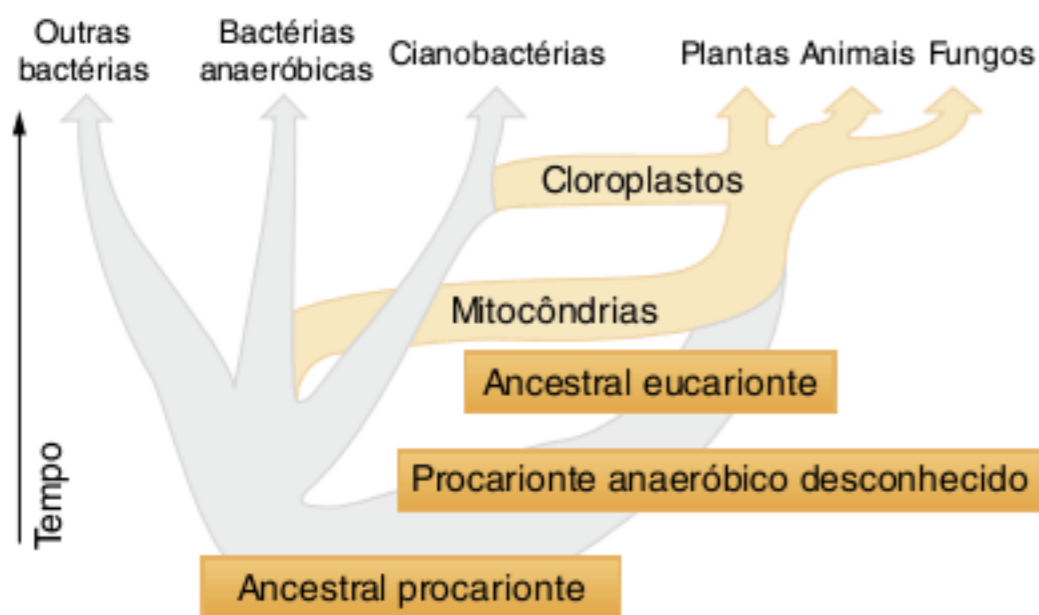
**3 Puccamp** Células endodérmicas indiferenciadas e totipotentes da gástrula dos vertebrados podem originar células altamente especializadas, como é o caso das células dos ácinos pancreáticos que secretam enzimas digestivas.

Os grânulos de secreção dessas células são liberados a partir:

- do retículo endoplasmático.
- do sistema golgiense.
- das mitocôndrias.
- dos lisossomos.
- dos ribossomos.



**4 Unesp** Observe o esquema.

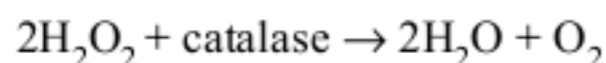


Um biólogo, ao analisar esse esquema hipotético, observou que as mitocôndrias e os cloroplastos originaram-se de um ancestral procarionte e se associaram a determinados tipos de células. As mitocôndrias estão presentes no citoplasma de células animais, células vegetais e nos fungos, enquanto os cloroplastos são encontrados em células fotossintetizantes, estabelecendo-se entre eles relações harmônicas de mutualismo.

Tendo-se como referência estas informações e o esquema, responda:

- Que vantagens as mitocôndrias oferecem às células hospedeiras e o que elas proporcionam às organelas?
- Quais as vantagens proporcionadas ao meio ambiente pelos cloroplastos?

**5 Unesp 2003** Os peroxissomos são pequenas vesículas citoplasmáticas, presentes principalmente em células hepáticas, que participam da eliminação de substâncias tóxicas do meio celular. Em algumas reações químicas, que ocorrem nos peroxissomos a fim de eliminar substâncias tóxicas, há formação de água oxigenada ( $H_2O_2$ ). Essa substância é importante para uma outra função desempenhada por estas vesículas e que pode, por analogia, ser comparada com o que ocorre quando se aplica água oxigenada em ferimentos e lesões cutâneas. Na maioria dos tecidos, encontra-se uma enzima denominada catalase, que facilita a decomposição da água oxigenada conforme a seguinte reação:



- Considerando-se estas informações, justifique a finalidade da aplicação de água oxigenada em ferimentos e lesões cutâneas.
- Qual organela citoplasmática encontrada em todas as células animais, principalmente em macrófagos, apresenta uma grande variedade de enzimas em seu interior? Cite o nome do processo que ocorre no interior dessas organelas após o englobamento de partículas estranhas.

**6 Fuvest** Em artigo publicado no suplemento *Mais!*, do jornal *Folha de S.Paulo*, de 6 de agosto de 2000, José Reis relata que pesquisadores canadenses demonstraram que a alga unicelular *Cryptomonas* resulta da fusão de dois organismos, um dos quais englobou o outro ao longo da evolução. Isso não é novidade no mundo vivo. Como relata José Reis: [...] É hoje

corrente em biologia, após haver sido muito contestada inicialmente, a noção de que certas organelas [...] são remanescentes de células que em tempos idos foram ingeridas por célula mais desenvolvida. Dá-se a esta o nome de hospedeira e o de endossimbiontes às organelas que outrora teriam sido livres.

São exemplos de endossimbiontes em células animais e em células de plantas, respectivamente:

- aparelho de Golgi e centríolos.
- centríolos e vacúolos.
- lisossomos e cloroplastos.
- mitocôndrias e vacúolos.
- mitocôndrias e cloroplastos.

Texto para a questão 7.

A produção de lixo decorrente das atividades humanas é responsável por sérios problemas ambientais causados pela liberação inadequada de resíduos residenciais ou industriais.

Um dos resíduos industriais que merece destaque na contaminação do ambiente é o metal mercúrio e seus compostos. O mercúrio tem larga aplicação como eletrodo do processo de obtenção do cloro gasoso ( $Cl_2$ ) e da soda cáustica ( $NaOH$ ) a partir da eletrólise da salmoura ( $NaCl_{(aq)}$ ). O metal mercúrio também é utilizado no garimpo do ouro em leito de rios e na fabricação de componentes elétricos como lâmpadas, interruptores e retificadores.

Compostos iônicos contendo os cátions de mercúrio (I) ou (II), respectivamente,  $Hg_2^{2+}$  e  $Hg^{2+}$ , são empregados como catalisadores de importantes processos industriais ou ainda como fungicidas para lavoura ou produtos de revestimento (tintas).

O descarte desses compostos, de toxicidade relativamente baixa e geralmente insolúveis em água, torna-se um grave problema ambiental, pois algumas bactérias os convertem na substância dimetilmercúrio ( $CH_3HgCH_3$ ) e no cátion metilmercúrio (II) ( $CH_3Hg^+$ ) que são altamente tóxicos. Esses derivados são incorporados e acumulados nos tecidos corporais dos organismos, pois estes não conseguem metabolizá-los.

**7 PUC-SP 2005** Os seres humanos, ao se alimentarem de peixes contaminados por mercúrio, também estão sujeitos aos efeitos danosos causados por esse elemento. Particularmente, são afetados os neurônios e as células cardíacas e renais, que apresentam alterações no número de mitocôndrias e uma redução do retículo endoplasmático rugoso (ou granular). Quais os principais processos biológicos que ocorrem nessas organelas e que, portanto, estariam alterados nessas células?

**8 PUC-Rio 2004** De acordo com a Hipótese Endossimbionte, as células dos animais e plantas superiores se originaram de microrganismos que entraram em simbiose obrigatória com seres unicelulares primitivos. Qual das seguintes organelas celulares tem sua origem baseada nessa hipótese?

- Complexo golgiense.
- Ribossomo.
- Lisossomo.
- Retículo endoplasmático.
- Mitocôndria.



**9 Puccamp 2005** Nas principais concentrações urbanas do país, trabalhadores de baixa renda percorrem grandes distâncias a pé. Outros pedalam muitos quilômetros para usar uma condução a menos, deixando a bicicleta em estacionamentos próprios.

Para a contração muscular, é necessária a formação de ATP, num processo que produz  $\text{CO}_2$ . Na célula muscular, parte do  $\text{CO}_2$  é produzido:

- (a) no citoplasma, durante a fermentação acética.
- (b) no citoplasma, durante a síntese de glicogênio.
- (c) na mitocôndria, durante o ciclo de Krebs.
- (d) na mitocôndria, durante a fosforilação oxidativa.
- (e) no cloroplasto, durante a fase escura da fotossíntese.

**10 CEFET-MG 2005** Sobre uma organela citoplasmática presente em uma célula eucariota, afirma-se que:

- I. são mais aparentes nos fagócitos;
- II. decompõem substâncias supérfluas e estranhas;
- III. aparecem como pequenos sacos citoplasmáticos envolvidos por membrana;
- IV. servem para descartar fragmentos celulares na remodelação dos tecidos.

Pode-se concluir que se trata de:

- (a) lisossomo.
- (b) ribossoma.
- (c) mitocôndria.
- (d) complexo de Golgi.

**11 Uece** Uma célula eucarionte, que realiza síntese proteica para exportação, geralmente utiliza, como vias de direcionamento de saída dos produtos, as organelas:

- (a) retículo endoplasmático rugoso e complexo de Golgi.
- (b) lisossomos e complexo de Golgi.
- (c) centríolos e lisossomos.
- (d) retículo endoplasmático rugoso e mitocôndrias.

**12 CEFET-CE 2005** A regressão da cauda do girino é um processo que ocorre graças ao:

- (a) retículo endoplasmático.
- (b) complexo de Golgi.
- (c) ribossomo.
- (d) cloroplasto.
- (e) lisossomo.

**13 UFPR 1993** Sobre células, organelas celulares e suas funções, é correto afirmar que:

- 01 as mitocôndrias estão presentes tanto em células animais quanto em vegetais e são responsáveis pela produção de energia.
- 02 lisossomas são organelas responsáveis pela digestão intracelular.
- 04 numa célula onde se processa intensa síntese de proteínas, encontra-se bastante desenvolvido o retículo endoplasmático granular, ou rugoso.

08 um organismo multicelular que produza gás carbônico e água a partir da glicose apresenta, obrigatoriamente, cloroplastos.

16 a remoção dos centríolos de uma célula impede o processo da fotossíntese.

32 os ribossomos podem ser encontrados aderidos ao retículo endoplasmático agranular, ou liso.

64 entende-se por permeabilidade seletiva o controle de entrada e saída de substâncias da célula, feito pela membrana celular.

Soma =

**14 UFV** A insulina começa a ser sintetizada (I) em uma rede de túbulos membranosos achatados; é transferida para o interior de sistemas empilhadas, onde sofre modificações (II), e, em seguida, é secretada (III). Todos esses processos são dependentes de energia da respiração (IV).

A correspondência correta entre processo e organela é:

- (a) (I) retículo endoplasmático liso, (II) lisossomo e (III) mitocôndria.
- (b) (II) mitocôndria, (III) lisossomo e (IV) retículo endoplasmático liso.
- (c) (I) retículo endoplasmático rugoso, (III) lisossomo e (IV) complexo de Golgi.
- (d) (II) complexo de Golgi, (III) retículo endoplasmático liso e (IV) lisossomo.
- (e) (I) retículo endoplasmático rugoso, (II) complexo de Golgi e (IV) mitocôndria.

**15 UEPG** Sobre funções de estruturas celulares, assinale o que for correto.

- 01 Os lisossomos realizam a digestão intracelular.
- 02 As mitocôndrias são responsáveis pela respiração celular.
- 04 O aparelho de Golgi atua como centro de armazenamento, transformação e remessa de substâncias na célula.
- 08 O retículo endoplasmático atua como rede de distribuição de substâncias no interior da célula.
- 16 O citoesqueleto é responsável pela forma, pela organização interna e pelos movimentos das células eucariontes.

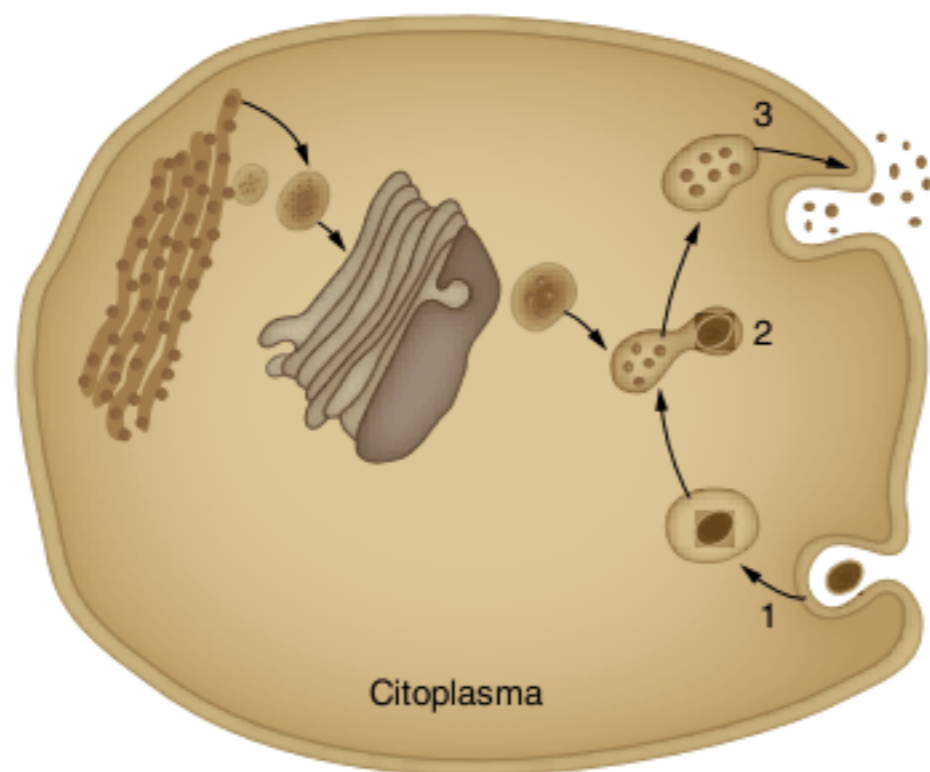
Soma =

**16 PUC-SP 2003** No interior da célula, o ATP produzido em um processo (I) é utilizado na síntese de enzimas digestivas (II) e no mecanismo de digestão de partículas fagocitadas (III). Três componentes celulares relacionados direta e respectivamente com I, II e III são:

- (a) mitocôndria, ribossomo e lisossomo.
- (b) mitocôndria, cromossomo e lisossomo.
- (c) cloroplasto, cromossomo e lisossomo.
- (d) cloroplasto, lisossomo e ribossomo.
- (e) cromossomo, mitocôndria e ribossomo.



**17 Unesp 2005** No esquema, estão representadas etapas, numeradas de 1 a 3, de um importante processo que ocorre no interior das células, e algumas organelas envolvidas direta ou indiretamente com esse processo.



As etapas que correspondem a 1, 2 e 3, respectivamente, e algumas organelas representadas no esquema estão corretamente listadas em:

- (a) absorção de aminoácidos, síntese proteica e exportação de proteínas; retículo endoplasmático, lisossomo e mitocôndria.
- (b) fagocitose de macromoléculas, digestão celular e egestão de resíduos; retículo endoplasmático, complexo de Golgi e lisossomo.
- (c) fagocitose de sais minerais, fotossíntese e exportação de compostos orgânicos; cloroplastos e vacúolos.
- (d) absorção de oxigênio, respiração celular e eliminação de dióxido de carbono; mitocôndrias e vacúolos.
- (e) fagocitose de macromoléculas, digestão celular e exportação de proteínas; mitocôndrias e lisossomos.

**18 Fatec 2003** No citoplasma da célula, são encontradas diversas organelas, com funções específicas, interagindo e dependendo de outras organelas a fim de garantir o funcionamento celular como um todo.

Assim, por exemplo, os ribossomos são encontrados associados à superfície do retículo endoplasmático rugoso, dentro das mitocôndrias e cloroplastos. Já os lisossomos, além do retículo endoplasmático rugoso, também se relacionam ao complexo de Golgi e todos, por sua vez, com as mitocôndrias.

Sobre essas organelas, suas funções e interações com outras, é correto afirmar:

- (a) os lisossomos ficam ligados ao complexo de Golgi, para fazerem mais eficientemente a excreção da célula.
- (b) a função dos lisossomos é a de aumentar a superfície de absorção do complexo de Golgi, auxiliando-o no processo de síntese de proteínas dentro da célula.
- (c) os ribossomos ficam associados ao retículo endoplasmático rugoso para garantir a digestão intracelular.
- (d) as mitocôndrias e os cloroplastos possuem no seu interior ribossomos, porque muitas das enzimas importantes nos processos, respectivamente, de respiração e fotossíntese são produzidas dentro dessas próprias organelas.
- (e) os lisossomos, o complexo de Golgi e o retículo endoplasmático rugoso estão relacionados com as mitocôndrias, porque estas funcionam como uma espécie de “armazém” de alimento, necessário ao funcionamento celular.

**19 Uece** As “doenças de depósito” são aquelas em que as células acumulam, no seu interior, certas substâncias em virtude da sua incapacidade de catabolizá-las. Isto causa sérios danos às células, por prejuízos, fundamentalmente, no *turnover* celular, prejudicando seus processos vitais e podendo levar até à morte. Indique a opção que contém a organela mais diretamente relacionada à causa dessas doenças.

- (a) Complexo de Golgi.
- (b) Lisossomo.
- (c) Retículo endoplasmático liso.
- (d) Ribossomo.



# Os envoltórios celulares

# 11

FRENTE 1



As células são estruturas bastante delicadas. Seu envoltório fornece proteção e permite a realização de trocas com o ambiente. Células vegetais têm um envoltório adicional em relação às células animais: a parede celular. Essa estrutura tem grande importância para o ser humano, pois é rica em celulose, constituindo a fonte de matéria-prima para a produção de papel.



## Os tipos de envoltórios celulares

No primeiro volume desta coleção, estudamos o núcleo e seus componentes; no capítulo 7 deste volume foi trabalhado o material genético (ácidos nucleicos) e no capítulo anterior foi estudado o citoplasma. Este capítulo é dedicado ao estudo dos envoltórios das células.

Células **animais** são envolvidas pela **membrana plasmática**, enquanto células de vegetais e de **bactérias possuem também uma parede celular** ao redor da membrana plasmática. A parede celular de algumas bactérias tem peptidoglicano, enquanto a parede celular vegetal possui celulose como principal componente (Fig. 1).

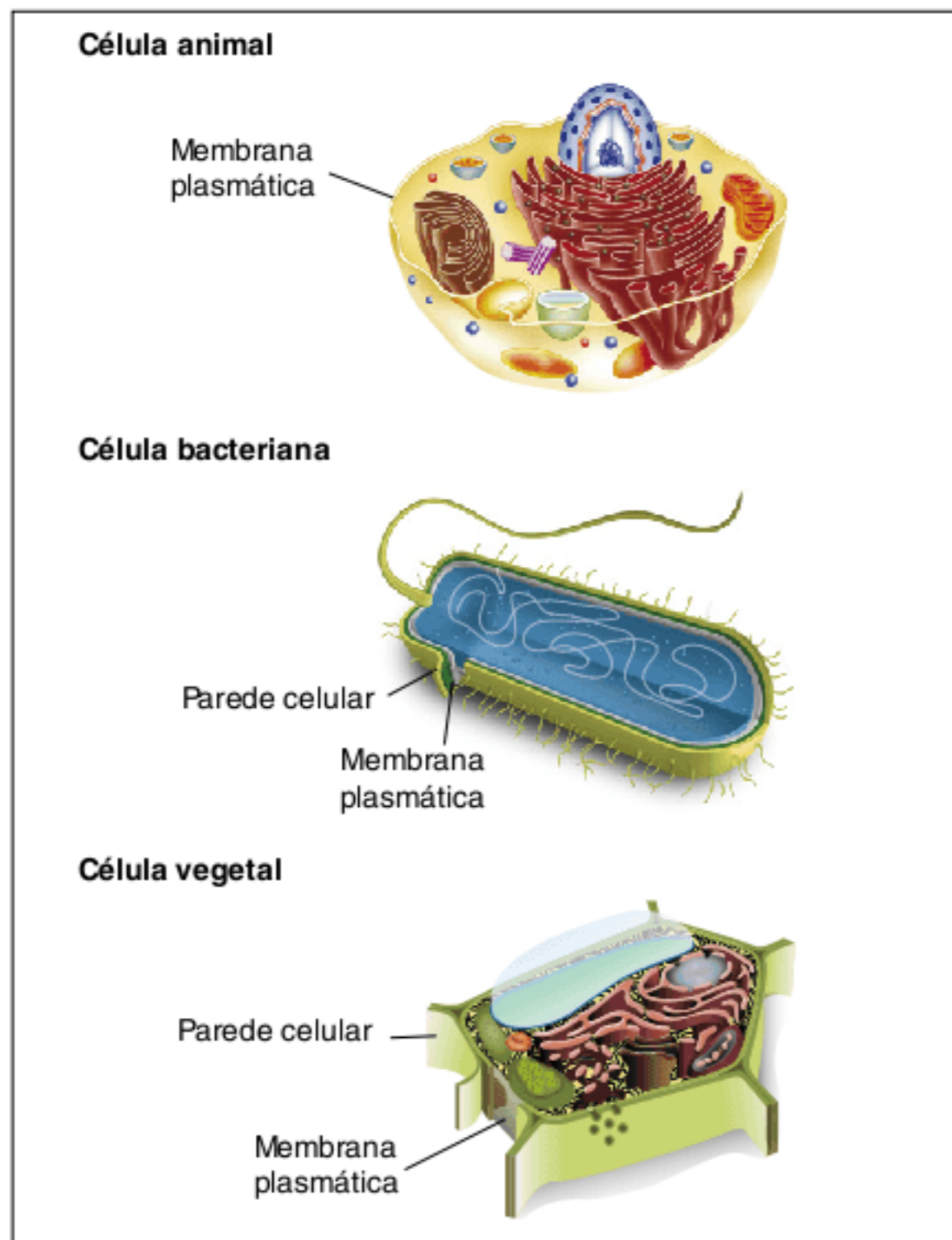


Fig. 1 Os envoltórios celulares dos diferentes tipos de células.

### Parede celular

A célula **vegetal** jovem tem uma fina parede celular, constituída por **celulose**. A síntese de celulose ocorre a partir de moléculas de glicose que são polimerizadas próximas à membrana (com a participação de uma enzima específica), promovendo a formação de fibras de celulose, as quais se agrupam e geram a parede. Essa é **parede primária**, que ainda pode sofrer distensão, acompanhando o crescimento da célula durante a diferenciação celular. Posteriormente, ocorre a deposição de mais materiais na face interna da parede, formando a **parede secundária**, que pode ter algumas camadas; os materiais da parede secundária podem ser **celulose**, **suberina** ou **lignina**. A importância desses materiais é muito grande na constituição dos tecidos vegetais. A parede celular protege as estruturas celulares e tem **função esquelética**, permitindo a sustentação do vegetal. Os tecidos

vegetais de sustentação possuem células com parede espessa e dotadas de rigidez (Fig. 2).

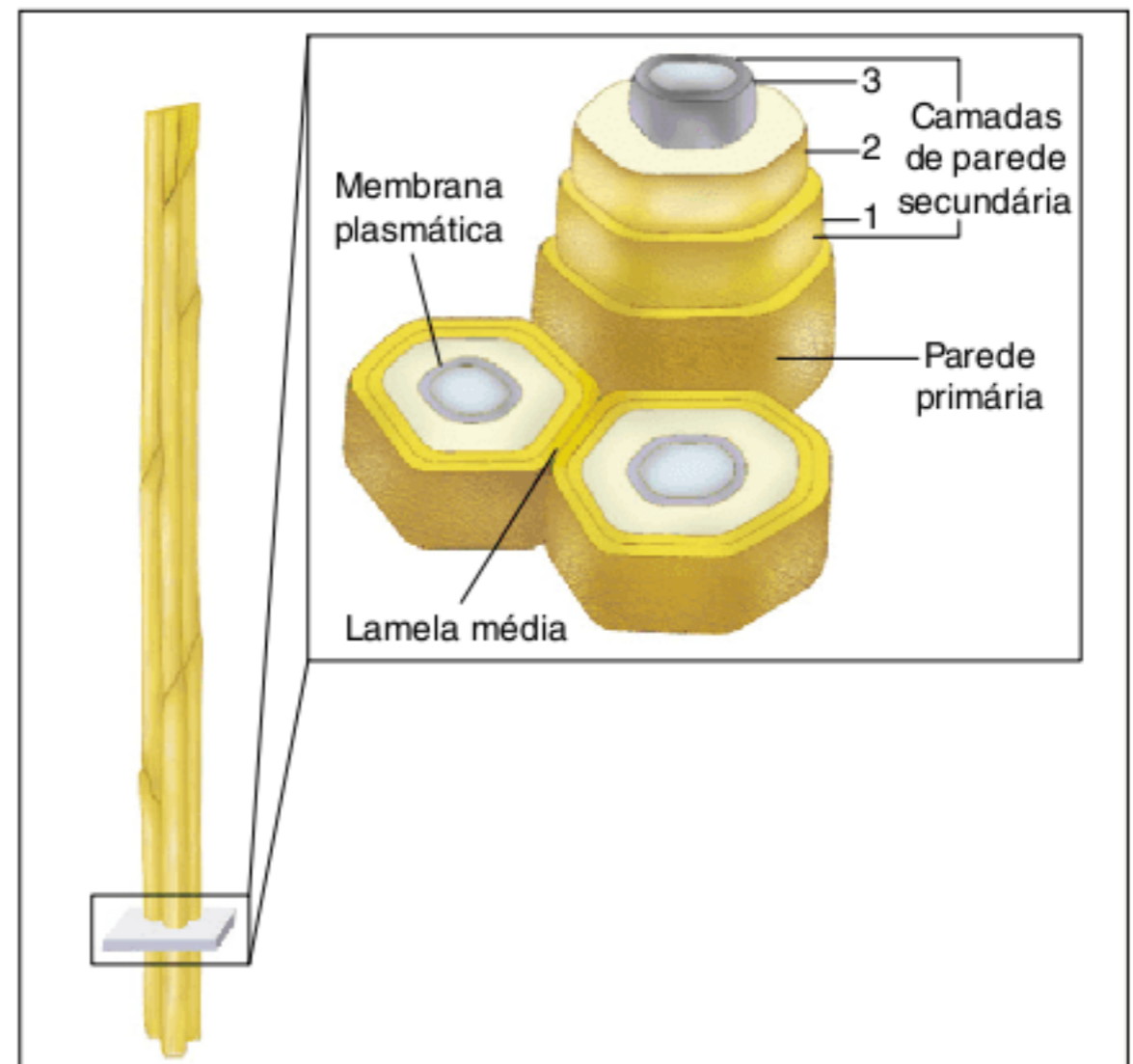


Fig. 2 Aspecto tridimensional de várias células vegetais agrupadas e, no corte, a localização de suas paredes (primária e secundária).

Entre as células vegetais, há a **lamela média**, constituída por **hemicelulose** e **pectina** e derivada do complexo golgiense. Ela tem função cimentante, mantendo unidas as células vizinhas. Tais células vizinhas comunicam-se por canais citoplasmáticos, denominados plasmodesmos, permitindo fluxo de materiais entre elas.

### Membrana plasmática

A membrana plasmática é também denominada **plasmalema** e tem como funções proteger a célula, contribuir para a manutenção da forma e também controlar as trocas entre a célula e o meio externo. A membrana tem permeabilidade seletiva, permitindo a passagem de alguns materiais e impedindo a passagem de outros.

### Estrutura da membrana plasmática

A membrana plasmática possui como componentes mais abundantes os **fosfolipídeos** e os diversos tipos de **proteínas**, daí a designação de **membrana lipoproteica**. A membrana também apresenta carboidratos de cadeia curta, associados a fosfolipídeos (formam os **glicolipídeos**) e a proteínas (constituem as **glicoproteínas**). Em células animais, há o colesterol, ausente em outros tipos de células (vegetais, algas e bactérias). O colesterol contribui para dar estabilidade à estrutura da membrana (Fig. 3).

A molécula de **fosfolipídeo** tem uma cabeça e duas caudas; a cabeça é a parte que contém **fosfato** e que confere caráter polar, sendo atraída pela água (**hidrofílica**); as caudas são constituídas por **ácidos graxos**, sendo repelidas pela água (**hidrofóbica**). A membrana tem duas camadas de fosfolipídeos, uma do lado externo da célula e outra do lado interno. As cabeças hidrofílicas ficam expostas aos meios externo e interno da célula,



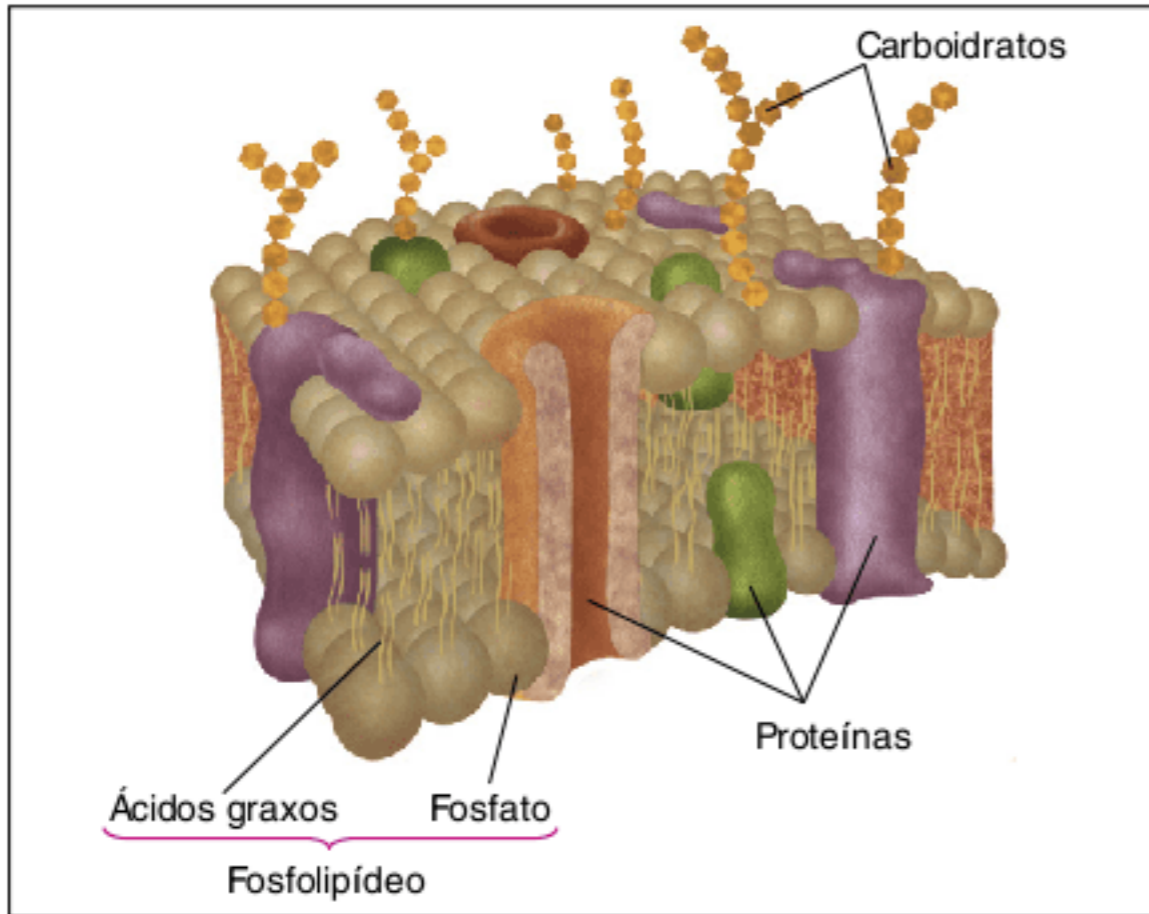


Fig. 3 Organização molecular da membrana plasmática: modelo do mosaico fluido.

enquanto as caudas hidrofóbicas ficam entre essas camadas moleculares. As **proteínas** da membrana estão espalhadas pelo substrato de fosfolípidos; algumas atravessam a membrana de um lado a outro, outras estão imersas entre as duas camadas de fosfolípidos; e há ainda moléculas proteicas que ficam de apenas um lado da membrana. O **modelo do mosaico fluido** (de Singer e Nicolson) propõe que os fosfolípidos movimentam-se (não apresentando posição fixa) e que as proteínas ficam nessa massa, nela se movimentando. Há várias funções realizadas pelas proteínas da membrana, sendo que uma das principais é a de **controlar o fluxo de materiais**, como os canais proteicos especializados, permitindo a passagem de água, de sódio ou de potássio, entre outros. Há proteínas transportadoras, conhecidas como **permeases**, cujo papel será discutido no próximo volume (em difusão facilitada e transporte ativo).

Os **carboidratos da superfície** externa de células animais formam uma camada conhecida como **glicocálix** (ou **glicocálice**). Essa estrutura protege a célula e pode promover lubrificação, diminuindo o atrito contra agentes externos. Alguns componentes do glicocálice atuam como receptores específicos, ligando-se a hormônios ou a vírus, por exemplo. Os componentes do glicocálice são determinados geneticamente, como os antígenos das hemácias no sistema ABO.

### Especializações da membrana plasmática

A membrana pode apresentar dobramentos que permitem um maior encaixe entre células vizinhas; são as **interdigitações**. Há estruturas conhecidas como **desmossomos**, constituídas por uma espécie de botão proteico de cada lado de duas células adjacentes. Tais proteínas estão associadas a outras proteínas que, ao se ligarem ao citoesqueleto, dão maior adesão às células vizinhas, permitindo-lhes suportar trações mais fortes. Há células que têm **microvilosidades**, estruturas semelhantes a dedos de luva e que propiciam o aumento de superfície de absorção; são encontradas, por exemplo, no intestino e nos túbulos renais (Fig. 4).

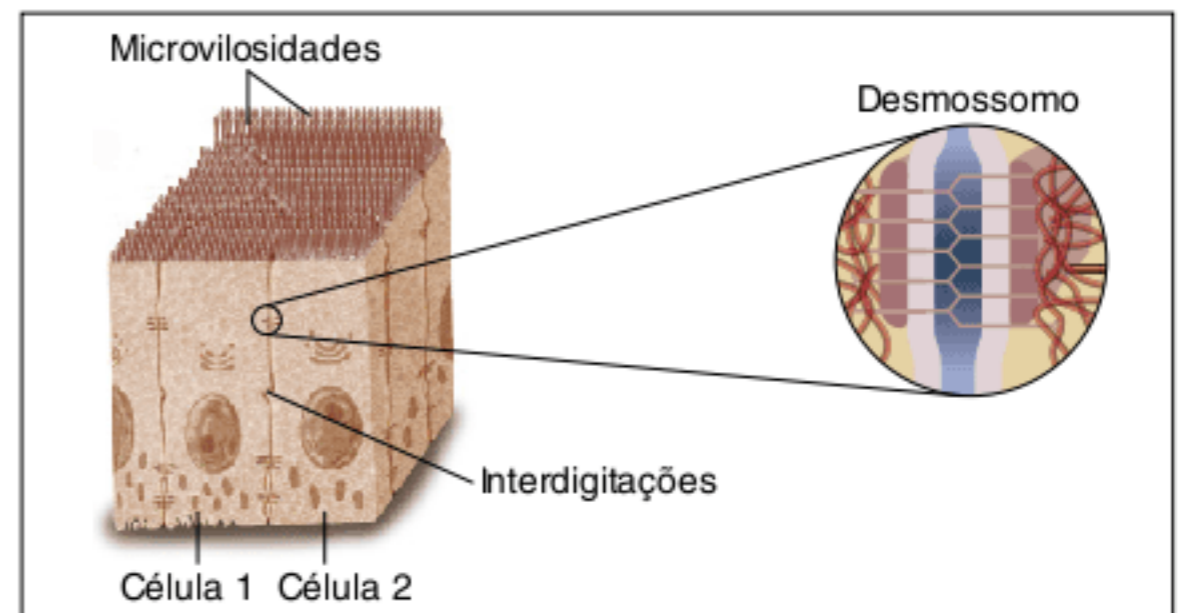


Fig. 4 Especializações da membrana plasmática.

## Revisando

1 Responda às questões a seguir referentes à parede celular vegetal.

a) Cite seu principal componente.

---



---

b) Qual a função dessa parede?

---



---

c) Quais materiais podem estar presentes na parede vegetal secundária?

---



---

d) Quais são as características da parede vegetal?

---



---



2 Cite outras duas denominações para a membrana plasmática.

---

---

---

3 Quais as principais funções da membrana plasmática?

---

---

---

4 Julgue os itens a seguir acerca dos componentes da membrana plasmática.

- Os fosfolípidos são um dos componentes mais abundantes da membrana plasmática.
- A membrana plasmática possui componentes distintos da membrana lipoproteica.
- A membrana plasmática apresenta carboidratos de cadeia curta associados aos fosfolípidos que formam as glicoproteínas.
- Em células animais e vegetais, há o colesterol, que auxilia no trabalho de proteção da célula.
- O colesterol, presente somente em células animais, contribui para dar estabilidade à estrutura da membrana.

5 Cite uma das principais funções realizadas pelas proteínas da membrana lipoproteica.

---

---

---

---

6 O que é glicocálix? Qual sua função?

---

---

---

---

## Exercícios propostos

1 **FEI** Na membrana plasmática, há predominância de:

- (a) carboidratos e proteínas.
- (b) lipídeos e proteínas.
- (c) carboidratos e lipídeos.
- (d) carboidratos e ácidos nucleicos.
- (e) ácidos nucleicos e proteínas.

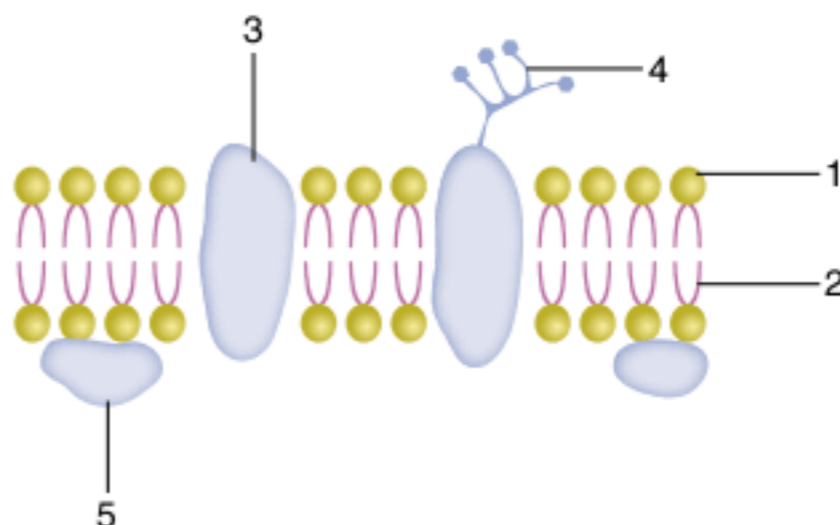
2 Qual a composição química da membrana plasmática?

3 **Ufla** Com relação à membrana plasmática e à parede celular, é incorreto afirmar que:

- (a) a membrana plasmática apresenta, em sua constituição, proteínas, lipídeos e hidratos de carbono.
- (b) o modelo do mosaico fluido propõe que proteínas integrais estão incluídas na bicamada lipídica da membrana plasmática.
- (c) o modelo do mosaico fluido admite que tanto as proteínas integrais como os lipídeos podem realizar movimentos dentro da bicamada.

- (d) a parede celular dos vegetais pode ser formada por 3 camadas: lamela média, parede primária e parede secundária.
- (e) a parede primária atua como elemento cimentante entre duas células vegetais.

4 **Unioeste** O modelo a seguir representa a estrutura molecular da membrana plasmática, segundo Singer e Nicolson (1972). Observando-o, leia as afirmativas propostas e assinale a(s) correta(s).

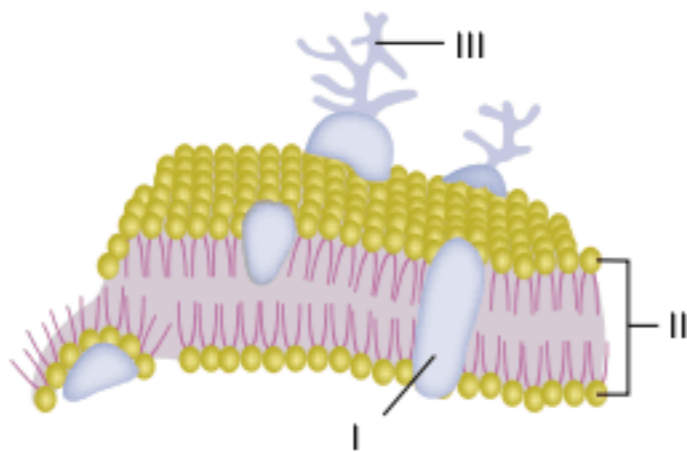




- 01 O número 1 indica a parte hidrofóbica dos fosfolípidos que controlam o transporte pela membrana.
- 02 O número 2 indica as proteínas que formam barreiras para as substâncias hidrossolúveis.
- 04 O número 3 indica uma proteína periférica que facilita a passagem de íons pela membrana.
- 08 O número 4 indica uma molécula de glicídio que faz parte do glicocálix.
- 16 O número 5 indica uma proteína transmembrana que dificulta a passagem de gases pela membrana.
- 32 Os números 1 e 2 indicam regiões hidrofílica e hidrofóbica de lipídeos, respectivamente.

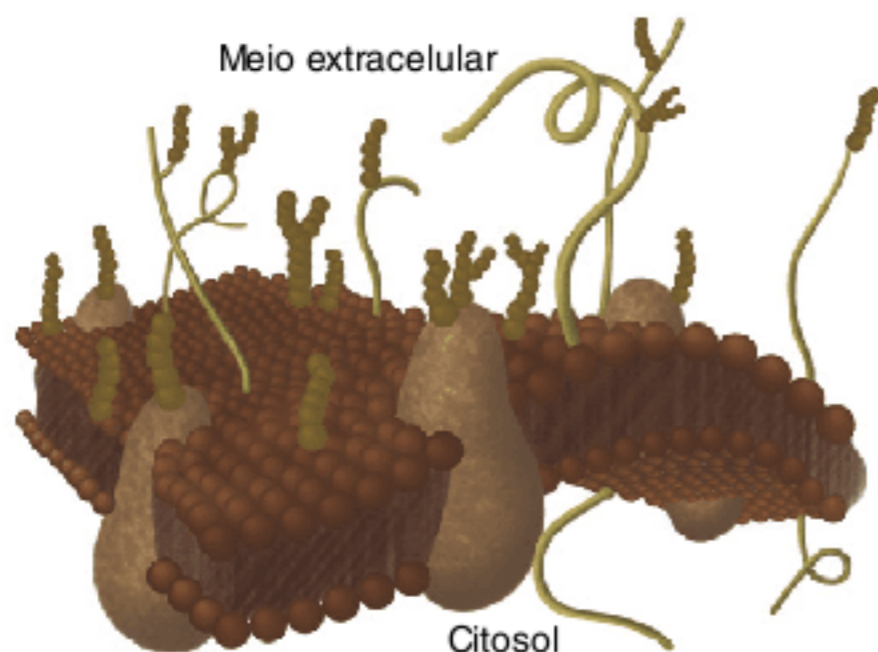
Soma =

**5 UFV** A célula apresenta membrana plasmática que a delimita do meio exterior. Embora essa membrana não seja visível à microscopia ótica, sabe-se que a sua estrutura é complexa. A figura a seguir representa o padrão básico de organização dessa membrana.



- a) Cite a natureza química dos componentes indicados pelos números.
- I. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- II. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- III. \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- b) Cite uma função fisiológica desempenhada pela membrana plasmática que não tenha gasto de energia.
- c) O glicocálix está indicado pelo número \_\_\_\_\_.

**6 PUC-MG 2003**

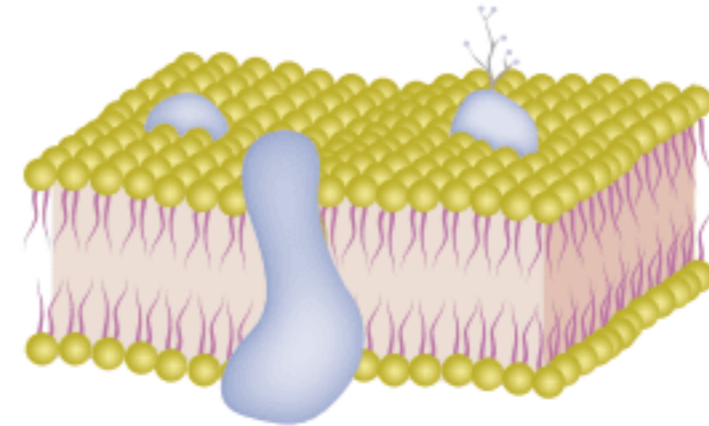


A membrana plasmática apresenta, em sua superfície, moléculas especiais que permitem à célula detectar outras substâncias presentes no meio externo, dando a ela certa sensibilidade química.

Essas moléculas fazem parte:

- (a) da cutícula.
- (b) do glicocálix.
- (c) dos desmossomos.
- (d) dos cílios.

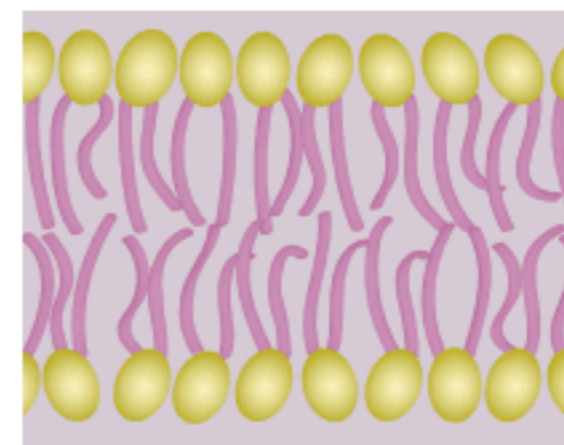
**7 PUC-RS 2004** Responder à questão com base na ilustração adiante, que representa esquematicamente a estrutura das membranas celulares.



Das moléculas relacionadas a seguir, a única que não é encontrada na estrutura que compõe a membrana celular é:

- (a) a proteína.
- (b) o fosfolípido.
- (c) o ácido nucleico.
- (d) a glicoproteína.
- (e) o ácido graxo.

**8** A figura representa moléculas arranjadas em bicamada, presentes na membrana plasmática celular.



Essas moléculas são os(as):

- (a) polissacarídeos.
- (b) ácidos nucleicos.
- (c) fosfolípidos.
- (d) vitaminas.
- (e) proteínas.



## A ciência a favor da beleza

Como a descoberta do sistema de hidratação profunda da pele, feita por um prêmio Nobel, abriu caminho para uma revolução nos cosméticos

Há duas décadas, as pesquisas sobre a preservação da juventude da pele proporcionaram a primeira revolução no mundo dos cosméticos. À frente dela estava o ácido retinoico, que se provou eficiente no tratamento dos sinais da idade mais tênues. Agora, graças ao trabalho de um prêmio Nobel, uma segunda revolução se aproxima. Um novo continente foi descoberto no planeta do conhecimento científico sobre o metabolismo das células da pele. As perspectivas são extraordinárias no campo da prevenção. O que se pode esperar das aplicações práticas vindas da descoberta da ciência pura é, simplesmente, manter por quase toda a vida a mesma aparência jovial que a pele apresentava aos 20 anos de idade. Nunca a indústria de cosméticos esteve tão próxima da ciência de vanguarda.

Durante um século, desde que a polonesa Helena Rubinstein criou o conceito moderno de produtos de beleza, mulheres e homens preocupados com a aparência tiveram recursos muito limitados para manter a pele livre das rugas, da flacidez e das manchas trazidas pelo processo natural de envelhecimento. Os cremes e as loções disponíveis no mercado, à base de glicerina e outras substâncias gordurosas, apenas mantinham a hidratação natural da epiderme nas horas seguintes à sua aplicação. A prevenção de rugas ou a manutenção de uma pele jovem e saudável ao chegar à meia-idade, façanhas prometidas nas embalagens, ainda têm pouca correspondência no mundo real. Os pesquisadores da área de cosméticos sempre souberam por que é tão difícil evitar as marcas do tempo na pele por meio de produtos químicos. Basicamente, porque não se sabia como interferir nas camadas mais profundas da epiderme. Agora, como resultado de diversas frentes de pesquisa científica, vive-se o início da mais notável revolução já vista no mundo dos produtos de beleza. As empresas de cosméticos anunciam que estão a um passo de encontrar fórmulas químicas capazes de manter a hidratação nas camadas inferiores da pele.

O ponto de partida para essa revolução nos tratamentos de beleza é a descoberta do cientista americano Peter Agre, que lhe valeu o Prêmio Nobel de Química em 2003. Agre descreveu o funcionamento do principal sistema de irrigação dos tecidos do corpo humano. Ele é composto de canais formados por proteínas que atravessam a membrana celular e permitem a entrada e a saída de água. O pesquisador batizou esses canais de aquaporinas. Os órgãos do corpo humano são formados majoritariamente por água – 79% no caso do coração, 76% no do cérebro e, no da pele, 70%. Por isso, as aquaporinas são indispensáveis para o funcionamento do organismo. Mas, como todo processo bioquímico de manutenção da vida, a eficácia das aquaporinas diminui com o passar dos anos, tornando os órgãos mais fracos e vulneráveis. A diminuição no desempenho das aquaporinas da pele a torna seca e enrugada. O grande salto que as empresas de cosméticos estão prestes a empreender é prolongar o funcionamento perfeito da aquaporina 3, específica da pele, por tempo indeterminado. Para isso, elas têm várias estratégias. A principal delas é a produção de cremes com

proteínas sintéticas semelhantes às naturais. “Saber como funciona cada elemento que compõe a pele se tornou imprescindível para encontrarmos fórmulas cada vez mais específicas para tratá-la, e a aquaporina foi um passo gigante nessa direção”, disse à *Veja* o francês Lionel De Benetti, diretor da indústria de cosméticos francesa *Clarins*, de Paris.

Não apenas para a pele, diga-se. A descoberta dos mecanismos de circulação celular de água e outras substâncias nutritivas começa a produzir soluções para os mais diversos problemas de saúde. Uma das mais esperadas é uma terapia que pode manter os rins funcionando em padrão ótimo por quase toda a vida de uma pessoa. Aos 85 anos, um ser humano normal tem a capacidade de filtração dos rins reduzida, em média, a meros 30% – ainda assim se ele tiver um organismo sadio. Pessoas que são obrigadas a tomar diariamente medicamentos para doenças crônicas, como o diabetes, exigem mais dos rins. Elas podem chegar aos 85 anos com o poder de filtração renal de apenas 10% do normal. A possibilidade de manter ou reativar os processos que ocorrem nas aquaporinas é uma esperança para a pele perfeita e para o prolongamento da juventude e do bem-estar geral do organismo.

Sob o número EP 1885477 B1, acaba de ser concedida na União Europeia a primeira patente de um produto criado com base nas aquaporinas. Ela foi obtida por uma empresa dinamarquesa que produziu com aquaporina uma membrana capaz de filtrar e purificar a água nas condições mais adversas. O uso imediato vislumbrado pelos dinamarqueses é em grandes usinas de dessalinização de água do mar, o que, com a nova tecnologia, pode ser feito mais rapidamente e com mais eficiência do que qualquer outro processo anterior. O ramo médico da empresa está focado em aplicações que vão produzir soluções para doenças renais e outras em que o problema é a produção ou filtração de fluidos no organismo.

Na cosmética, a manutenção do bom funcionamento das aquaporinas através das décadas é a principal arma da nova revolução dos produtos de beleza, mas não a única. Os cientistas têm conseguido avanços também em outras frentes na busca pela preservação da pele jovem. A principal delas é a regeneração celular. A técnica da finalização transepidérmica, atualmente em fase de testes em vários laboratórios da Europa, procura retardar a perda da capacidade de produção celular que se intensifica a partir dos 40 anos. Moléculas de substâncias estimuladoras da renovação celular, como o retinol, são introduzidas em uma única célula da pele. A partir daí, as proteínas celulares se encarregam de levar o elemento estimulador às demais células. A utilização da finalização transepidérmica na regeneração celular também pode se dar por meio dos chamados fatores de crescimento. São proteínas naturais da pele que estimulam a produção de novas células, principalmente as responsáveis pela síntese de queratina e colágeno, substâncias que garantem a elasticidade e a firmeza da pele. Prevê-se que os produtos que utilizam a finalização transepidérmica cheguem às prateleiras das farmácias nos próximos seis meses.



A nanotecnologia também tem sido uma aliada poderosa no desenvolvimento da nova geração de cosméticos. Com ela, é possível fragmentar a molécula de uma substância ativa ao menor tamanho possível, o nanômetro, e fazê-la penetrar facilmente em qualquer tecido. Já existem vários produtos no mercado fabricados por meio dessa tecnologia. Entre os principais estão os filtros solares, que garantem até 100% de proteção contra a ação do sol. As moléculas fragmentadas, além de penetrar mais profundamente na pele, têm também maior capacidade de absorção, o que garante que o produto se espalhe de maneira mais uniforme. Uma grande vantagem das nanopartículas é a capacidade de penetrar as camadas da pele e o interior das células sem a interferência dos receptores, as sentinelas da membrana celular. Os receptores são como válvulas que têm como função selecionar o conteúdo que chega até o interior das células. Para que uma substância atravesse essa membrana, molécula e receptor devem se encaixar perfeitamente, como duas peças de um quebra-cabeça. “Os ingredientes de um cosmético funcionam como um gatilho. Eles atingem certos receptores na epiderme, e isso produz uma reação em cadeia capaz de estimular as células das camadas mais profundas da pele”, disse à *Veja* a americana Ni’Kita Wilson, vice-presidente da firma de cosméticos *Cosmetech Laboratories*.

O conhecimento cada vez mais apurado da pele faz com que as novas linhas de pesquisas dermatológicas lidem com uma quantidade

muito maior de variáveis do que no passado. Tradicionalmente, considerava-se a existência de apenas quatro tipos de pele: normal, seca, mista e oleosa. Há quatro anos, num estudo hoje amplamente aceito pela ciência, a dermatologista americana Leslie Baumann, do *Baumann Cosmetic & Research Institute*, em Miami, propôs que na realidade existem dezesseis tipos de pele. Cada uma delas deriva de uma combinação de quatro fatores – hidratação, sensibilidade, textura e pigmentação. Recentemente, descobriu-se também que a idade biológica é fundamental para a escolha do tipo de tratamento da pele. Até os 25 anos, o corpo se encarrega de produzir naturalmente as substâncias que lhe garantem beleza e juventude. Cabe aplicar apenas um hidratante simples e fazer uso do protetor solar com regularidade. Dos 25 aos 40 anos, a produção das substâncias responsáveis pela juventude da pele começa a diminuir. É preciso usar hidratantes mais intensos. Dos 40 aos 60 anos, a pele necessita de estímulos vigorosos para continuar produzindo as substâncias que a mantêm. Recomenda-se a utilização de cremes altamente concentrados para a prevenção do envelhecimento. A ciência também reforça cada vez mais a importância dos hábitos de vida na preservação da juventude da pele. [...]

Carolina Romanini. “A ciência a favor da beleza”. *Veja*. ed. 2.154, 3 mar. 2010. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/030310/ciencia-favor-beleza-088.shtml>>.

## RESUMINDO

Os envoltórios celulares são: **membrana plasmática** e **parede celular**.

A membrana plasmática ocorre em todas as células.

A parede celular é externa à membrana plasmática, aparecendo como componente de células de **vegetais, bactérias e fungos**. A parede celular de vegetais tem como principal componente a **celulose**; pode, também, ter outros materiais, como suberina ou lignina.

A **lamela média** é a estrutura que une células vegetais.

**Plasmodesmos** são canais de citoplasma que permitem a comunicação entre células vegetais vizinhas.

A membrana plasmática controla a troca de materiais entre a célula e o meio; tem **permeabilidade seletiva**.

Os principais componentes da membrana são: **fosfolipídeos** (dispostos em duas camadas) e **proteínas**. As proteínas podem se unir a carboidratos ou a lipídeos. Há proteínas que contribuem na realização de transporte, sendo denominadas permeases.

A membrana de células animais também apresenta **colesterol**.

**Glicocálice** é o conjunto de carboidratos da superfície da membrana.

## ■ QUER SABER MAIS?



### SITES

Vídeos que demonstram a estrutura e o funcionamento da membrana plasmática de uma célula.

- Funções e estrutura da membrana plasmática

<[www.youtube.com/watch?v=2FE206MtlUA](http://www.youtube.com/watch?v=2FE206MtlUA)>.

- Conjunto de questões sobre a membrana plasmática:

<[www.biology.arizona.edu/cell\\_bio/problem\\_sets/membranes/01q.html](http://www.biology.arizona.edu/cell_bio/problem_sets/membranes/01q.html)>.



## Exercícios complementares

**1 Unirio** A membrana plasmática apresenta algumas transformações que procedem como especializações destinadas a aumentar o poder de absorção da célula ou a permitir o seu deslocamento. São exemplos dessas especializações, respectivamente:

- (a) desmossomas e interdigitações.
- (b) vacúolos e plastos.
- (c) cariomembrana e peroxissoma.
- (d) microvilos e cílios.
- (e) interdigitações e glioxissomas.

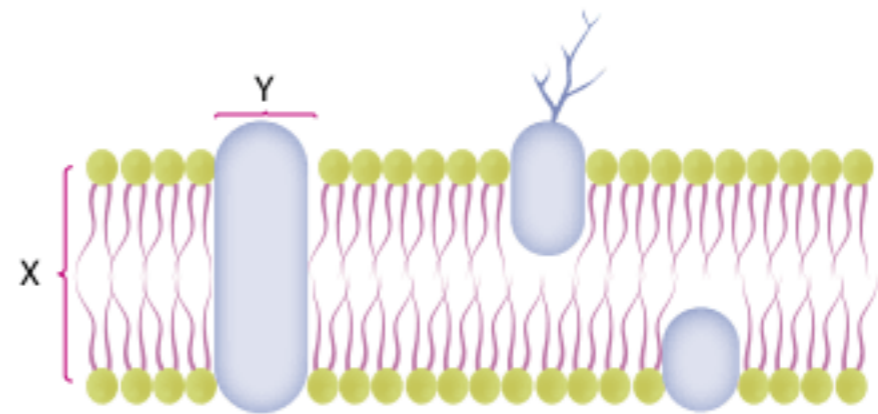
**2 Furg** A membrana plasmática pode apresentar modificações ligadas ao aumento da adesão celular. Assinale a alternativa que apresente exemplos destas modificações nas células epiteliais animais.

- (a) Glicocálix e plasmodesmos.
- (b) Glicocálix e interdigitações.
- (c) Plasmodesmos e microvilos.
- (d) Desmossomos e vilosidades.
- (e) Zônula de oclusão e trama terminal.

**3 UFRGS 2005** O quadro a seguir refere-se aos envoltórios celulares e a algumas de suas especializações. Assinale a alternativa que associa corretamente a estrutura celular com suas características.

	Nome	Função	Presença em células vegetais	Presença em células animais
(a)	Microvilosidades	Aderência entre as células	não	sim
(b)	Glicocálix	Proteção da superfície celular contra lesões mecânicas e químicas	não	sim
(c)	Membrana plasmática	Controle de trocas entre célula e o meio externo	não	sim
(d)	Parede celular	Sustentação e manutenção da forma da célula	sim	sim
(e)	Desmossomos	Aumento da superfície da membrana	sim	sim

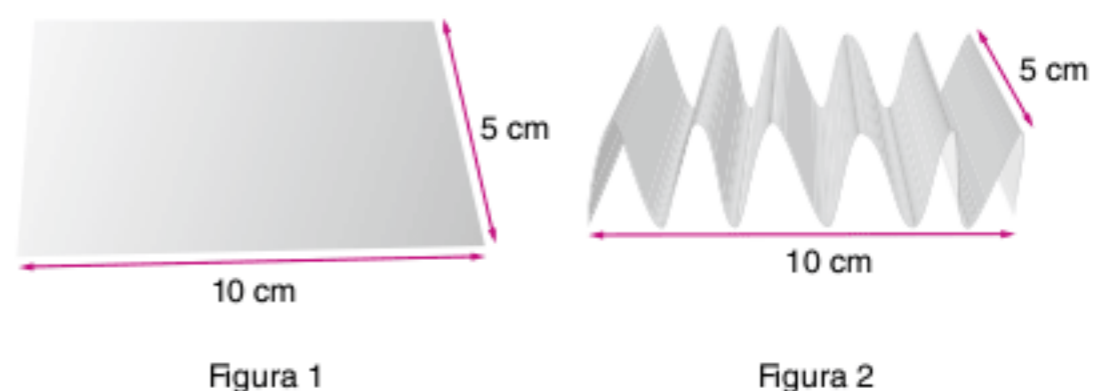
**4 Unifesp 2004** O esquema representa parte da membrana plasmática de uma célula eucariótica.



- a) Aque correspondem X e Y?
- b) Explique, usando o modelo do “mosaico fluido” para a membrana plasmática, como se dá a secreção de produtos do meio intracelular para o meio extracelular.

**5 Enem 2010** Para explicar a absorção de nutrientes, bem como a função das microvilosidades das membranas das células que revestem as paredes internas do intestino delgado, um estudante realizou o seguinte experimento.

Colocou 200 mL de água em dois recipientes. No primeiro recipiente, mergulhou, por 5 segundos, um pedaço de papel liso, como na figura 1; no segundo recipiente, fez o mesmo com um pedaço de papel com dobras simulando as microvilosidades, conforme figura 2. Os dados obtidos foram: a quantidade de água absorvida pelo papel liso foi de 8 mL, enquanto pelo papel dobrado foi de 12 mL.



Com base nos dados obtidos, infere-se que a função das microvilosidades intestinais com relação à absorção de nutrientes pelas células das paredes internas do intestino é a de:

- (a) manter o volume de absorção.
- (b) aumentar a superfície de absorção.
- (c) diminuir a velocidade de absorção.
- (d) aumentar o tempo de absorção.
- (e) manter a seletividade na absorção.





# Frente 2



# 6

## FRENTE 2

# O homem e o ambiente

Seres vivos podem modificar o ambiente. Elefantes na savana africana, por exemplo, derrubam árvores e comem folhas e ramos mais tenros. Sem a ação dos elefantes, as árvores seriam bem mais abundantes e a paisagem não seria dominada por gramíneas com árvores mais esparsas. No próprio processo de sucessão ecológica que ocorre sobre uma rocha nua, os líquens modificam o ambiente e tornam possível o desenvolvimento de outros seres, como uma grande variedade de plantas. As modificações produzidas pelos líquens tornam o ambiente mais favorável para outras espécies e os líquens acabam sendo prejudicados. O homem altera significativamente o ambiente e as condições resultantes podem diminuir as chances de sobrevivência de várias espécies. Eventualmente, isso pode reduzir a nossa própria possibilidade de sobrevivência como espécie.





## O homem, o ambiente e o desequilíbrio ambiental

As populações têm o crescimento determinado pelo seu **potencial biótico**, isto é, sua capacidade reprodutiva. O ambiente pode manter as condições de sobrevivência de cada indivíduo – como nutrição, abrigo e interações com o meio –, mas, para isso, a quantidade de resíduos gerada pela população deve ser passível de ser eliminada pelo ambiente ou pelo processo de reciclagem da matéria.

Há fatores de **resistência ambiental** que restringem o crescimento das populações, como limitação de espaço, alimento, acúmulo de resíduos, predadores, parasitas e competidores. Uma população que não está sujeita a fatores de resistência ambiental poderia ter crescimento ilimitado e teria capacidade de ocupar praticamente todo o planeta.

Com a atuação de fatores de resistência ambiental, a população pode atingir a **capacidade limite do ambiente**, isto é, o número máximo de indivíduos que o ambiente pode suportar e sustentar sem degradar o ambiente de cada indivíduo. Quando a população ultrapassa essa capacidade, ela é denominada **superpopulação**. Isso provoca a degradação do ambiente que, normalmente, vem acompanhada da redução do número de indivíduos.

### A população mundial e os 7 bilhões de habitantes

O número de indivíduos da população humana vem aumentando por conta da capacidade que nossa espécie tem de gerenciar fatores de resistência ambiental, como a produção e o armazenamento de alimentos, o combate às doenças, a construção de abrigos, a proteção contra predadores etc. O resultado desse crescimento populacional são os mais de **7 bilhões de pessoas** no mundo atual (Fig. 1). Esse crescimento envolve grande quantidade de recursos obtidos da natureza e produz uma enorme massa de resíduos gerados pela própria espécie, incluindo os resultantes de atividade industrial.

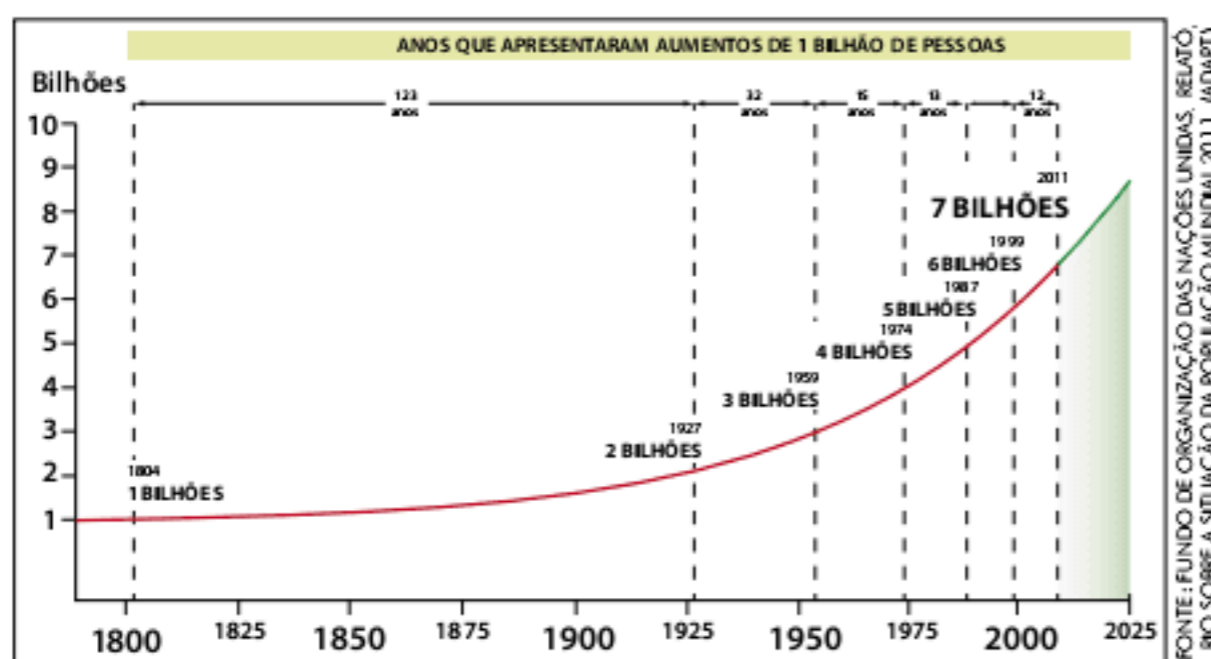


Fig. 1 Infográfico representativo do crescimento da população humana mundial.

Para muitos cientistas, a capacidade limite do ambiente em relação à espécie humana é de 8 bilhões de indivíduos. A partir daí, haveria aumento considerável de risco de epidemias, falta de alimento, esgotamento de recursos naturais e envenenamento por poluição.

O aumento da população gera maior demanda por alimento e produtos industriais, atendendo às necessidades de moradia, vestuário, comunicações, transporte, medicamentos etc.

### Demanda por alimento

A maior necessidade de alimento promove destruição de habitats, uma vez que são empregadas maiores áreas para pastagens e agricultura (Fig. 2). Isso envolve transformação de ecossistemas com consequente redução da biodiversidade, principalmente no caso de monoculturas. Frequentemente, são introduzidas espécies exóticas (procedentes de outros ambientes) para a atividade agropecuária, com sérios riscos à manutenção do equilíbrio ecológico.



Fig. 2 Grandes áreas são desmatadas para o desenvolvimento de práticas agrícolas.

A atividade agrícola altera o ambiente de diversas formas, como:

- O uso de defensivos (herbicidas, inseticidas, fungicidas), que se acumulam nos seres vivos e podem contaminar a água.
- Esgotamento de nutrientes do solo.
- Aumento de salinidade pelo uso de irrigação e de fertilizantes.
- Ocorrência de erosão, lixiviação e assoreamento.

A grande demanda por alimento também resulta em grande risco para várias espécies aquáticas, decorrente da superexploração pesqueira.

### Demanda por produtos industriais

A maior necessidade de produtos industriais gera redução de recursos naturais. Isso envolve grandes alterações no ambiente, as quais podem ocorrer das seguintes formas:

- Ocupação de terras para moradia e construção de indústrias.
- Exploração de minérios, que envolve desmatamento, erosão e assoreamento (Fig. 3).



Fig. 3 Mina Casa de Pedra, Congonhas, Minas Gerais. A atividade mineradora permanece em um determinado local até que as jazidas sejam esgotadas.



- Perfuração para obtenção de petróleo e gás natural. Isso pode ocorrer em ecossistemas preservados, como florestas que são desmatadas para a extração do óleo. A fauna e a flora podem ser eliminadas, como ocorre em vastas áreas do Canadá e do Alasca.
- Desmatamento para uso de madeira como combustível ou matéria-prima para construção e mobília.
- Poluição do ar, da água e do solo com os produtos gerados durante a atividade industrial.

Embora todas essas atividades sejam impactantes para o ambiente, elas fornecem matérias-primas e energia que movimentam a produção industrial.

A ação da destruição de habitats e a redução de recursos naturais provocam a diminuição da capacidade-limite do planeta, podendo levar à eliminação de espécies ou colocar muitas delas em risco de extinção.

## Principais impactos ambientais

Impacto ambiental corresponde às alterações das características físicas, químicas ou biológicas do ambiente, causadas por atividade vulcânica, meteoritos, incêndios, chuvas intensas e atividade humana (**antrópica**). Seus efeitos podem afetar as atividades econômicas, a comunidade biológica, os recursos naturais e a saúde humana.

As principais fontes de impactos ambientais antrópicos são: mineração, agricultura, pecuária, construção de indústrias e de residências. Essas atividades empregam áreas de ecossistemas naturais, dotados de cobertura vegetal e fauna próprias. Os ecossistemas afetados passam a apresentar processos que intensificam sua degradação, como erosão, lixiviação e assoreamento.

A agricultura, a pecuária e a exploração de florestas (para obtenção de madeira, celulose, látex) têm como principais impactos o desaparecimento da floresta e a degradação do solo. Já a extração de combustíveis fósseis e seu uso, assim como a atividade de mineração, trazem como impactos o esgotamento desses recursos e a contaminação do ambiente.

### Desmatamento e retirada da cobertura original do solo

A cobertura vegetal estabiliza o solo e o protege da ação direta da chuva e do vento. A retirada da cobertura vegetal pode ocorrer por desmatamento, práticas agrícolas inadequadas e aberturas de clareiras. Essas atividades promovem a perda da biodiversidade local e expõem o solo a certos riscos, como erosão, lixiviação e assoreamento.

### Erosão

Corresponde ao movimento de partes do solo, que é arrastado de uma região para outra por ação da água e do vento. A erosão causada pelo vento é mais intensa em áreas sujeitas a períodos mais prolongados de seca. Esse fenômeno pode arrastar o solo em uma velocidade muito maior do que a que ocorre em condições naturais, retirando rapidamente a camada superficial do solo e comprometendo sua fertilidade (Fig. 4).



Fig. 4 Voçoroca na Serra do Cipó, Minas Gerais. As voçorocas são consideradas um dos estágios mais graves do processo de erosão.

As principais causas da erosão, decorrente da atividade humana, são a agricultura, a mineração a céu aberto e a abertura de clareiras. No entanto, há práticas agrícolas que podem reduzir a ocorrência desse impacto, tais como:

- Quebra-ventos: fileiras de árvores que dificultam a passagem do vento.
- Plantações em contorno: cultivo em ângulo reto em relação à inclinação do terreno.
- Terraceamento: formação de planos horizontais em áreas de grande declive.

### Lixiviação

Denomina-se lixiviação o carregamento pela água de substâncias químicas, tais como nutrientes minerais presentes no solo, percorrendo a superfície deste ou nele infiltrando-se. A água flui por um processo de percolação, isto é, entre as partículas que compõem o solo, o que resulta em menor quantidade de nutrientes em sua superfície em relação às camadas mais profundas.

A cobertura vegetal retira os nutrientes do solo, que são conduzidos à parte aérea das plantas. Com a queda de folhas, ramos, frutos e sementes, uma parte considerável dos nutrientes retorna à terra, mantendo-se, assim, um ciclo contínuo. A retirada da cobertura vegetal e as queimadas são fatores que interrompem esse processo, pois afetam organismos fundamentais na constituição do solo (bactérias, fungos, vermes) e removem o húmus, diminuindo a capacidade de retenção de nutrientes. Com a exposição do solo à chuva, ocorre uma rápida lixiviação, tornando-o empobrecido em nutrientes. Nesse cenário, poucas espécies conseguem sobreviver, o que reduz a biodiversidade local. Além disso, segue-se o processo de erosão, com as chuvas carregando grandes quantidades de partículas do solo.

### Assoreamento

É o acúmulo de sedimentos (argila, areia ou lodo) no fundo de rios, canais ou lagos. Isso reduz a profundidade e a velocidade da corrente. Lodo é o sedimento constituído por minerais e partículas de matéria orgânica.

O assoreamento é decorrente da erosão, com o transporte de partículas do solo para as coleções de água. Em regiões de



inverno rigoroso, após o derretimento da neve e do gelo, a água líquida flui para os rios e arrasta grandes quantidades de partículas, contribuindo para a ocorrência de assoreamento. As partículas que chegam à água se depositam no leito do ambiente aquático e reduzem sua profundidade. Com o assoreamento podem ser formadas praias arenosas nas margens de rios e lagos (Fig. 5).



Fig. 5 Exemplo de um rio assoreado.

As atividades humanas, como desmatamento, ocupação urbana, mineração, agricultura e pecuária, contribuem para acelerar o processo de assoreamento. Essas atividades têm consequências importantes, como o prejuízo para a navegação e a redução da transparência da água, o que compromete a realização de fotossíntese. A menor profundidade das coleções de água favorece processos de inundações das terras vizinhas em períodos de chuva. Esse problema é muito sério no litoral brasileiro, com o mar avançando sobre as praias, dado o assoreamento intenso em várias regiões, principalmente em decorrência da construção desordenada de casas e prédios.

A preservação da vegetação próxima aos rios e lagos é um dos cuidados para evitar o assoreamento. Essa vegetação, denominada **mata ciliar**, vegetação ribeirinha ou vegetação ripária, exerce um importante papel na proteção contra o assoreamento. O termo “ciliar” refere-se ao fato de essa vegetação ser similar aos cílios ao redor dos olhos e, em caso de destruição dessa vegetação original, deve ser feita sua recuperação por meio de plantio adequado.

### Perda de biodiversidade local

O desmatamento tem como consequência imediata a perda de biodiversidade local, pois várias espécies deixam de ter as condições necessárias para sua sobrevivência. A comunidade vegetal está diretamente relacionada a uma série de fatores que compõem um ecossistema, como: a manutenção das características climáticas locais; a produção de matéria orgânica que constitui a base da cadeia alimentar; o oferecimento de abrigo para inúmeros organismos; a estabilização do solo etc.

### Extinção de espécies

Ao longo da história da vida no planeta ocorreram grandes extinções, como no período Permiano da era Paleozoica e no período Triássico da era Mesozoica (muito conhecido pela extinção dos dinossauros).

Atualmente, há cerca de 1.200.000 espécies descritas pela ciência e uma imensa quantidade ainda desconhecida. No entanto, desde o século XVII a extinção de espécies vem ocorrendo de forma acelerada, principalmente em decorrência de atividades antrópicas.

A extinção de espécies atualmente tem inúmeras causas, por exemplo:

- Alterações do clima global: é o caso do aquecimento global, que pode determinar derretimento de neve e gelo, promovendo inundações e elevação do nível dos mares; isso afeta o ambiente de muitas espécies.
- Poluição: alguns casos mais severos, como chuva ácida, impedem o desenvolvimento de inúmeros organismos.
- Aumento de incidência de doenças parasitárias: certas doenças parasitárias põem em risco a sobrevivência de várias espécies.
- Fragilidade das espécies endêmicas: essas espécies vivem em lugares restritos e a destruição desses locais, por desmatamento, por exemplo, pode eliminá-las.
- Fragmentação, destruição ou degradação de habitats: ações decorrentes do uso de áreas de ecossistemas para pastagens, plantações, extrativismo desordenado, ocupação urbana, transporte, mineração e formação de lagos para hidrelétricas.
- Introdução de espécies exóticas: as quais podem não encontrar predadores naturais ou ainda serem mais eficientes que as espécies nativas no uso dos recursos.
- Superexploração de algumas espécies: a caça e a pesca intensivas colocam em risco muitas espécies de valor comercial.

Abordaremos a seguir esses três últimos aspectos, os quais estão intimamente relacionados ao processo de extinção de espécies.

### Fragmentação de habitats

É um processo que resulta na descontinuidade de uma ou mais espécies no ambiente, sendo causado por processos geológicos ou por atividades humanas. Os processos geológicos normalmente atuam de modo lento, com a formação de barreiras físicas, como a elevação de cadeias de montanhas ou modificações em rios, que se tornam mais largos e profundos. As barreiras físicas colocam grupos de uma mesma espécie em isolamento geográfico e podem desencadear a formação de novas raças ou de novas espécies.

Atividades humanas podem causar fragmentação de habitats de diversas maneiras, envolvendo a retirada de parte de um ecossistema para a construção de estradas, reservatórios de água, plantações, pastagens, áreas urbanas etc. A fragmentação de habitats vem ocorrendo em todo o planeta e produz grandes alterações no ambiente.

O ecossistema original é uma unidade ambiental e sua separação em diferentes áreas produz ilhas que deixam de



apresentar interações indispensáveis entre os componentes da comunidade total. Uma de suas consequências é o impedimento do fluxo de genes entre os grupos que ficaram isolados. Há ainda a possibilidade de o fragmento não conter todos os recursos necessários à sobrevivência da espécie e isso pode causar sua extinção. Além disso, alguns fragmentos podem conter espécies endêmicas, apenas existentes naquela parte específica do planeta, revelando o cuidado prioritário que deve ser tomado com esses fragmentos a fim de evitar a rápida eliminação dessas espécies.

Uma maneira de diminuir os danos causados pela fragmentação de habitats é a criação de corredores ecológicos, constituídos por áreas que ligam territórios isolados (Fig. 6). Isso permite o fluxo de genes entre as ilhas formadas e facilita a dispersão de espécies, o que aumenta as chances de recolonização de áreas degradadas. Esses corredores beneficiam espécies que necessitam de áreas maiores do que as existentes em fragmentos ambientais isolados.



LAURY CULLEN JR./ARQUIVO IPÊ

Fig. 6 Corredor ecológico ligando fragmentos de Mata Atlântica na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo.

### Introdução de espécies exóticas

Espécies exóticas são aquelas introduzidas em um ambiente onde não são encontradas originalmente. Isso tem se acentuado com o comércio internacional e o tráfico de animais silvestres, cuja renda é inferior apenas à do tráfico de armas e drogas.

Ao ocuparem nichos ecológicos disponíveis em seu novo meio, as espécies introduzidas podem apresentar rápido crescimento populacional, devido à disponibilidade de muitos recursos (alimento e espaço) e à baixa resistência ambiental. Esses fatores provocam, frequentemente, a extinção de espécies nativas e a simplificação dos ecossistemas. Além do mais, espécies exóticas podem causar danos às espécies nativas, comportando-se como predadores, parasitas ou competidores.

O eucalipto, empregado em reflorestamentos, é um exemplo de espécie exótica. Entre suas vantagens estão o rápido crescimento, a resistência a vários tipos de pragas e a pouca exigência em relação ao solo e ao clima. Após o corte, a parte remanescente cresce e gera indivíduos adultos sem necessidade de novo plantio. O eucalipto se alastra com facilidade e frequentemente possui vantagens na competição com outras espécies vegetais nativas. Um dos aspectos dessa vantagem é

que suas folhas, quando caem no solo, liberam substâncias que inibem a germinação de sementes de outras plantas, assegurando sua predominância territorial – um típico caso de **amensalismo**. Com isso, outras espécies de plantas nativas deixam a área e os animais delas dependentes podem não mais se desenvolver, ocorrendo um grande empobrecimento do ecossistema.

Nas Ilhas Maurício, localizadas na Costa Leste da África, havia uma espécie de ave de porte avantajado e comportamento dócil, o dodô – *Raphus cucullatus*. Essa espécie foi extinta no século XVII e uma das causas foi a introdução de ratos e gatos nas ilhas, que comiam seus ovos e filhotes. Além disso, a exploração de sua carne pelos colonizadores também contribuiu para a extinção da espécie.

Outro exemplo representativo é o caso do sapo-cururu brasileiro (Fig. 7), levado à Austrália há algumas décadas na tentativa de controlar insetos prejudiciais às plantações de cana-de-açúcar. Esse animal não encontrou no ambiente australiano predadores, parasitas ou competidores; além disso, teve espaço e alimento em abundância, o que acabou convertendo-se em uma grande praga.



SAM FRASER, SMITHWIMEDIA.COMMONS

Fig. 7 Sapo-cururu: levado do Brasil para a Austrália para servir como elemento de controle biológico de pragas em plantações de cana-de-açúcar; a tentativa foi infrutífera e o sapo-cururu proliferou intensamente.

### Superexploração de espécies

Corresponde à exploração excessiva de algumas espécies, o que pode causar a sua extinção. Foi o caso dos rinocerontes em Sumatra e em Java, caçados até a extinção, devido ao uso medicinal de seus chifres.

A pesca é outro fator preocupante, inclusive no Brasil, a começar pela produtividade dos mares, que é baixa em comparação a outras áreas do planeta, como a costa do Pacífico na América do Sul. Nossos mares apresentam menor quantidade de nutrientes e isso limita a multiplicação do fitoplâncton, que é a base das cadeias alimentares. Além disso, há uma sobrepesca, isto é, muitas espécies de peixes no Brasil são pescadas em quantidades que suplantam a capacidade de reposição das



populações (Fig. 8). Um exemplo é o caso da sardinha, cuja superexploração fez despencar o volume do pescado desde a década de 1970.

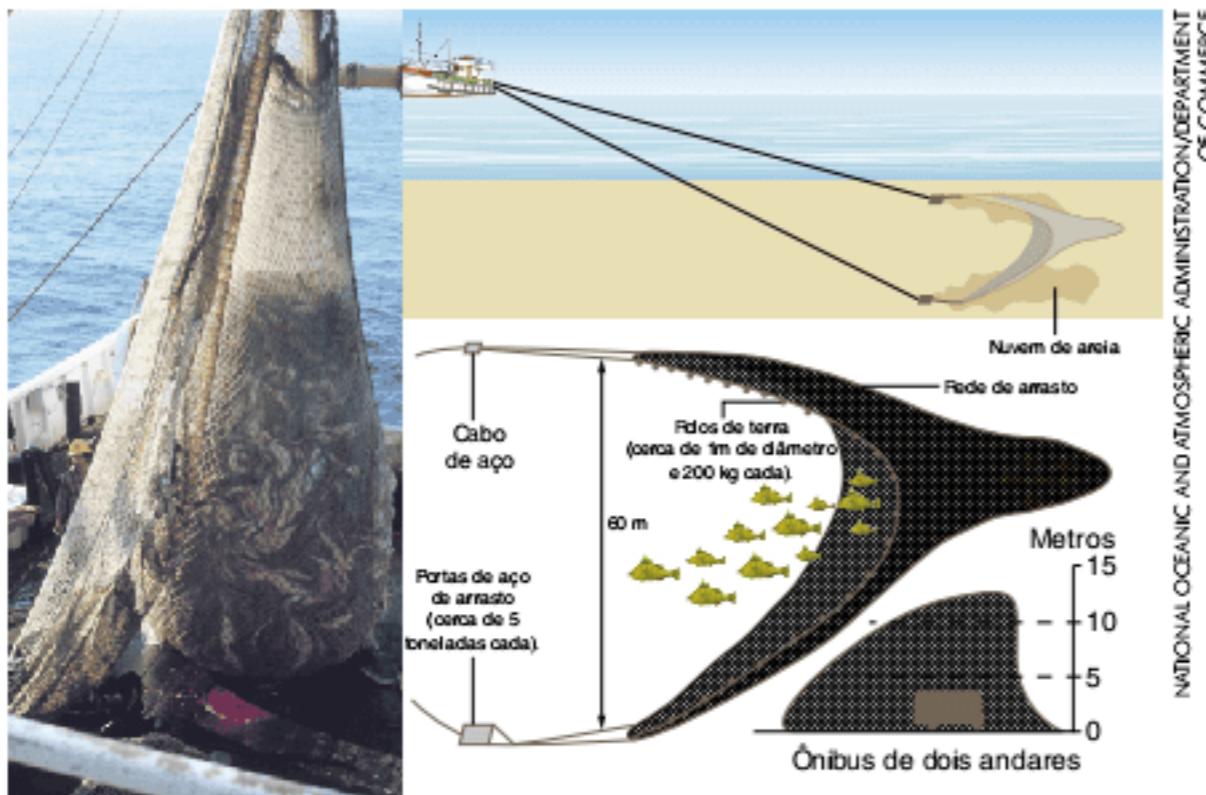


Fig. 8 A pesca de arrasto, ou arrastão, é uma das modalidades utilizadas para atender à grande demanda de pescado no mundo. No entanto, é extremamente impactante, devastando o fundo dos oceanos.

## Poluição

Poluição pode ser definida como toda contaminação da água, do ar ou do solo com quantidades indesejáveis de materiais ou energia (muitas vezes na forma de calor). Os poluentes podem ser uma substância natural, como o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), ou podem ter natureza sintética, como muitos inseticidas. **Poluentes primários** são aqueles gerados diretamente por uma fonte produtora, como o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e o dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), produzidos na queima de combustíveis fósseis. **Poluentes secundários** são formados a partir de poluentes primários que reagem com outra substância presente no ambiente. O ácido sulfúrico, por exemplo, é resultante da reação entre  $\text{SO}_2$  (poluente primário) com a água da atmosfera (Fig. 9). O ácido nítrico, por sua vez, é formado pela reação entre  $\text{NO}_2$  e água atmosférica.

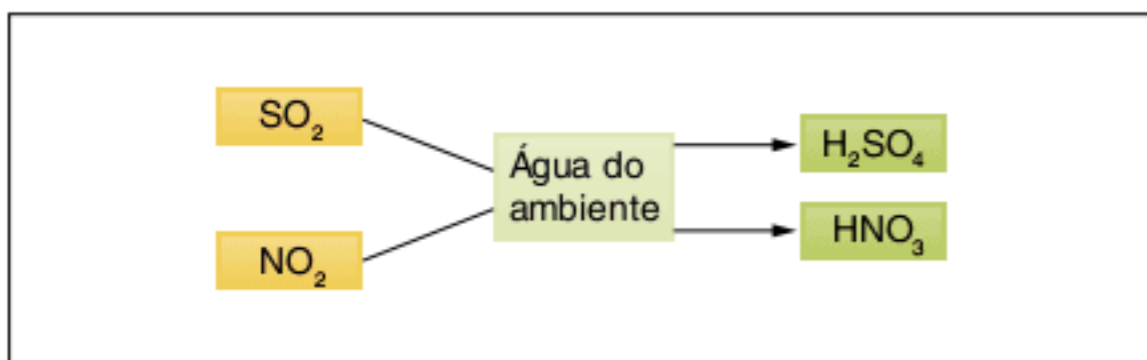


Fig. 9 Poluentes primários (como  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_2$ ) combinam-se com substâncias do ambiente e originam poluentes secundários (como  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{HNO}_3$ ).

Estudaremos a seguir a poluição do ar e depois a poluição do solo e da água.

### Poluição do ar Poluentes primários

No ar, encontram-se os seguintes tipos principais de poluentes primários: partículas sólidas, metano ( $\text{CH}_4$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ),  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  e clorofluorcarbonos (CFCs).

**Partículas sólidas** são partículas de poeira, sílica, fuligem e pó de carvão. Originam-se do solo, de rochas, de queimadas e da queima de combustíveis fósseis. O acúmulo dessas partículas no ar causa distúrbios respiratórios, favorece a inversão térmica (que será explicada adiante) e a retenção de luz, que favorece elevação de temperatura e permite reações fotoquímicas, podendo gerar ozônio ( $\text{O}_3$ , Fig. 10). O ozônio é tóxico quando inalado por seres vivos; além disso, não há quantidades significativas de ozônio em baixas altitudes; logo, ele pode ser considerado um poluente.

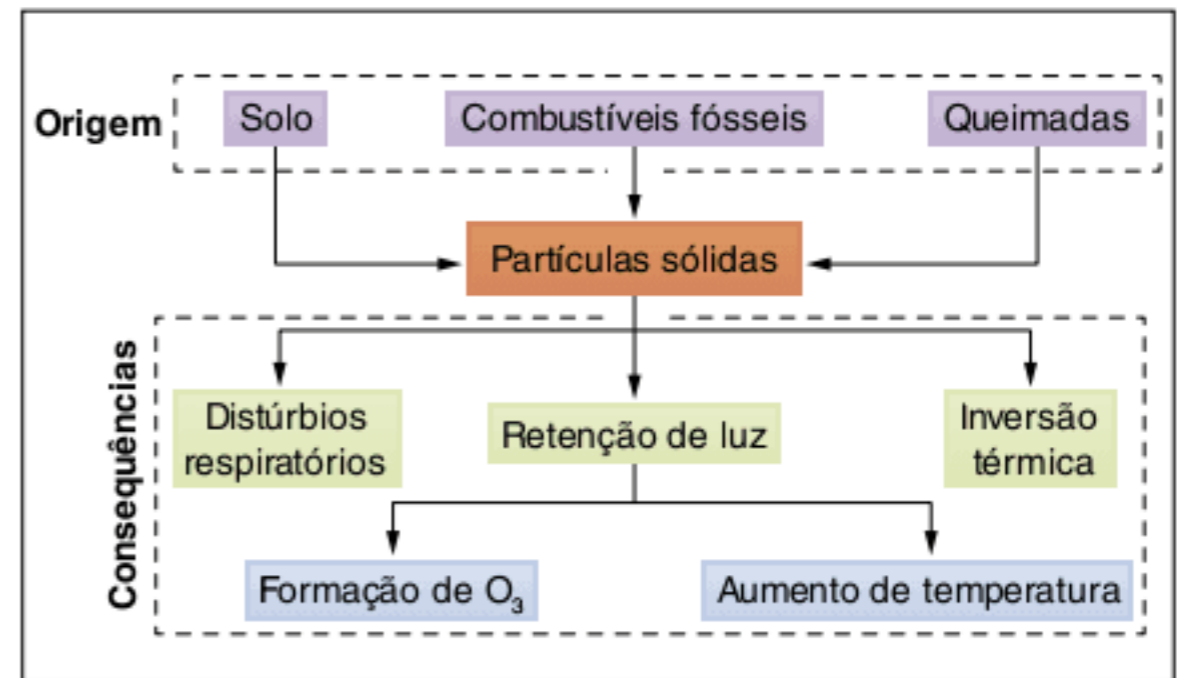


Fig. 10 Origem das partículas sólidas no ar e suas consequências.

O **metano** é um dos gases do efeito estufa, que eleva a temperatura da Terra. Origina-se da atividade de algumas bactérias e de arqueas.

**Monóxido de carbono** é um gás que, quando inalado, combina-se com a hemoglobina (molécula que transporta oxigênio) e compromete o transporte de gás oxigênio para os tecidos, podendo causar a morte do indivíduo. É produzido em queimadas e na queima de combustíveis fósseis.



Fig. 11 As queimadas, além de devastarem os ecossistemas, contribuem significativamente para o aumento das emissões de gases poluentes.

O **gás carbônico** é o principal causador da intensificação do efeito estufa. É gerado na respiração, na decomposição dos seres vivos, em queimadas e na queima de combustíveis fósseis.

$\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_2$  são os principais responsáveis pela chuva ácida. Originam-se da queima de combustíveis fósseis. Já os clorofluorcarbonos (CFCs), moléculas que tiveram grande uso na indústria para a produção de aerossóis, aparelhos de ar-condicionado, geladeiras, espumas e isopor, causam danos à camada de ozônio (Fig. 12).



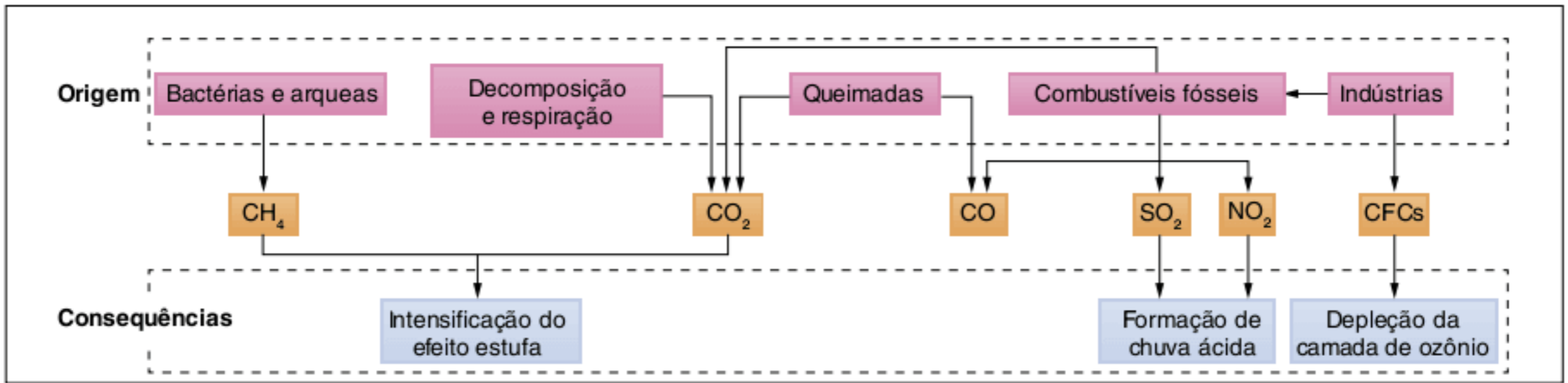


Fig. 12 Origem dos poluentes primários e algumas de suas consequências.

### Poluentes secundários

Os principais poluentes secundários são o ozônio ( $O_3$ ), o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e o ácido nítrico ( $HNO_3$ ).

O **ácido sulfúrico** é formado a partir de  $SO_2$ ; o **ácido nítrico** provém do  $NO_2$ . Esses ácidos são responsáveis pela **chuva ácida**, que causa lesões na pele, nos olhos e no sistema respiratório. A chuva ácida pode provocar a morte de plantas (de florestas e de plantações, Fig. 13) e do fitoplâncton, comprometendo a base das cadeias alimentares aquáticas.

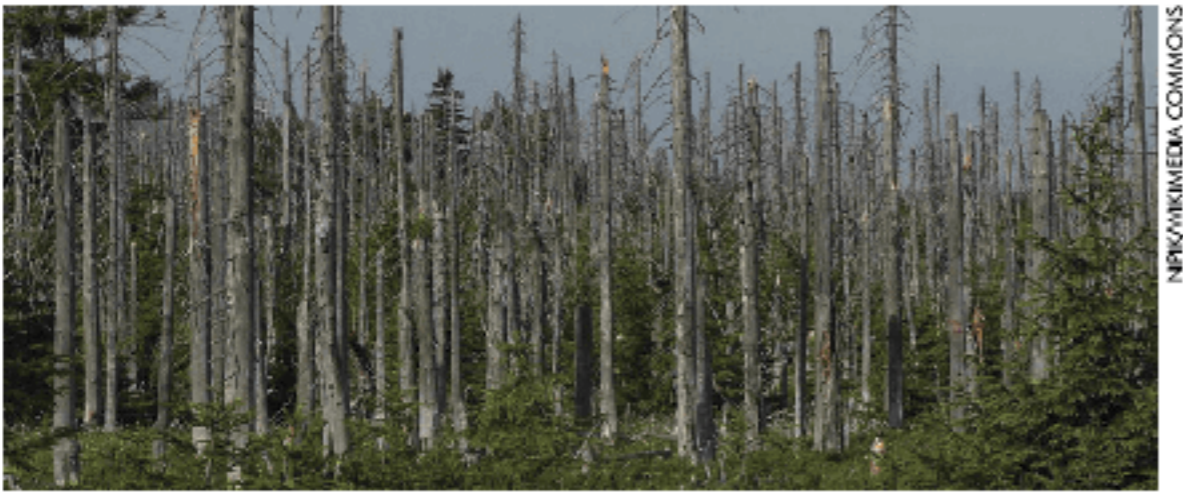
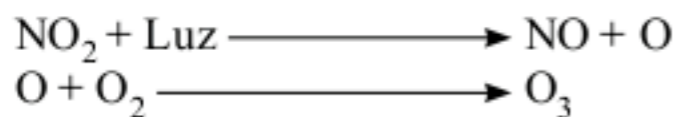


Fig. 13 Efeitos da chuva ácida em uma floresta temperada.

O **ozônio** é gerado em reações fotoquímicas, favorecidas quando o ar tem grande quantidade de partículas sólidas em suspensão, as quais absorvem energia luminosa. O  $NO_2$  pode originar  $NO$  e átomos livres de oxigênio, que reagem com o gás oxigênio, formando ozônio.



O ozônio gerado na troposfera (parte da atmosfera onde nos encontramos) causa distúrbios na pele, nos olhos e no sistema respiratório (Fig. 14).

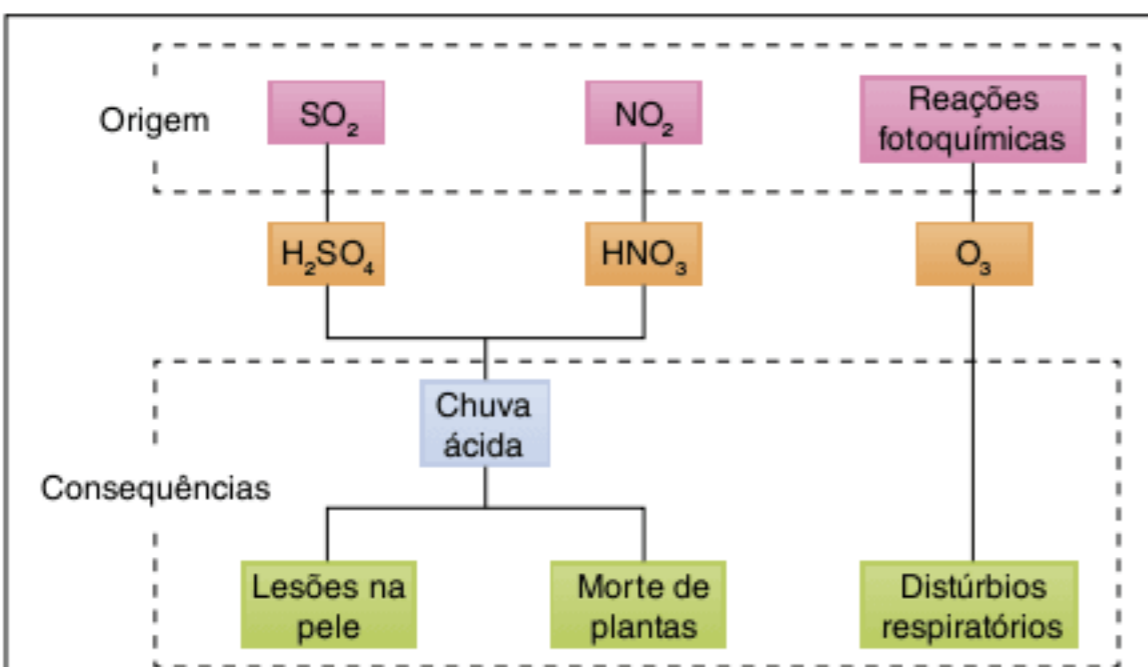


Fig. 14 Origem dos poluentes secundários e algumas de suas consequências.

### Inversão térmica

Durante o verão, o solo de uma cidade é aquecido pelo sol. Isso gera uma camada de ar quente junto à superfície. O ar quente tem baixa densidade e sobe, carregando partículas sólidas e outros poluentes. No inverno, o ar é frio e mais denso, ficando estagnado junto ao solo, assim não se forma uma corrente de ar ascendente. Logo, forma-se uma camada de ar frio junto ao solo, contendo muitas partículas sólidas, que dificultam a penetração de luz e o aquecimento do solo; sobre essa camada com muitos poluentes, há uma camada de ar quente. Nessas condições, não ocorre circulação vertical do ar e não há dissipação de poluentes. Esse efeito também ajuda na disseminação de microrganismos patogênicos pelo ar, como o vírus da gripe, e na ocorrência de distúrbios na pele, olhos e sistema respiratório (Fig. 15).

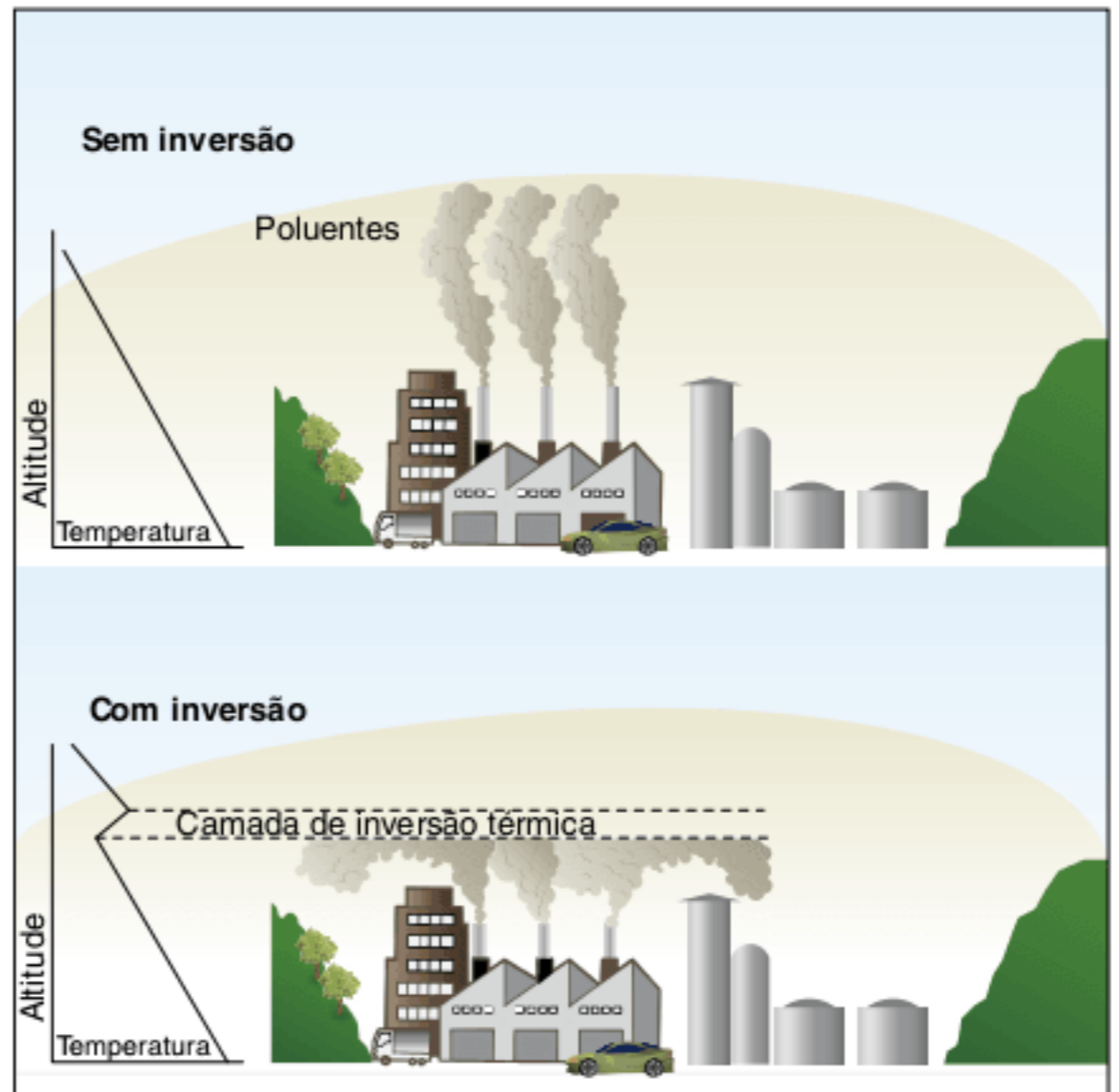


Fig. 15 Sem a inversão térmica, a temperatura do ar diminui gradativamente com a altitude, e a fumaça de fábricas e veículos sobe e se dispersa, pois são mais quentes que o próprio ar. Com a inversão térmica, a temperatura do ar aumenta abruptamente na chamada "camada de inversão"; essa camada "abafa" a cidade, causando problemas de saúde para os seus habitantes.

### Depleção da camada de ozônio

O ozônio presente na estratosfera protege o planeta contra quantidades excessivas de radiação ultravioleta (UV) provenientes do Sol. Uma parte dessa radiação é refletida na camada

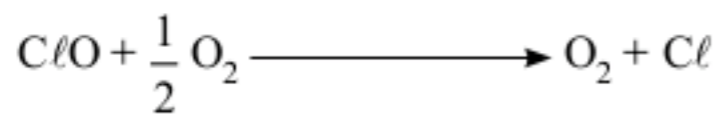


de ozônio e outra parte é absorvida, sendo convertida em energia térmica. Assim, com a presença da camada de ozônio, uma quantidade menor de radiação ultravioleta atinge a superfície do planeta.

No início da década de 1970, foi constatada uma rarefação na camada de ozônio, também conhecida como depleção da camada de ozônio. Essa depleção forma uma camada mais fina, com ozônio rarefeito, que permite maior incidência da radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre. A causa foi detectada como sendo a conversão de  $O_3$  em  $O_2$ , que não retém raios UV. Essa conversão é causada por óxidos de nitrogênio, como o NO, e pelos CFCs. O NO é liberado na queima de combustíveis fósseis e reage com o  $O_3$ , formando  $NO_2$  e  $O_2$ .



O cloro do CFC participa de uma sequência de reações que levam à degradação de  $O_3$ .



O átomo de cloro pode ser empregado novamente em outra reação com  $O_3$ , sendo reutilizado milhares de vezes.

Com a depleção da camada de ozônio aumenta a entrada de radiação ultravioleta para a superfície da Terra. Essa radiação provoca desnaturação de proteínas e causa mutações nas moléculas de DNA. Animais afetados podem apresentar cataratas, redução de defesas imunitárias e câncer de pele. Os produtores (plantas e fitoplâncton) podem ter seu metabolismo afetado, o que promove diminuição da atividade fotossintética; isso contribui para a elevação dos níveis de  $CO_2$  atmosférico.

### Intensificação do efeito estufa

Efeito estufa é a retenção de energia térmica pela atmosfera. Os responsáveis por esse fenômeno são o vapor-d'água, o gás carbônico, o metano, os CFCs e os óxidos de nitrogênio (principalmente o  $N_2O$ ).

O  $N_2O$  é gerado por bactérias desnitrificantes que atuam sobre o nitrato, abundante nos fertilizantes empregados em agricultura. O metano é gerado pela atividade de algumas bactérias e de arqueas. Esses procariontes são encontrados no esgoto, no tubo digestório de muitos animais, no lixo e em pântanos. O metano tem uma capacidade 25 vezes maior de retenção de calor do que o  $CO_2$ , mas sua quantidade é baixa.

O  $CO_2$  é gerado por respiração, decomposição, queimadas e queima de combustíveis fósseis, e empregado na fotossíntese e na quimiossíntese para a produção de matéria orgânica. Os níveis de  $CO_2$  aumentaram principalmente pelo uso de combustíveis fósseis. No Brasil, as queimadas constituem a maior causa das emissões de  $CO_2$ .

A intensificação do efeito estufa tem sido apontada como a provável causa do aquecimento global. Isso tem como consequências o derretimento de neve e de gelo em várias partes do planeta. Porções de neve e gelo que recobrem superfícies do solo são capazes de refletir a luz solar (é o efeito **albedo**). No entanto, se uma área do solo fica exposta diretamente aos raios solares, ocorre grande absorção de energia luminosa,

provocando aquecimento do solo e conseqüente aquecimento do ar, contribuindo para a elevação de temperatura. O efeito estufa também pode elevar a temperatura dos oceanos, levando a mudanças nas correntes de vento, o que pode afetar vários biomas.



Fig. 16 Uma das poucas geleiras estáveis no mundo está localizada na Patagônia, chamada Perito Moreno.

O derretimento de neve e de gelo, localizados em áreas continentais, promove inundações e elevação do nível do mar. Isso provoca a destruição de habitats e é uma das causas da redução da biodiversidade.

O aquecimento global pode ser reduzido com o emprego de outras modalidades de energia que não desprendem  $CO_2$ , como as energias solar e eólica. O plantio de árvores também favorece a redução do teor de gás carbônico, pois árvores em crescimento realizam mais fotossíntese do que respiração e retiram mais  $CO_2$  do que liberam para a atmosfera (é o sequestro de  $CO_2$ ). Nas plantas, o  $CO_2$  é empregado na síntese de matéria orgânica, como celulose e amido.

Como foi visto, alguns poluentes são responsáveis por mais de um problema ambiental e podem ter diferentes origens.

### Poluição da água e do solo

O planeta sofre sérios problemas relacionados à água. Os mananciais estão sendo afetados pelo desmatamento e pelo assoreamento em áreas de nascentes. Além disso, há um aumento do consumo de água em nível doméstico, na indústria e na irrigação em áreas cultivadas. A poluição da água e do solo envolve os seguintes aspectos: eutroficação, derramamento de óleo, lixo e magnificação trófica (Fig. 17).

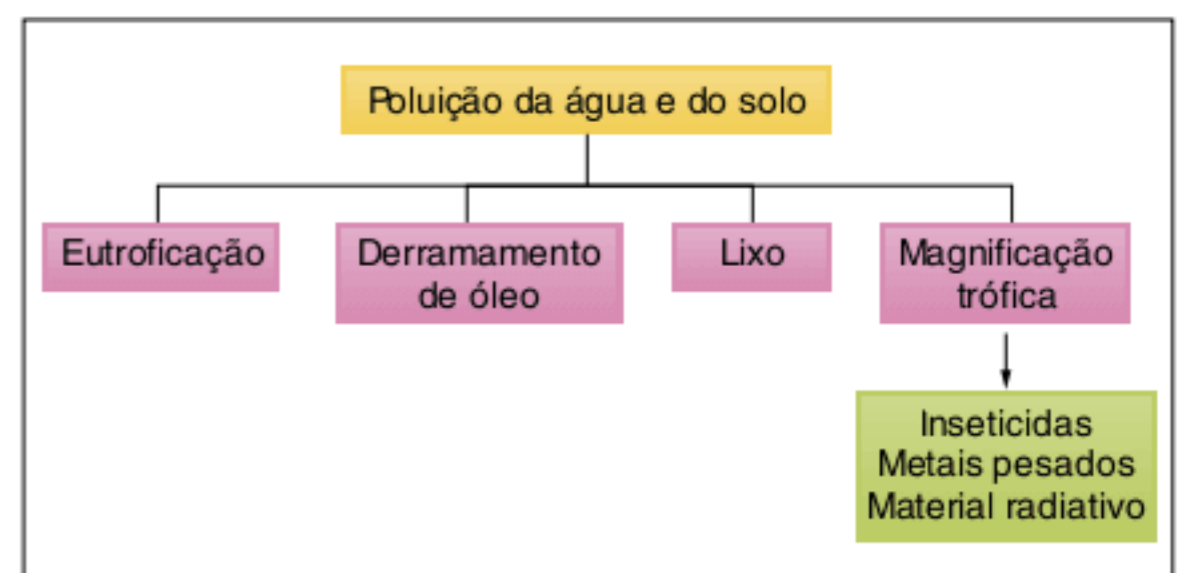


Fig. 17 Origem da poluição que afeta a água e o solo.



## Eutrofização ou eutroficação

Eutrofização é o fornecimento de um excesso de nutrientes para um ambiente aquático (principalmente fósforo e nitrogênio), capaz de causar grandes modificações na comunidade e tornar a água imprópria para o consumo (Fig. 18).

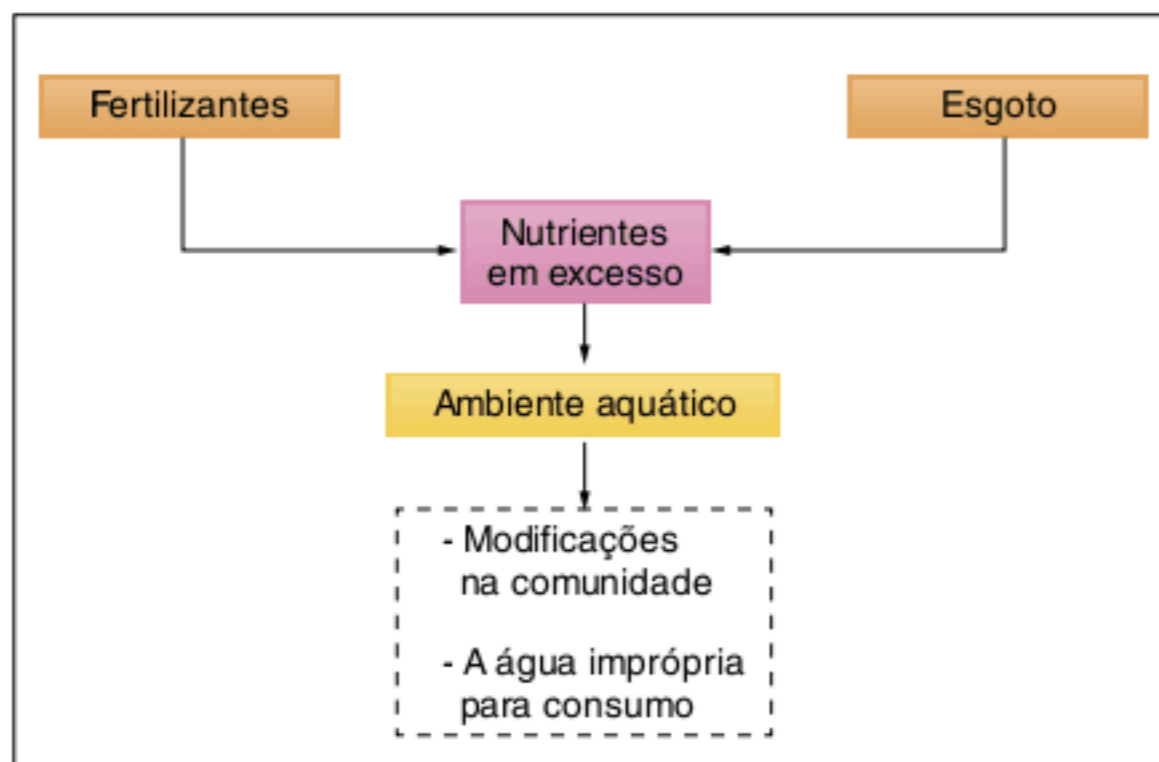


Fig. 18 Origem dos nutrientes que provocam a eutrofização.

Os nutrientes em excesso chegam na forma de sais minerais ou de matéria orgânica, a qual pode sofrer decomposição e liberar nutrientes na água. Podem ser provenientes de fertilizantes empregados em uma área agrícola próxima ao ambiente aquático; com a chuva, parte dos fertilizantes é carregada para a água. O esgoto sem tratamento também pode ser lançado na água, sendo outra fonte de nutrientes, além de veicular vários organismos causadores de doenças, como vírus, bactérias, protozoários, ovos de vermes etc. Bactérias intestinais, conhecidas como **coliformes fecais**, são indicadores do nível de contaminação da água por esgotos sanitários (Fig. 19).



Fig. 19 O despejo do esgoto sem tratamento nos cursos-d'água representa um grande aporte de nutrientes para o ambiente aquático, o que contribui para a ocorrência de eutrofização.

A comunidade aquática tem como produtores o fitoplâncton (algas e cianobactérias) e plantas submersas, muitas das quais ficam ligadas ao fundo do lago ou do rio. Os consumidores compreendem crustáceos, peixes, moluscos, larvas de

insetos e de anfíbios etc. Os decompositores são fungos e bactérias; há bactérias aeróbias (empregam gás oxigênio) e anaeróbias obrigatórias (não conseguem sobreviver na presença de  $O_2$ ). As bactérias anaeróbias são mais abundantes no lodo do fundo do ambiente aquático (Fig. 20).

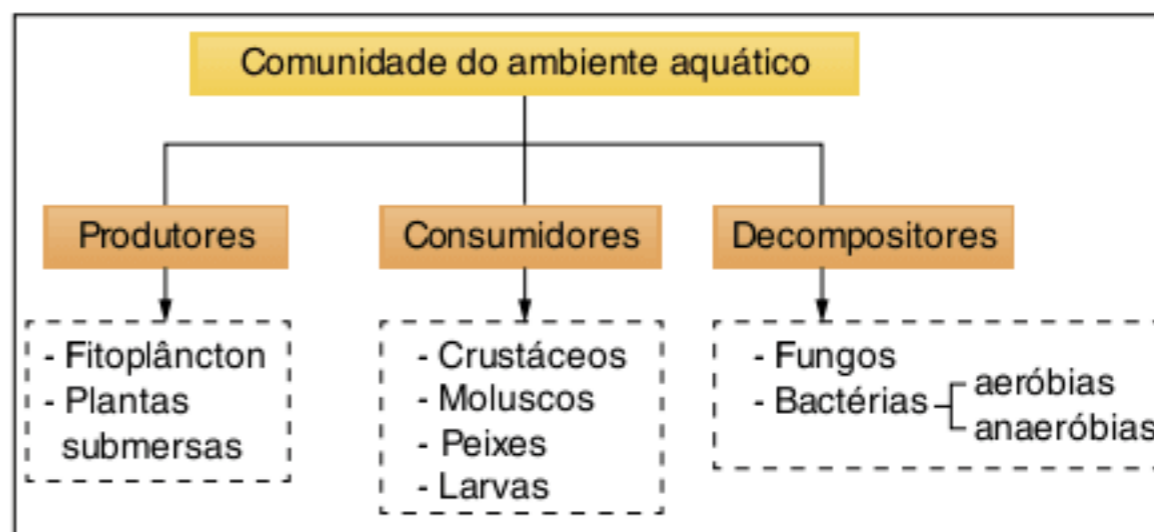


Fig. 20 Principais componentes de uma comunidade aquática.

Com o excesso de nutrientes, ocorre intensa proliferação do fitoplâncton, processo conhecido como "floração da água". Isso diminui a entrada de luz e provoca a morte de plantas submersas e de uma parte do fitoplâncton. Assim, o ambiente passa a apresentar grande quantidade de matéria orgânica morta, a qual serve de alimento para decompositores. A quantidade de bactérias decompositoras aeróbias aumenta rapidamente e elas consomem grande quantidade de gás oxigênio; há uma elevação da **DBO** (demanda bioquímica de oxigênio), que é a quantidade de oxigênio consumida pelas bactérias aeróbias para degradar a matéria orgânica. Como grande quantidade de oxigênio é consumida na decomposição da matéria orgânica, a concentração de  $O_2$  na água diminui, o que pode levar à morte dos organismos aeróbios, como peixes e outros animais, em poucas horas. Essa mortandade acrescenta matéria orgânica na água, que serve de alimento para bactérias decompositoras anaeróbias. Elas realizam a decomposição dessa matéria orgânica e liberam resíduos como o  $H_2S$ , o que torna a água imprópria para consumo (Fig. 21). Com o tempo, apenas organismos anaeróbios sobreviverão nesse ambiente.

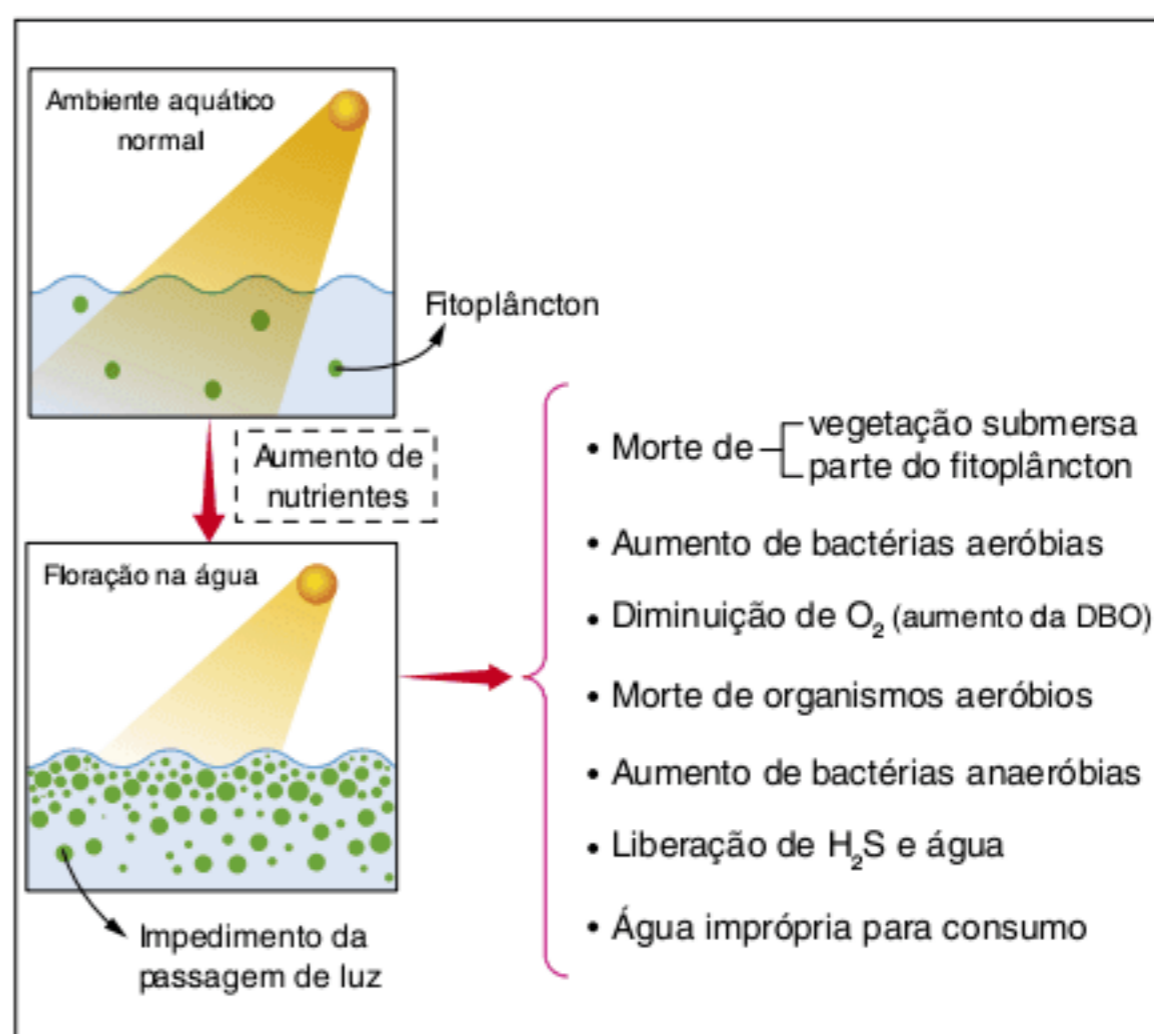


Fig. 21 Processo de eutrofização da água.



### Derramamento de óleo

Acidentes em refinarias, oleodutos e navios podem produzir vazamento de petróleo, que atinge a água do mar. O petróleo é menos denso do que a água e forma uma película na superfície, impedindo a entrada de luz e comprometendo a fotossíntese. O óleo também adere às brânquias ou às áreas pulmonares de animais, inviabilizando as trocas gasosas e causando sua morte. Aves aquáticas podem ficar com as penas embebidas em óleo e isso impede o voo.

A mancha de óleo pode atingir praias e manguezais, causando a morte de muitos organismos. Enquanto o óleo está na superfície da água, ele pode ser contido e retirado por bombas (Fig. 22). Também podem ser empregadas bactérias que realizam a degradação de petróleo. Esse processo constitui a **biorremediação**. Uma pequena fração do petróleo é solúvel em água, porém essa fração é extremamente tóxica, o que afeta o metabolismo de diversos organismos aquáticos.



Fig. 22 Ambiente aquático contaminado com óleo.

### Lixo

O lixo é o resíduo gerado pelas atividades humanas. Atividades diferentes geram resíduos diferentes; logo, há uma grande diversidade nos materiais que constituem o lixo, que deve ser submetido a uma triagem, separando-se seus componentes. Há materiais que podem ser reutilizados ou reciclados, e uma parte, constituída por materiais orgânicos, é utilizável em **biodigestores**. Esses equipamentos empregam a atividade de microrganismos para gerar gás metano, que é utilizado como combustível; a parte sólida que resta pode ser usada como fertilizante. A reciclagem de alguns materiais, como o alumínio, ajuda a preservar florestas, pois diminui a necessidade de extração de minérios.

O lixo, quando não reaproveitado, deve ter a destinação correta, ou seja, deve ser depositado em locais apropriados, de acordo com a sua composição. A matéria orgânica, quando decomposta, dá origem ao **chorume**, um caldo com grande concentração de resíduos orgânicos que pode contaminar corpos-d'água. Além disso, o chorume pode carregar outros contaminantes do lixo, como os metais pesados, que podem comprometer a qualidade do solo e dos ecossistemas aquáticos. O **lixo hospitalar** é composto de seringas e outros materiais contaminados, podendo infectar seres vivos que entrem em contato com esses resíduos (Fig. 23).



Fig. 23 Embora mereçam grandes cuidados devido aos sérios riscos que oferecem à população, ainda são frequentes os casos de destinação incorreta de resíduos hospitalares.

O **lixo nuclear** constitui uma classe especial de resíduo, pois ele não tem destinação segura, ou seja, não há maneira de neutralizar seu potencial tóxico. Geralmente, esses resíduos são armazenados em tanques de chumbo, que são enterrados em grossos caixões de concreto, localizados em desertos ou outras áreas não povoadas. Caso esse material entre em contato com algum ser vivo, há grande probabilidade de indução a mutações que levem ao câncer, devido à atividade radioativa desse lixo. Regiões que foram contaminadas com lixo nuclear podem levar milhares de anos para se recuperar. Uma das grandes barreiras da utilização de usinas atômicas é a destinação dos resíduos, pois é necessário forte investimento em pesquisa para desenvolver uma maneira segura de lidar com o lixo nuclear.

### Magnificação trófica

Algumas substâncias são incorporadas a cadeias alimentares e apresentam aumento de concentração ao longo dos níveis tróficos. Isso ocorre com **inseticidas** (como o DDT e outros compostos organoclorados), **metais pesados** (como o chumbo e o mercúrio, que é utilizado em garimpos) e com materiais radioativos. Esses materiais não são biodegradáveis, isto é, não são alterados pelas enzimas dos seres vivos pelos quais eles transitam ao longo da cadeia alimentar. O DDT, por exemplo, é uma substância sintética, que não existia na natureza. Os seres vivos não têm enzimas que possam converter essa molécula em resíduos inorgânicos menores; assim, quando o DDT entra no organismo de um animal, ele se acumula em estruturas que apresentam lipídeos; apenas uma pequena parte é eliminada com a urina. Em uma cadeia alimentar, geralmente a biomassa dos produtores é maior que a dos consumidores primários, que possuem biomassa maior do que os consumidores secundários, e assim sucessivamente. Como o DDT não é degradado ao longo da cadeia alimentar e a biomassa diminui, a concentração do produto fica maior nos níveis tróficos mais distantes dos produtores (Fig. 24).



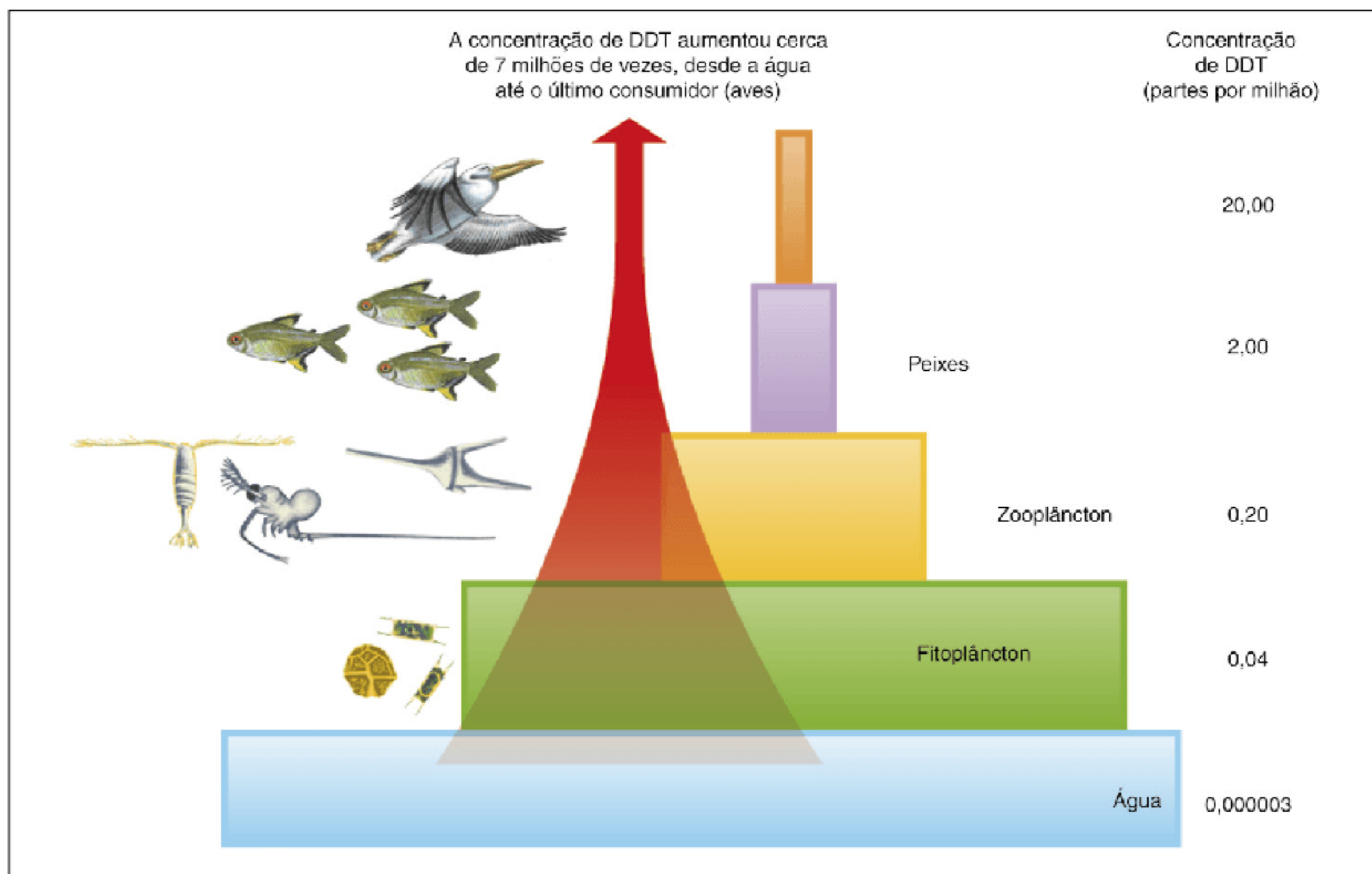


Fig. 24 Exemplo de situação em que a concentração de produtos não biodegradáveis aumenta ao longo da cadeia alimentar.

## Avaliação de impactos ambientais

A caracterização dos impactos ambientais é feita por meio de alguns parâmetros, como:

- **Magnitude:** se refere à extensão da área impactada.
- **Duração:** podem ser de curto período (inferior a um ano) ou prolongar-se por vários anos.
- **Reversibilidade:** podem causar alterações reversíveis ou irreversíveis.

Grandes projetos – como a construção de hidrelétricas, refinarias de petróleo, grandes áreas de extração de alumínio – podem causar impactos ambientais de vários tipos. Entre eles, podem ser citados:

- Alterações na fauna e na flora – os ambientes aquáticos, por exemplo, são passíveis de grandes mudanças.
- Ocupação de áreas destinadas à agricultura ou ao meio urbano.
- Riscos à saúde da população.
- Modificações sociais e culturais da população.

Algumas atividades econômicas no Brasil requerem **licenciamento ambiental** para seu exercício, especialmente aquelas com potencial poluidor ou que possam produzir degradação ambiental. A autorização para instalação e operação de empreendimentos que utilizam recursos ambientais só é concedida pelo Poder Público por meio do licenciamento ambiental. É o caso da mineração e de várias indústrias, como de papel,

borracha, couro e pele; também há necessidade de licenciamento para as atividades de turismo, transporte, construção civil, agricultura, pecuária etc.

O licenciamento ambiental é obtido por meio dos **Estudos de Impacto Ambiental (EIA)** e do **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)**. O EIA é examinado pelo órgão governamental CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). É feita inicialmente a delimitação da área de influência, determinando a extensão territorial que o projeto vai afetar direta ou indiretamente. Uma fase do processo é de diagnóstico ambiental e consta da avaliação dos efeitos positivos e negativos decorrentes da atividade.

Posteriormente, é elaborado o RIMA, que deve ser escrito de forma objetiva e possível de se compreender, utilizando mapas, quadros e gráficos. Esse relatório deve ser disponibilizado para a sociedade, incluindo as instituições interessadas na implementação do projeto. O RIMA contém os objetivos do projeto e sua relação com políticas setoriais e planos governamentais; descreve as matérias-primas, as fontes de energia empregadas e os resíduos gerados, apresentando também um programa de acompanhamento e monitoramento dos passos que envolvem a implementação do projeto e seu posterior funcionamento. Além disso, deve-se incluir os prováveis impactos ambientais da implantação que podem ser causados pelo andamento do projeto, no que se refere aos problemas sociais e/ou ambientais e os meios para reduzi-los.



## Tecnologias de redução do impacto ambiental

A ciência busca diariamente alternativas que reduzam os impactos ambientais causados pela poluição. Até o momento, já foram desenvolvidas algumas soluções viáveis, mas a tendência é que esse cenário seja aperfeiçoado cada vez mais.

A seguir serão apresentadas algumas dessas tecnologias.

### Tecnologias de controle da poluição do ar

Serão abordadas as seguintes tecnologias para a mitigação da poluição do ar: filtros de ar, conversores catalíticos e fontes alternativas de energia (Fig. 25).

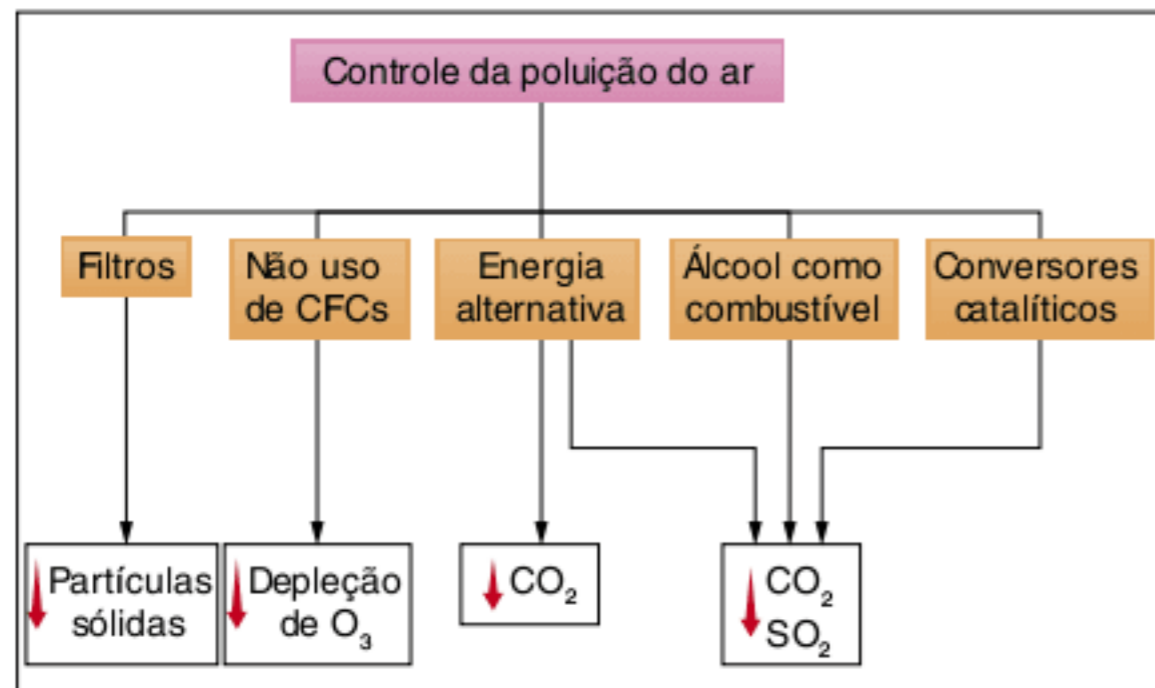


Fig. 25 Algumas soluções para a poluição do ar.

#### Filtros de ar

Filtros de ar atuam diminuindo a emissão de partículas sólidas. São utilizados principalmente em indústrias.

#### Conversores catalíticos

Conversores catalíticos são equipamentos que reduzem a emissão de CO e de óxidos de nitrogênio (convertidos em N<sub>2</sub>). Esse tipo de equipamento é utilizado principalmente em veículos, porém estudos recentes indicam que os solos próximos a estradas estão contaminados com platina, um elemento químico característico dos conversores catalíticos.

#### Fontes alternativas de energia

Energia alternativa é a energia produzida por meios alternativos às fontes utilizadas tradicionalmente (hidrelétrica e carvão). Os principais tipos são as energias eólica, solar e a produzida pelas marés (Fig. 26). Ventila-se a possibilidade de maior emprego de energia nuclear. Esses métodos de produção de energia diminuem a emissão de poluentes, como CO, CO<sub>2</sub>, óxidos de nitrogênio e SO<sub>2</sub>. Embora esses métodos de produção de energia também produzam impactos ambientais, principalmente a energia nuclear, eles podem reduzir a produção de poluentes com os quais a atmosfera e o solo já correm risco de saturação.



Fig. 26 Fontes alternativas de energia: solar à esquerda e eólica à direita.

### Tecnologias de controle da poluição do solo e da água

As tecnologias para a mitigação da poluição do solo e da água que serão abordadas são: a técnica de hidroponia, o tratamento de esgoto e do lixo, a utilização de adubos orgânicos e a rotação de culturas (Fig. 27).

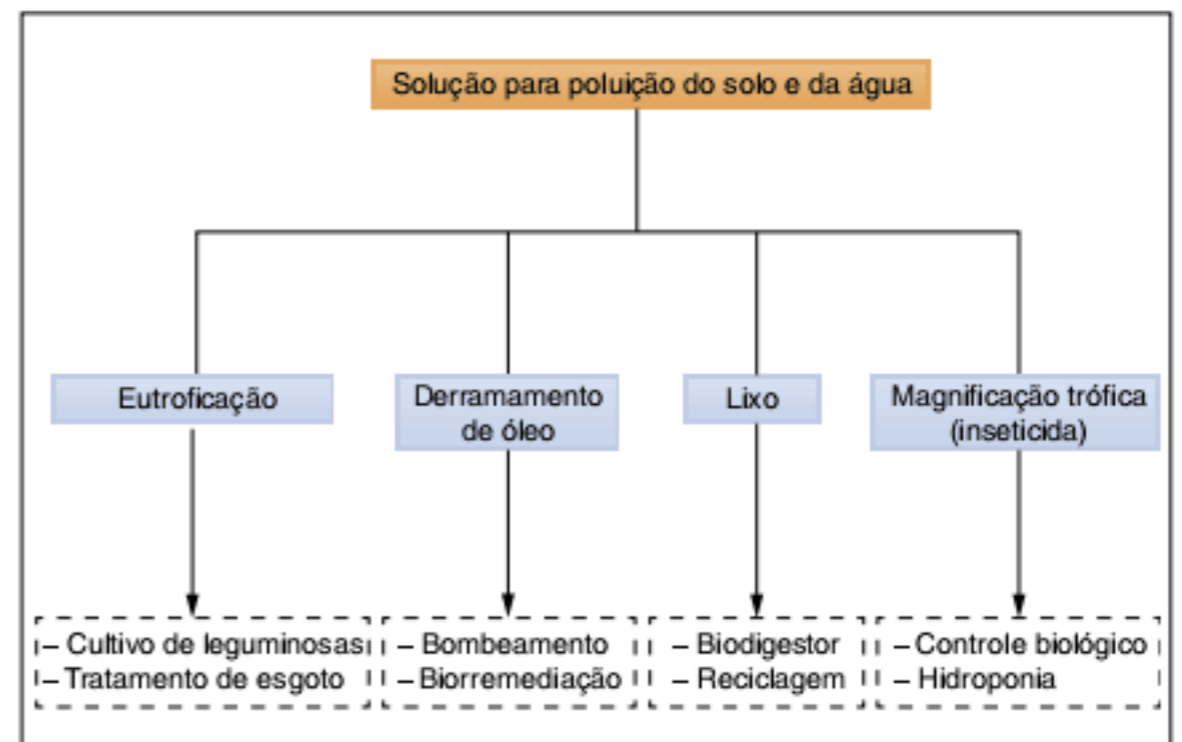


Fig. 27 Algumas soluções para a poluição do solo e da água.

#### Hidroponia

O método de hidroponia consiste no cultivo de vegetais que utilizam apenas água e nutrientes. Esse método reduz o uso do solo (desmatamento) e de defensivos agrícolas.

#### Tratamento de esgoto

É um conjunto de medidas físico-químicas que retira/decompõe grande quantidade dos poluentes presentes nos esgotos. O tratamento reduz a veiculação de doenças e diminui a ocorrência de eutrofização em corpos-d'água que recebem o esgoto. Entretanto, o tratamento produz um resíduo (lodo) que pode ser tóxico e que deve ser descartado de maneira correta.



## Tratamento do lixo

O tratamento do lixo permite a obtenção de adubos e de gás para uso como combustível, a diminuição de derrubada de árvores (para a produção de papel e alumínio) e a diminuição de contaminação dos lençóis freáticos por chorume. Usinas de Triagem e Compostagem (UTC), por exemplo, separam os materiais recicláveis presentes nos resíduos urbanos e, por meio do lixo orgânico descartado, produzem um composto de excelente qualidade para o plantio e para a recuperação de solos.



© GALE VERRAGLE | DREAMSTIME.COM

Fig. 28 A compostagem doméstica também é possível, reduzindo o volume de resíduos gerados e reaproveitando o lixo orgânico que seria descartado.

Atualmente, existe o programa dos 3 Rs para o tratamento do lixo: reutilização, reciclagem e redução. As medidas mais efetivas são a redução e a reutilização do lixo, pois gastam menos recursos. Alguns defendem a inserção de outros 2 Rs entre os 3 já citados: a reflexão e a recusa. Esses 5 Rs deveriam, então, fazer parte do dia a dia das pessoas, especialmente como forma de orientar cada atitude que venha a gerar algum tipo de resíduo. Se organizados em uma ordem de importância, os 5 Rs apareceriam da seguinte forma: **refletir, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar**. Embora a reciclagem tenha sua valia, ela se relaciona à produção de um novo produto, o que indica uma nova utilização de recursos; por essa razão, aparece em último lugar.

## Adubos orgânicos e rotação de cultura

A produção de adubos orgânicos e a técnica de rotação de culturas levam à diminuição da eutrofização, pois reduzem a necessidade de utilização de fertilizantes nitrogenados e evitam que grande parte dos nutrientes seja levada a corpos-d'água. Além disso, rotação de culturas evita a exaustão do solo, alternando-se as espécies cultivadas, que apresentam diferentes necessidades nutricionais.

A tabela a seguir (Tab. 1) mostra os principais problemas ambientais e algumas soluções possíveis para eles.

Poluentes	Problema gerado	Consequência	Solução
Emissão de CFCs e óxidos de nitrogênio.	Depleção da camada de ozônio	Aumento da entrada de radiação ultravioleta na superfície, ocasionando mutações no DNA, câncer de pele, cataratas, morte do fitoplâncton.	Redução do uso de CFCs e diminuição da queima de combustíveis fósseis (redução de óxidos de nitrogênio). Maior emprego de energias alternativas.
Emissão de gás carbônico, metano, óxidos de nitrogênio e CFCs.	Aquecimento global	Elevação da temperatura, ocasionando derretimento de neve e gelo, inundações, redução de habitats e perda de biodiversidade.	Redução do uso de combustíveis fósseis: plantio de árvores; uso de energias alternativas.
Aumento de nutrientes por esgoto e fertilizantes agrícolas.	Eutrofização da água	Alteração da comunidade aquática e perda da qualidade da água para consumo humano.	Diminuição do uso de fertilizantes; tratamento de esgoto.
Utilização de inseticidas, metais pesados e materiais radioativos.	Magnificação trófica	Aumento da concentração desses materiais ao longo da cadeia alimentar.	Fiscalização de garimpos e indústrias; controle biológico de pragas.
Queimadas e queima de combustíveis fósseis.	Presença de monóxido de carbono na atmosfera	CO inalado combina-se com hemoglobina do sangue e ocasiona redução do transporte de oxigênio para os tecidos; dano neurológico e morte.	Uso de conversores catalíticos; uso de energias alternativas.
Queima de combustíveis fósseis libera NO <sub>2</sub> e SO <sub>2</sub> , que se combinam com água e geram ácidos nítrico e sulfúrico.	Chuva ácida	Lesões na pele, nos olhos e no sistema respiratório. A chuva ácida pode produzir a morte de plantas (de florestas e de plantações) e do fitoplâncton.	
No inverno, o ar frio fica estagnado junto ao solo e não se forma corrente de ar ascendente. Ocorre acúmulo de partículas sólidas no ar (poeira, sílica, pó de carvão).	Inversão térmica	Distúrbios na pele, olhos e sistema respiratório. Reações fotoquímicas entre óxidos de nitrogênio e oxigênio produzem ozônio.	Diminuição da liberação de óxidos de nitrogênio; uso de conversores; filtros de ar; diminuição da atividade industrial e da circulação de veículos.
Reações químicas quando há faíscas e raios. Reações fotoquímicas entre oxigênio e óxidos de nitrogênio.	Presença de ozônio na atmosfera	Distúrbios na pele, olhos e sistema respiratório.	

Tab. 1 Principais poluentes do planeta.



## Recuperação de ecossistemas

Além de se reduzir os impactos gerados ou de se conservar e preservar áreas naturais, uma preocupação fundamental é a recuperação de ambientes já degradados. Antes de uma grande alteração ambiental, como a inundação de uma área para a construção de hidrelétricas, pode ser efetuado o resgate de animais e de plantas próprios da região, os quais são encaminhados para outros locais. No entanto, esse tipo de impacto é irreversível e o ambiente não recupera suas feições originais.

Um ecossistema bastante impactado, mas com capacidade de reversibilidade, pode apresentar problemas como erosão, assoreamento e diversos tipos de poluição, procedentes de esgoto doméstico e/ou industrial, garimpos ou de aterros sanitários. Esses ecossistemas apresentam biodiversidade reduzida, com a seleção de organismos mais resistentes à poluição. É frequente a contaminação da água com microrganismos e substâncias químicas, como metais pesados e defensivos agrícolas. As coleções de água da região também ficam mais sujeitas ao processo de eutrofização, agravando ainda mais as condições do ambiente.

Com essas características, o ambiente favorece a propagação de doenças na população e há uma expressiva perda de biodiversidade aquática. Além disso, há redução do valor econômico das propriedades da região.

A recuperação das áreas afetadas envolve:

- Pesquisas científicas sobre o meio circundante.
- Ações diretas, como fiscalização das empresas poluidoras e o tratamento de esgoto.
- A recuperação das matas ciliares, de grande importância para se evitar processos de erosão e fornecer condições para o desenvolvimento da fauna local.
- **Educação ambiental**, com a construção de valores sociais, conhecimentos, habilidades e competências voltadas para a conservação do meio ambiente.

Os ecossistemas recuperados apresentam um retorno de alta biodiversidade e se tornam mais estáveis, podendo ser reutilizados de maneira sustentável. A qualidade da água melhora e pode servir para consumo doméstico, industrial e irrigação de plantações; a água também pode ser explorada em atividades recreativas e em transporte.

A manutenção de espécies fora de seu ambiente natural contribui para a perpetuação de organismos que estariam ameaçados de extinção ou que foram retirados de locais cujo habitat foi degradado. É o caso de zoológicos, jardins botânicos, aquários e bancos de sementes.

## Impactos ambientais e desenvolvimento sustentável

A Hipótese de Gaia (deusa da mitologia grega) foi desenvolvida por James Lovelock e Lynn Margulis, na década de 1970, e considera a Terra como um grande organismo, que se mantém em equilíbrio com a interferência dos seres vivos. Com isso, o planeta regula sua estrutura e composição. Um exemplo dessa atuação é a liberação de gases por algas marinhas que promovem um núcleo de condensação nas nuvens, desencadeando a precipitação.

Seus idealizadores defendem a ideia de que a superfície da Terra foi modificada pela vida ao longo do tempo. Dessa forma, os seres vivos teriam interferência na temperatura, composição química e aspectos diversos da crosta terrestre, indicando que o planeta e a vida teriam influências mútuas e de modo permanente.

Não importa, aqui, o quão fundamentada é essa hipótese, mas, sim, o fato de que ela ressalta a existência de um delicado equilíbrio entre os componentes da natureza, o qual poderia ser comprometido pelas intensas alterações provocadas pela ação antrópica.

## A importância da biodiversidade

A fauna, a flora e os microrganismos dos ecossistemas naturais contribuem para a manutenção dos recursos naturais e da biodiversidade por meio de diversos processos, como a fixação de nitrogênio, a reciclagem de nutrientes, a polinização, a dispersão de sementes, a purificação da água e o controle biológico de populações que, potencialmente, poderiam se comportar como pragas em outros ambientes.

A manutenção de áreas naturais traz uma série de benefícios, seja no viés econômico ou simbólico. Ambientes como florestas e savanas, por exemplo, têm elevada biodiversidade e representam fontes de diversos recursos, como matérias-primas (látex, medicamentos, corantes), alimentos (variedades de plantas e animais comestíveis) e genes (que podem ser empregados em modalidades de biotecnologia).

A biodiversidade também tem uma importância ética, relacionada a valores fundamentais, como a noção de respeito à vida e a de que cada espécie tem direito de existir em condições adequadas. Soma-se a isso o fato de que toda espécie tem um papel essencial na manutenção do equilíbrio da natureza.

Outras características da biodiversidade são o componente estético, que se refere à beleza da natureza e seus efeitos favoráveis às pessoas, e o valor recreativo, com inúmeras possibilidades de lazer para populações locais e turistas.

## Desenvolvimento sustentável

O primeiro ponto a ser tratado sobre o desenvolvimento sustentável se refere a seu aspecto conceitual. A palavra *desenvolvimento* não tem o mesmo significado de “crescimento econômico”, que, nos moldes convencionais, promove um consumo crescente de recursos naturais, com o risco de seu esgotamento. As atividades econômicas, como foi visto até aqui, costumam ser promovidas de modo insustentável, prejudicando o ambiente e comprometendo, até mesmo, o crescimento econômico que motivou a exploração ambiental.

O desenvolvimento sustentável corresponde à utilização dos recursos naturais de forma a permitir o bem-estar da população atual sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras, preservando as espécies e os recursos naturais. Ao mesmo tempo, visa promover a redução do uso de matérias-primas e produtos e aumentar os processos de reutilização e reciclagem.

Além disso, o desenvolvimento sustentável tem um importante aspecto social, visando a subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente. A degradação do ambiente natural gera a desagregação dos modos de vida tradicionais, intimamente ligados às condições da terra natal dessas populações.



## Pegada ecológica

Os estilos de vida de uma sociedade ou de um indivíduo incluem serviços (transporte, saúde, educação) e produtos (alimentos, roupas, aparelhos elétricos e eletrônicos). O atendimento dessas necessidades demanda um custo ambiental.

O termo “pegada ecológica” se traduz como a área de território, expressa em hectares, utilizada para atender às necessidades de manutenção de determinados estilos de vida de uma sociedade ou de um indivíduo. Essa área de território inclui três componentes: consumo, processamento de resíduos gerados e interação com as outras espécies. Em geral, as sociedades com maior desenvolvimento industrial têm maior demanda por recursos naturais e geram mais resíduos.

O consumo relaciona-se com a infraestrutura, como a moradia, o transporte, os reservatórios de água, as hidrelétricas etc. Envolve ainda a produção de materiais, que exige:

- Áreas cultivadas para a produção de alimentos, fibras e alimento para o gado.
- Pastagens para a produção de leite, carne, couro e lã.
- Florestas para a produção de madeira e celulose.
- Oceanos, lagos e rios para a pesca.

O processamento dos resíduos gerados pela atividade humana inclui a reciclagem de resíduos domésticos e a vegetação necessária para o sequestro do carbono gerado na queima de combustíveis fósseis.

A interação com outras espécies, por sua vez, corresponde à área ambiental que deve ser deixada para elas. A ideia é que o homem não esgote os recursos de maneira a degradar o ambiente, inviabilizando a sobrevivência de outros organismos.

A aplicação do conceito de pegada ecológica contribui para que a população humana realmente tenha um crescimento sustentável, sem esgotar a capacidade-limite do planeta.

## Revisando

**1** Conceitue superpopulação.

---

---

---

---

---

---

---

---

**2** Com o número de indivíduos da população humana mundial são gerados grandes problemas ambientais. Cite os principais decorrentes da:

a) maior demanda por alimento.

---

---

---

---

---

---

---

---

b) maior demanda por produtos industriais.

---

---

---

---

---

---

---

---

**3** O que é erosão?

---

---

---

---

---

---

---

---



**4** O que é lixiviação? Cite danos ambientais que esse processo provoca.

---

---

---

---

---

**5** Conceitue assoreamento. Qual é a principal causa do assoreamento?

---

---

---

---

**6** O que é fragmentação de habitats? Quais são suas principais consequências?

---

---

---

---

**7** Por que a introdução de espécies exóticas pode causar a extinção de espécies nativas?

---

---

---

---

**8** Cite casos de superexploração de espécies.

---

---

---

---

**9** Conceitue poluição.

---

---

---

---

**10** O que são poluentes primários?

---

---

---

---

**11** Defina poluentes secundários.

---

---

---

---

**12** Por que a inversão térmica ocorre no inverno?

---

---

---

---

---



**13** Quais são os dois tipos de poluentes relacionados com a depleção da camada de ozônio?

---

---

---

**14** O que é efeito estufa? Cite os gases responsáveis por esse fenômeno.

---

---

---

**15** Por que o plantio de árvores contribui para a redução da intensificação do efeito estufa?

---

---

---

**16** O que é eutrofização?

---

---

---

**17** O que significa "floração da água"?

---

---

---

**18** Qual é o significado da sigla DBO?

---

---

---

**19** Por que o vazamento de petróleo compromete a fotossíntese de um ambiente aquático atingido pelo problema?

---

---

---

**20** O que é biorremediação?

---

---

---



**21** Conceitue magnificação trófica.

---

---

---

---

**22** Cite as três principais tecnologias que favorecem a redução da poluição do ar.

---

---

---

---

**23** Cite cinco técnicas que podem reduzir a poluição da água e do solo.

---

---

---

---

---

---

**24** Defina desenvolvimento sustentável.

---

---

---

---

---

---

**25** O que é pegada ecológica? Quais são seus três componentes?

---

---

---

---

---

---

## Exercícios propostos

**1 Enem 2012** Suponha que você seja um consultor e foi contratado para assessorar a implantação de uma matriz energética em um pequeno país com as seguintes características: região plana, chuvosa e com ventos constantes, dispondo de poucos recursos hídricos e sem reservatórios de combustíveis fósseis.

De acordo com as características desse país, a matriz energética de menor impacto e risco ambientais é a baseada na energia:

- (a) dos biocombustíveis, pois tem menor impacto ambiental e maior disponibilidade.
- (b) solar, pelo seu baixo custo e pelas características do país favoráveis à sua implantação.
- (c) nuclear, por ter menor risco ambiental e ser adequada a locais com menor extensão territorial.
- (d) hidráulica, devido ao relevo, à extensão territorial do país e aos recursos naturais disponíveis.

- (e) eólica, pelas características do país e por não gerar gases do efeito estufa nem resíduos de operação.

**2 Enem 2012** Para diminuir o acúmulo de lixo e o desperdício de materiais de valor econômico e, assim, reduzir a exploração de recursos naturais, adotou-se, em escala internacional, a política dos três erres: Redução, Reutilização e Reciclagem. Um exemplo de reciclagem é a utilização de:

- (a) garrafas de vidro retornáveis para cerveja ou refrigerante.
- (b) latas de alumínio como material para fabricação de lingotes.
- (c) sacos plásticos de supermercado como acondicionantes de lixo caseiro.
- (d) embalagens plásticas vazias e limpas para acondicionar outros alimentos.
- (e) garrafas PET recortadas em tiras para a fabricação de cerdas de vassouras.



**3 Enem 2011** Moradores sobreviventes da tragédia que destruiu aproximadamente 60 casas no Morro do Bumba, na Zona Norte de Niterói (RJ), ainda defendem a hipótese de o deslizamento ter sido causado por uma explosão provocada por gás metano, visto que esse local foi um lixão entre os anos 1960 e 1980.

Jornal Web. Disponível em: <www.ojornalweb.com>. Acesso em: 12 abr. 2010. (Adapt.).

O gás mencionado no texto é produzido:

- (a) como subproduto da respiração aeróbia bacteriana.
- (b) pela degradação anaeróbia de matéria orgânica por bactérias.
- (c) como produto da fotossíntese de organismos pluricelulares autotróficos.
- (d) pela transformação química do gás carbônico em condições anaeróbias.
- (e) pela conversão, por oxidação química, do gás carbônico sob condições aeróbias.

**4 Enem 2011** Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2008, do Ministério das Minas e Energia, a matriz energética brasileira é composta por hidrelétrica (80%), termelétrica (19,9%) e eólica (0,1%). Nas termelétricas, esse percentual é dividido conforme o combustível usado, sendo: gás natural (6,6%), biomassa (5,3%), derivados de petróleo (3,3%), energia nuclear (3,1%) e carvão mineral (1,6%). Com a geração de eletricidade da biomassa, pode-se considerar que ocorre uma compensação do carbono liberado na queima do material vegetal pela absorção desse elemento no crescimento das plantas. Entretanto, estudos indicam que as emissões de metano ( $CH_4$ ) das hidrelétricas podem ser comparáveis às emissões de  $CO_2$  das termelétricas.

A. S. Moret; I. A. Ferreira. "As hidrelétricas do Rio Madeira e os impactos socioambientais da eletrificação no Brasil". *Ciência Hoje*. v. 45, n. 265, 2009. (Adapt.).

No Brasil, em termos do impacto das fontes de energia no crescimento do efeito estufa, quanto à emissão de gases, as hidrelétricas seriam consideradas como uma fonte:

- (a) limpa de energia, contribuindo para minimizar os efeitos desse fenômeno.
- (b) eficaz de energia, tomando-se o percentual de oferta e os benefícios verificados.
- (c) limpa de energia, não afetando ou alterando os níveis dos gases do efeito estufa.
- (d) poluidora, colaborando com níveis altos de gases de efeito estufa em função de seu potencial de oferta.
- (e) alternativa, tomando-se por referência a grande emissão de gases de efeito estufa das demais fontes geradoras.

**5 Enem 2011** Um dos processos usados no tratamento do lixo é a incineração, que apresenta vantagens e desvantagens. Em São Paulo, por exemplo, o lixo é queimado a altas temperaturas e parte da energia liberada é transformada em energia elétrica. No entanto, a incineração provoca a emissão de poluentes na atmosfera. Uma forma de minimizar a desvantagem da incineração, destacada no texto, é:

- (a) aumentar o volume do lixo incinerado para aumentar a produção de energia elétrica.

- (b) fomentar o uso de filtros nas chaminés dos incineradores para diminuir a poluição do ar.
- (c) aumentar o volume do lixo para baratear os custos operacionais relacionados ao processo.
- (d) fomentar a coleta seletiva de lixo nas cidades para aumentar o volume de lixo incinerado.
- (e) diminuir a temperatura de incineração do lixo para produzir maior quantidade de energia elétrica.

**6 Enem 2010** O despejo de dejetos de esgotos domésticos e industriais vem causando sérios problemas aos rios brasileiros. Esses poluentes são ricos em substâncias que contribuem para a eutrofização de ecossistemas, que é um enriquecimento da água por nutrientes, o que provoca um grande crescimento bacteriano e, por fim, pode promover escassez de oxigênio.

Uma maneira de evitar a diminuição da concentração de oxigênio no ambiente é:

- (a) aquecer as águas dos rios para aumentar a velocidade de decomposição dos dejetos.
- (b) retirar do esgoto os materiais ricos em nutrientes para diminuir a sua concentração nos rios.
- (c) adicionar bactérias anaeróbicas às águas dos rios para que elas sobrevivam mesmo sem o oxigênio.
- (d) substituir produtos não degradáveis por biodegradáveis para que as bactérias possam utilizar os nutrientes.
- (e) aumentar a solubilidade dos dejetos no esgoto para que os nutrientes fiquem mais acessíveis às bactérias.

**7 Enem 2010** No ano de 2000, um vazamento em dutos de óleo na Baía de Guanabara (RJ) causou um dos maiores acidentes ambientais do Brasil. Além de afetar a fauna e a flora, o acidente abalou o equilíbrio da cadeia alimentar de toda a baía. O petróleo forma uma película na superfície da água, o que prejudica as trocas gasosas da atmosfera com a água e desfavorece a realização de fotossíntese pelas algas, que estão na base da cadeia alimentar hídrica. Além disso, o derramamento de óleo contribuiu para o envenenamento das árvores e, conseqüentemente, para a intoxicação da fauna e flora aquáticas, bem como conduziu à morte de diversas espécies de animais, entre outras formas de vida, afetando também a atividade pesqueira.

L. Laubier. "Diversidade da Maré Negra". In: *Scientific American Brasil*. 4(39), ago. 2005. (Adapt.).

A situação exposta no texto e suas implicações:

- (a) indicam a independência da espécie humana com relação ao ambiente marinho.
- (b) alertam para a necessidade do controle da poluição ambiental para redução do efeito estufa.
- (c) ilustram a interdependência das diversas formas de vida (animal, vegetal e outras) e o seu hábitat.
- (d) indicam a alta resistência do meio ambiente à ação do homem, além de evidenciar a sua sustentabilidade mesmo em condições extremas de poluição.
- (e) evidenciam a grande capacidade animal de se adaptar às mudanças ambientais, em contraste com a baixa capacidade das espécies vegetais, que estão na base da cadeia alimentar hídrica.



**8 Enem 2009** A atmosfera terrestre é composta dos gases nitrogênio ( $N_2$ ) e oxigênio ( $O_2$ ), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico ( $CO_2$ ), vapor de água ( $H_2O$ ), metano ( $CH_4$ ), ozônio ( $O_3$ ) e o óxido nitroso ( $N_2O$ ), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o  $CO_2$ , tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de  $CO_2$  na atmosfera: o desmatamento.

I. F. Brown; A. S. Alechandre. "Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades". In: A. G. Moreira & S. Schwartzman. *As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros*. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000. (Adapt.).

Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é:

- (a) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
- (b) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de  $CH_4$ .
- (c) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o  $CO_2$  da atmosfera.
- (d) aumentar a concentração atmosférica de  $H_2O$ , molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.
- (e) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor.

**9 Enem 2009** A abertura e a pavimentação de rodovias em zonas rurais e regiões afastadas dos centros urbanos, por um lado, possibilita melhor acesso e maior integração entre as comunidades, contribuindo com o desenvolvimento social e urbano de populações isoladas. Por outro lado, a construção de rodovias pode trazer impactos indesejáveis ao meio ambiente, visto que a abertura de estradas pode resultar na fragmentação de habitats, comprometendo o fluxo gênico e as interações entre espécies silvestres, além de prejudicar o fluxo natural de rios e riachos, possibilitar o ingresso de espécies exóticas em ambientes naturais e aumentar a pressão antrópica sobre os ecossistemas nativos.

N. P. U. Barbosa; G. W. Fernandes. "A destruição do jardim". *Scientific American Brasil*, ano 7, n. 80, dez. 2008. (Adapt.).

Nesse contexto, para conciliar os interesses aparentemente contraditórios entre o progresso social e urbano e a conservação do meio ambiente, seria razoável:

- (a) impedir a abertura e a pavimentação de rodovias em áreas rurais e em regiões preservadas, pois a qualidade de vida e as tecnologias encontradas nos centros urbanos são prescindíveis às populações rurais.
- (b) impedir a abertura e a pavimentação de rodovias em áreas rurais e em regiões preservadas, promovendo a migração das populações rurais para os centros urbanos, onde a qualidade de vida é melhor.
- (c) permitir a abertura e a pavimentação de rodovias apenas em áreas rurais produtivas, haja vista que nas demais áreas o retorno financeiro necessário para produzir uma melhoria na qualidade de vida da região não é garantido.

- (d) permitir a abertura e a pavimentação de rodovias, desde que comprovada a sua real necessidade e após a realização de estudos que demonstrem ser possível contornar ou compensar seus impactos ambientais.
- (e) permitir a abertura e a pavimentação de rodovias, haja vista que os impactos ao meio ambiente são temporários e podem ser facilmente revertidos com as tecnologias existentes para recuperação de áreas degradadas.

**10 Enem 2009** O cultivo de camarões de água salgada vem se desenvolvendo muito nos últimos anos na região Nordeste do Brasil e, em algumas localidades, passou a ser a principal atividade econômica. Uma das grandes preocupações dos impactos negativos dessa atividade está relacionada à descarga, sem nenhum tipo de tratamento, dos efluentes dos viveiros diretamente no ambiente marinho, em estuários ou em manguezais. Esses efluentes possuem matéria orgânica particulada e dissolvida, amônia, nitrito, nitrato, fosfatos, partículas de sólidos em suspensão e outras substâncias que podem ser consideradas contaminantes potenciais.

C. B. Castro; J. S. Aragão; L. V. Costa-Lotufa. "Monitoramento da toxicidade de efluentes de uma fazenda de cultivo de camarão marinho". In: *Anais do IX Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia*, 2006. (Adapt.).

Suponha que tenha sido construída uma fazenda de carcinicultura próximo a um manguezal. Entre as perturbações ambientais causadas pela fazenda, espera-se que:

- (a) a atividade microbiana se torne responsável pela reciclagem do fósforo orgânico excedente no ambiente marinho.
- (b) a relativa instabilidade das condições marinhas torne as alterações de fatores físico-químicos pouco críticas à vida no mar.
- (c) a amônia excedente seja convertida em nitrito, por meio do processo de nitrificação, e em nitrato, formado como produto intermediário desse processo.
- (d) os efluentes promovam o crescimento excessivo de plantas aquáticas devido à alta diversidade de espécies vegetais permanentes no manguezal.
- (e) o impedimento da penetração da luz pelas partículas em suspensão venha a comprometer a produtividade primária do ambiente marinho, que resulta da atividade metabólica do fitoplâncton.

**11 Enem 2008** Usada para dar estabilidade aos navios, a água de lastro acarreta grave problema ambiental: ela introduz indevidamente, no país, espécies indesejáveis do ponto de vista ecológico e sanitário, a exemplo do mexilhão-dourado, molusco originário da China. Trazido para o Brasil pelos navios mercantes, o mexilhão-dourado foi encontrado na Bacia Paraná-Paraguai em 1991. A disseminação desse molusco e a ausência de predadores para conter o crescimento da população de moluscos causaram vários problemas, como o que ocorreu na hidrelétrica de Itaipu, onde o mexilhão alterou a rotina de manutenção das turbinas, acarretando prejuízo de US\$ 1 milhão por dia, devido à paralisação do sistema. Uma das estratégias utilizadas para diminuir o problema é acrescentar gás cloro à água, o que reduz em cerca de 50% a taxa de reprodução da espécie.

GTÁGUAS, MPF, 4º CCR, ano 1, n. 2, maio 2007. (Adapt.).



De acordo com as informações, o despejo da água de lastro:

- (a) é ambientalmente benéfico por contribuir para a seleção natural das espécies e, conseqüentemente, para a evolução delas.
- (b) trouxe da China um molusco, que passou a compor a flora aquática nativa do lago da hidrelétrica de Itaipu.
- (c) causou, na usina de Itaipu, por meio do microrganismo invasor, uma redução do suprimento de água para as turbinas.
- (d) introduziu uma espécie exógena na Bacia Paraná-Paraguai, que se disseminou até ser controlada por seus predadores naturais.
- (e) motivou a utilização de um agente químico na água como uma das estratégias para diminuir a reprodução do mexilhão-dourado.

**12 Enem 2007** A figura a seguir é parte de uma campanha publicitária.



Com Ciência Ambiental, n. 10, abr. 2007.

Essa campanha publicitária relaciona-se diretamente com a seguinte afirmativa:

- (a) O comércio ilícito da fauna silvestre, atividade de grande impacto, é uma ameaça para a biodiversidade nacional.
- (b) A manutenção do mico-leão-dourado em jaula é a medida que garante a preservação dessa espécie animal.
- (c) O Brasil, primeiro país a eliminar o tráfico do mico-leão-dourado, garantiu a preservação dessa espécie.
- (d) O aumento da biodiversidade em outros países depende do comércio ilegal da fauna silvestre brasileira.
- (e) O tráfico de animais silvestres é benéfico para a preservação das espécies, pois garante-lhes a sobrevivência.

**13 Enem 2007** Quanto mais desenvolvida é uma nação, mais lixo cada um de seus habitantes produz. Além de o progresso elevar o volume de lixo, ele também modifica a qualidade do material despejado. Quando a sociedade progride, ela troca a televisão, o computador, compra mais brinquedos e aparelhos eletrônicos. Calcula-se que 700 milhões de aparelhos celulares já foram jogados fora em todo o mundo. O novo lixo contém mais mercúrio, chumbo, alumínio e bário. Abandonado nos lixões, esse material se deteriora e vaza. As substâncias liberadas infiltram-se no solo e podem chegar aos lençóis freáticos ou a rios próximos, espalhando-se pela água.

Anuário Gestão Ambiental, 2007, p. 47-8. (Adapt.).

A respeito da produção de lixo e de sua relação com o ambiente, é correto afirmar que:

- (a) as substâncias químicas encontradas no lixo levam, frequentemente, ao aumento da diversidade de espécies e, portanto, ao aumento da produtividade agrícola do solo.
- (b) o tipo e a quantidade de lixo produzido pela sociedade independem de políticas de educação que proponham mudanças no padrão de consumo.
- (c) a produção de lixo é inversamente proporcional ao nível de desenvolvimento econômico das sociedades.
- (d) o desenvolvimento sustentável requer controle e monitoramento dos efeitos do lixo sobre espécies existentes em cursos-d'água, solo e vegetação.
- (e) o desenvolvimento tecnológico tem elevado a criação de produtos descartáveis, o que evita a geração de lixo e resíduos químicos.

**14 Enem 2006** As florestas tropicais úmidas contribuem muito para a manutenção da vida no planeta, por meio do chamado sequestro de carbono atmosférico. Resultados de observações sucessivas, nas últimas décadas, indicam que a Floresta Amazônica é capaz de absorver até 300 milhões de toneladas de carbono por ano. Conclui-se, portanto, que as florestas exercem importante papel no controle:

- (a) das chuvas ácidas, que decorrem da liberação, na atmosfera, do dióxido de carbono resultante dos desmatamentos por queimadas.
- (b) das inversões térmicas, causadas pelo acúmulo de dióxido de carbono resultante da não dispersão dos poluentes para as regiões mais altas da atmosfera.
- (c) da destruição da camada de ozônio, causada pela liberação, na atmosfera, do dióxido de carbono contido nos gases do grupo dos clorofluorcarbonos.
- (d) do efeito estufa provocado pelo acúmulo de carbono na atmosfera, resultante da queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral e petróleo.
- (e) da eutrofização das águas, decorrente da dissolução, nos rios, do excesso de dióxido de carbono presente na atmosfera.

**15 Enem 2006** À produção industrial de celulose e de papel estão associados alguns problemas ambientais. Um exemplo são os odores característicos dos compostos voláteis de enxofre (mercaptanas) que se formam durante a remoção da lignina da principal matéria-prima para a obtenção industrial das fibras celulósicas que formam o papel: a madeira. É nos estágios de branqueamento que se encontra um dos principais problemas ambientais causados pelas indústrias de celulose. Reagentes como cloro e hipoclorito de sódio reagem com a lignina residual, levando à formação de compostos organoclorados. Esses compostos, presentes na água industrial, despejada em grande quantidade nos rios pelas indústrias de papel, não são biodegradáveis e acumulam-se nos tecidos vegetais e animais, podendo levar a alterações genéticas.

Celênia P. Santos et al. "Papel: como se fabrica?" In: Química nova na escola, n. 14, nov. 2001, p. 3-7. (Adapt.).



Para se diminuir os problemas ambientais decorrentes da fabricação do papel, é recomendável:

- (a) a criação de legislação mais branda, a fim de favorecer a fabricação de papel biodegradável.
- (b) a diminuição das áreas de reflorestamento, com o intuito de reduzir o volume de madeira utilizado na obtenção de fibras celulósicas.
- (c) a distribuição de equipamentos de desodorização à população que vive nas adjacências de indústrias de produção de papel.
- (d) o tratamento da água industrial, antes de retorná-la aos cursos-d'água, com o objetivo de promover a degradação dos compostos orgânicos solúveis.
- (e) o recolhimento, por parte das famílias que habitam as regiões circunvizinhas, dos resíduos sólidos gerados pela indústria de papel, em um processo de coleta seletiva de lixo.

**16 Enem 2006**

**A montanha pulverizada**

*Esta manhã acordo e  
 não a encontro.  
 Britada em bilhões de lascas  
 deslizando em correia transportadora  
 entupindo 150 vagões  
 no trem-monstro de 5 locomotivas  
 – trem maior do mundo, tomem nota –  
 foge minha serra, vai  
 deixando no meu corpo a paisagem  
 mísero pó de ferro, e este não passa.*

Carlos Drummond de Andrade. *Antologia poética*. Rio de Janeiro: Record, 2000.

A situação poeticamente descrita sinaliza, do ponto de vista ambiental, para a necessidade de:

- I. manter-se rigoroso controle sobre os processos de instalação de novas mineradoras.
- II. criarem-se estratégias para reduzir o impacto ambiental no ambiente degradado.
- III. reaproveitarem-se materiais, reduzindo-se a necessidade de extração de minérios.

É correto o que se afirma:

- (a) apenas em I.
- (b) apenas em II.
- (c) apenas em I e II.
- (d) apenas em II e III.
- (e) em I, II e III.

**17 UFG 2007** Leia o texto a seguir.

*Achantina fulica é conhecida como caramujo gigante africano e está inserida na lista da União para a Conservação da Natureza como uma das cem piores espécies do planeta devido ao alto poder invasor. Esse molusco foi introduzido no Brasil há cerca de vinte anos como opção para criação de escargot. Atualmente, está presente em 15 estados, nos quais já causou danos para o ambiente e*

*para a agricultura. Esses fatos estão estimulando a discussão pelo Ministério da Agricultura de como controlar e erradicar a A. fulica.*

Ibama. "Ofício n. 006/03", 17 jan. 2003. (Adapt.).

De acordo com o texto, atualmente, a curva de crescimento populacional de *Achantina fulica* é:

- (a)
- (b)
- (c)
- (d)
- (e)

**18 UFPel 2005** O cultivo de eucalipto visa à obtenção de

alguns produtos, dentre eles a celulose, que possui infinitas aplicações econômicas, benéficas às sociedades modernas. Por outro lado, sabe-se que a espécie *Eucalyptus* sp. não pertence às regiões fitogeográficas da América do Sul, sendo, portanto, uma espécie introduzida na nossa biodiversidade. É fato que espécies como essas são potencialmente capazes de promover quebras no equilíbrio ambiental de nossos ecossistemas.

De acordo com o texto e seus conhecimentos, é correto afirmar que esse desequilíbrio ambiental pode ser classificado ecologicamente como:

- (a) alteração benéfica do equilíbrio ecológico, com consequente enriquecimento da biodiversidade local.
- (b) quebra da sinergia ambiental, com consequentes alterações bióticas da biodiversidade local.
- (c) quebra do equilíbrio ambiental, com consequente alteração biótica, pela eliminação de espécies de eucaliptos nativos dos campos limpos.
- (d) quebra da sinergia ambiental, com consequentes alterações da biocenose, como modificações no nível hidrostático dos solos.
- (e) quebra do equilíbrio ambiental, com consequentes alterações da biocenose, como aumento do nível hidrostático dos solos.

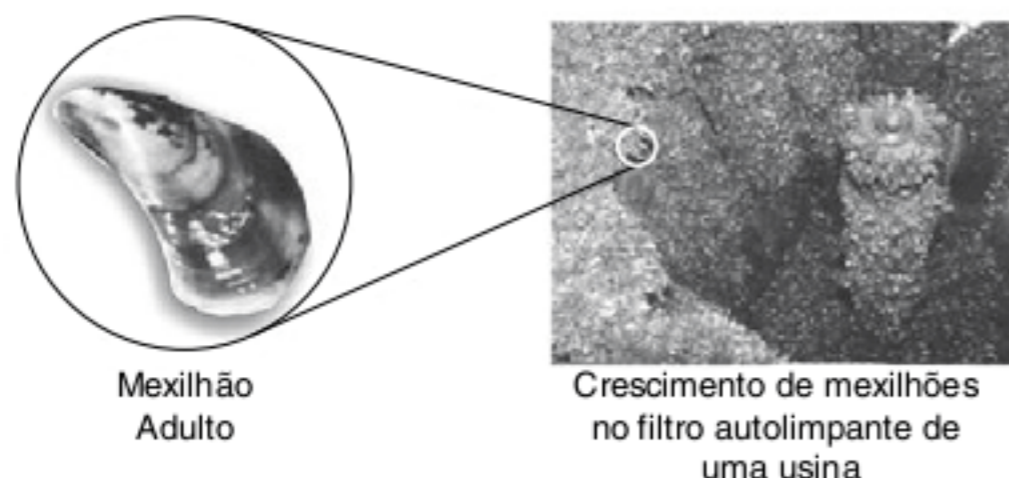


**19 PUC-PR 2003** Um dos principais temas discutidos em conferências e seminários mundiais sobre Meio Ambiente é a destruição da biodiversidade do nosso planeta.

Sobre este tema, é incorreto afirmar que:

- (a) ao longo do processo de sucessão ecológica, observa-se uma diminuição progressiva na diversidade de espécies e na biomassa total.
- (b) o desmatamento das florestas tropicais causa não somente a destruição desse ecossistema, mas também grande perda da biodiversidade do planeta.
- (c) a criação de áreas protegidas, como parques e reservas, é uma das medidas a serem tomadas para salvaguardar a biodiversidade.
- (d) além da riqueza de espécies ser fonte potencial de produtos que podem ajudar a espécie humana, a diversidade é importante também para garantir a estabilidade do planeta.
- (e) projetos de reflorestamento com poucas espécies de árvores são inúteis para a recomposição do equilíbrio original do meio ambiente.

**20 UFMG** Observe estas figuras:



O mexilhão dourado de água doce, molusco originário do sudoeste da Ásia, é uma espécie invasora do sistema hídrico brasileiro, que provoca sérios problemas em estações de água, indústrias e hidrelétricas.

Entre as características que facilitam a disseminação e o aumento da população desse molusco, não se inclui:

- (a) o notável controle de sua população por inimigos naturais.
- (b) a intensa disseminação de suas larvas.
- (c) a sua rápida maturação sexual.
- (d) a sua considerável capacidade adaptativa a diferentes ambientes.

**21 PUC-Rio 2009** Na Linha Amarela, via existente na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, existe uma operação denominada “túnel limpo”, que consiste em promover medidas que evitem que os carros fiquem parados e ligados em engarrafamento no interior do túnel. Caso o movimento seja muito grande, o engarrafamento acontece a céu aberto. A razão principal dessa medida é evitar que as pessoas respirem monóxido de carbono produzido pela combustão parcial dos combustíveis. Esse gás é considerado extremamente tóxico porque:

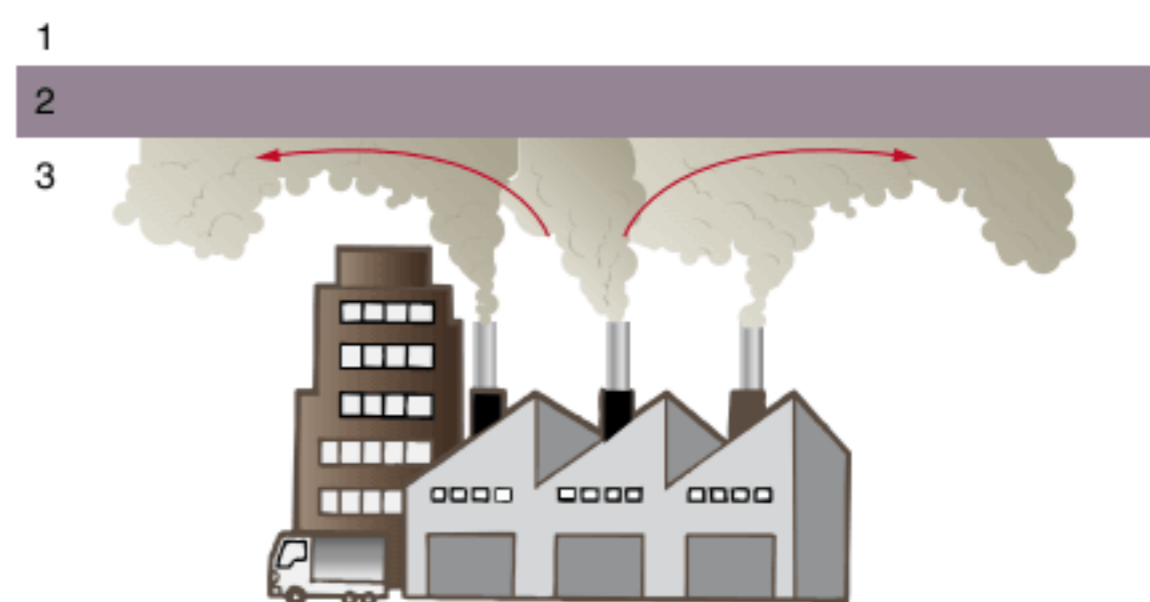
- (a) se liga à hemoglobina, competindo com o  $O_2$ .
- (b) se combina com o  $O_2$ , formando  $O_3$  e  $CO_2$ .
- (c) se liga às células do pulmão, dificultando a hematose.
- (d) se complexa a proteínas da cadeia respiratória.
- (e) obstrui os brônquios, enrijecendo os alvéolos pulmonares.

**22 PUC-MG 2007** O atual aquecimento global tem sido creditado a algumas atividades humanas que, aumentando a concentração atmosférica de  $CO_2$  e  $CH_4$ , favorecem o aumento do efeito estufa.

Assinale a opção que contribui para o aquecimento global.

- (a) Manter florestas artificiais para a produção de papel e móveis de madeira.
- (b) Substituir o consumo de combustíveis fósseis pelo álcool e pelo biodiesel.
- (c) Aumentar o plantio de soja para a alimentação do gado bovino.
- (d) Substituir geração de energia termelétrica por energia nuclear.

**23 UFPE 2007** No inverno, uma espécie de “manto” de partículas poluentes pode ser formada sobre as cidades, o que dificulta a entrada da luz solar e retarda o aquecimento do solo e do ar. Sendo diminuída a movimentação ascendente do ar, a camada de poluentes permanece por mais tempo sobre essas cidades, fato conhecido por “Inversão Térmica”, ilustrado na figura a seguir. Nessa figura, 1, 2 e 3 representam, respectivamente:



- (a) ar frio, ar quente (camada de inversão térmica) e ar frio.
- (b) ar quente, ar frio (camada de inversão térmica) e ar quente.
- (c) ar muito frio, ar frio e ar muito quente (camada de inversão térmica).
- (d) ar muito quente, ar quente (camada de inversão térmica) e ar frio.
- (e) ar muito quente, ar frio e ar quente (camada de inversão térmica).

**24 PUC-Rio 2006** O crescente aumento da temperatura ambiental traz como uma de suas consequências a redução do  $O_2$  dissolvido na água. Em temperaturas mais altas, os seres aquáticos, em sua maioria peilotérmicos (ou de sangue frio), se aquecem e têm sua taxa metabólica aumentada. Esse conjunto de efeitos se torna um problema porque o aumento do metabolismo torna esses seres aquáticos:

- (a) menos ativos, exigindo menos energia e menor consumo de  $O_2$  na respiração.
- (b) mais ativos, exigindo mais energia e menor consumo de  $O_2$  na respiração.
- (c) mais ativos, exigindo mais energia e maior consumo de  $O_2$  na respiração.



- (d) menos ativos, exigindo menos energia e maior consumo de  $O_2$  na respiração.
- (e) mais ativos, exigindo menos energia e maior consumo de  $O_2$  na respiração.

**25 UFSM 2007** Não basta ser alto ou bonito: os melhores prédios do mundo precisam agora ser ecológicos. É a tecnologia a serviço da vida – arranha-céus inteligentes, projetados para aproveitar vento, água da chuva e luz solar, diminuem a poluição e os custos.

A sede da Kyocera, em Tóquio, tem painéis solares que geram energia e poupam a atmosfera de 97 toneladas de  $CO_2$ /ano!

*Superinteressante*, maio 2006, p. 26. (Adapt.).

O  $CO_2$  é o principal causador do fenômeno conhecido como:

- (a) eutroficação.
- (b) chuva ácida.
- (c) inversão térmica.
- (d) buraco na camada de ozônio.
- (e) efeito estufa.

**26 PUC-RS 2007** O aquecimento global decorre do aumento da concentração de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) na atmosfera, resultado da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás natural), assim como do desmatamento e da queima de áreas florestadas.

Com relação às mudanças climáticas globais, é incorreto afirmar que:

- (a) o efeito estufa é necessário para que as condições climáticas da Terra se mantenham relativamente amenas, em temperaturas como as que vivenciamos atualmente.
- (b) o problema não se constitui no efeito estufa em si, mas no aumento de sua intensidade, o qual poderá ocasionar alterações climáticas significativas e perda de diversidade biológica.
- (c) além do  $CO_2$ , o gás metano ( $CH_4$ ), liberado através da decomposição anaeróbica de material orgânico, também tem um efeito importante na intensificação do efeito estufa. Aterros sanitários são atualmente fontes importantes de liberação de metano na atmosfera.
- (d) eventos climáticos extremos, como o furacão Katrina nos Estados Unidos e o Catarina na Costa Sul do Brasil, são considerados por alguns cientistas como resultados concretos do processo de aquecimento global.
- (e) registros climáticos de períodos passados (milhares e milhões de anos), obtidos através de metodologias científicas diversas, sugerem que o clima da Terra se manteve estável e relativamente parecido com o atual nos últimos milhões de anos, iniciando um processo gradual de aquecimento apenas no último século.

**27 PUC-SP 2007** A queima de grande quantidade de combustíveis fósseis:

- (a) aumenta a qualidade do ar nos centros urbanos.
- (b) aumenta a concentração de gás carbônico na atmosfera.
- (c) aumenta a camada de gelo do planeta.
- (d) não provoca alterações no clima do planeta.
- (e) não provoca alterações nos níveis dos oceanos.

**28 Uece 2007** O efeito estufa é um processo que faz com que a temperatura da Terra seja maior do que a que existiria na ausência de atmosfera e é, dentro de determinada faixa, de vital importância, pois sem ele a vida não poderia existir. O que se pode tornar catastrófico é um agravamento do efeito estufa que desestabilize o equilíbrio energético no planeta e origine um maior aquecimento global. Com relação ao referido tema, marque a alternativa falsa.

- (a) O agravamento do efeito estufa é ocasionado principalmente pelo  $CO_2$  proveniente da queima de combustíveis fósseis.
- (b) O superaquecimento das regiões tropicais e subtropicais contribui para intensificar o processo de desertificação.
- (c) Na natureza, os principais sequestradores de  $CO_2$  são os organismos fotossintetizantes.
- (d) Os únicos componentes atmosféricos responsáveis pelo efeito estufa são o gás carbônico, o metano e o dióxido de nitrogênio.

**29 Fatec 2010 (Adapt.)**

#### Novo e maior inimigo do ozônio

O óxido nitroso ( $N_2O$ ) se tomou, entre todas as substâncias emitidas por atividades humanas, a que mais danos provoca à camada de ozônio, que é responsável pela proteção das plantas, animais e pessoas contra o excesso de radiação ultravioleta emitida pelo Sol. O óxido nitroso superou os clorofluorcarbonetos (CFCs), cuja emissão na atmosfera tem diminuído seguidamente por causa de acordos internacionais conduzidos com essa finalidade. Hoje, de acordo com pesquisas, as emissões de  $N_2O$  já são duas vezes maiores do que as de CFCs. O óxido nitroso é emitido por fontes naturais (bactérias do solo e dos oceanos, por exemplo) e como um subproduto dos métodos de fertilização na agricultura; de combustão; de tratamento de esgoto e de diversos processos industriais. Atualmente, um terço da emissão do gás deriva de atividades humanas. Segundo os pesquisadores, como o óxido nitroso também é um gás de efeito estufa, a redução de suas emissões por atividades humanas seria uma boa medida tanto para a camada de ozônio como para o clima.

Agência FAPESP, 28 ago. 2009. (Adapt.).

Considere as afirmações feitas sobre o texto.

- I. Atividades humanas, como a agricultura, e diversos processos industriais emitem a maior parte do óxido nitroso hoje presente na atmosfera.
- II. Uma das principais medidas para a preservação da camada de ozônio é a redução da quantidade de bactérias do solo e dos oceanos.
- III. A redução das emissões do óxido nitroso é importante para a preservação da camada de ozônio e para a diminuição do aquecimento global.

Está correto o contido em:

- (a) III, apenas.
- (b) I e II, apenas.
- (c) I e III, apenas.
- (d) II e III, apenas.
- (e) I, II e III.



**30 Uerj 2008** *Análise da Feema revela: peixes das lagoas da Barra estão contaminados.*

*Tilápias, vendidas na Ceasa, têm toxina acima do recomendado para consumo.*

O Globo, 6 fev. 2007.

O lançamento de poluentes em rios e lagoas pode proporcionar, quando as condições ambientais são favoráveis, um rápido crescimento de organismos fitoplanctônicos na água. Recentemente, o complexo lagunar da Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro, apresentou uma dessas florações, com a presença de grandes quantidades de cianobactérias. Dentre as espécies encontradas, algumas eram produtoras de potente toxina, o que trouxe riscos à saúde da população.

O conjunto de substâncias presentes na água, cujo aumento de concentração favorece o rápido crescimento de cianobactérias, é:

- (a) sais minerais.
- (b) metais pesados.
- (c) matéria orgânica.
- (d) óxidos de enxofre.

**31 PUC-Rio 2009** No processo de eutrofização de águas, pode ser encontrado o seguinte fenômeno:

- (a) grande mortalidade de peixes.
- (b) suprimento escasso de nutrientes na água.
- (c) diminuição das taxas de decomposição bacteriana.
- (d) aumento da concentração de oxigênio na coluna de água.
- (e) diminuição da concentração de matéria orgânica.

**32 UEL 2006** *No país onde 47,8% dos municípios não tinham serviços de esgotamento sanitário, segundo o Censo 2000, e 44,7% dos domicílios não estão ligados à rede coletora, o esgoto a céu aberto é o pior problema ambiental. Foi apontado como fator poluente por 1.031 (46%) dos 2.263 municípios que declararam sofrer danos ambientais que atingem diretamente a população.*

Folha de Londrina, Londrina, 18 maio 2005. Caderno Cidadania.

Em razão de a maior parte das cidades brasileiras ter redes de esgotos e estações de tratamento insuficientes, grande parte dos resíduos orgânicos produzidos pelas populações acabam por ser lançados em rios e/ou lagos, levando ao processo denominado eutrofização. Assinale a alternativa que indica, corretamente, a forma sequencial na qual esse processo ocorre.

- (a) Aumento do número de bactérias aeróbias, diminuição do oxigênio, excesso de matéria orgânica, decomposição anaeróbia, produção de gases tóxicos.
- (b) Produção de gases tóxicos, aumento do número de bactérias aeróbias, diminuição do oxigênio, excesso de matéria orgânica, decomposição anaeróbia.
- (c) Decomposição anaeróbia, excesso de matéria orgânica, aumento do número de bactérias aeróbias, diminuição do oxigênio, produção de gases tóxicos.
- (d) Produção de gases tóxicos, decomposição anaeróbia, diminuição do oxigênio, aumento do número de bactérias aeróbias, excesso de matéria orgânica.
- (e) Excesso de matéria orgânica, aumento do número de bactérias aeróbias, diminuição do oxigênio, decomposição anaeróbia, produção de gases tóxicos.

**33 CPS 2007** Estudos realizados em 1995 indicam que 12% dos peixes, de amostra proveniente da região do Rio Tapajós, apresentam concentrações de mercúrio superiores ao valor-limite estabelecido pela Organização Mundial de Saúde.

Em comunidades ribeirinhas do Tapajós, pesquisas constataram a presença de mercúrio em níveis elevados, a partir de amostras de cabelo dos habitantes que consomem peixe.

Em Minamata, no Japão, onde também ocorreu esse tipo de contaminação, os estudiosos levantaram cinco estágios desse processo:

- I. contaminação ambiental pelo vapor de mercúrio;
- II. contaminação do solo;
- III. origem de mercúrio orgânico – mercúrio que se incorpora às cadeias carbônicas – formando compostos que se concentram na cadeia alimentar aquática;
- IV. acúmulo do mercúrio no organismo humano devido à ingestão de peixes;
- V. aparecimento de sinais e sintomas da doença.

Disponível em: <[www.canalciencia.ibict.br/pesquisas/pesquisa.php?ref\\_pesquisa=168](http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisas/pesquisa.php?ref_pesquisa=168)>.

A partir dessas informações, é possível concluir que, na região do Rio Tapajós, a contaminação máxima já pode ser verificada por aspectos citados no estágio:

- (a) I.
- (b) II.
- (c) III.
- (d) IV.
- (e) V.

**34 CPS 2004** Segundo a *Revista da Folha*, SP, 450 – Edição Especial, 25/01/2004, cerca de 35% do material sólido presente no Rio Tietê vem de lixo jogado pela população nas ruas ou diretamente no rio. Na cidade de São Paulo, diz a revista, o rio entra em “coma”, com a taxa de oxigênio na água chegando a zero.

Nas alternativas a seguir, são apresentados argumentos que mostram as consequências do lançamento desses produtos nos rios. Assinale aquela que contém argumentações cientificamente válidas.

- (a) Os rios são propícios para o lançamento de todos os tipos de lixo, pois esta é a melhor maneira de serem levados para o mar.
- (b) É aconselhável lançar o lixo nos rios, pois a água promove a decomposição dos materiais de maneira mais rápida e segura.
- (c) Como há muita água doce no Brasil é preferível utilizar os rios para jogar o lixo, protegendo-se, dessa maneira, os ambientes terrestres.
- (d) O lançamento de esgotos e outros materiais nos rios pode provocar a diminuição da concentração do gás oxigênio e, conseqüentemente, o aumento da população de bactérias que sobrevivem sem esse gás.
- (e) O aparecimento de animais no Rio Tietê como, por exemplo, jacarés e capivaras é consequência do aumento da concentração do gás oxigênio eliminado durante a decomposição do material orgânico.



**35 PUC-PR 2001** Analise as afirmativas relacionadas ao meio ambiente e ao seres vivos.

- I. O petróleo derramado acidentalmente nos mares e rios, como no Rio Iguaçu no ano 2000, forma extensas manchas que dificultam ou bloqueiam a passagem de luz, além de impedir a troca de gases entre o ar e a água, prejudicando os animais aquáticos.
- II. Pássaros que se alimentam de vegetais, em áreas de extenso uso do DDT, chegam a botar ovos com casca muito fina, levando a uma diminuição da densidade populacional desses animais.
- III. O mercúrio, metal líquido, usado no garimpo para a extração do ouro, nas áreas de exploração desse metal, oferece um risco muito grande aos seres vivos que o ingerem acidentalmente.
- IV. A camada de ozônio da atmosfera é afetada pelo lançamento indiscriminado no ar de gases, como o gás carbônico.

Estão corretas:

- (a) todas.
- (b) apenas I, III e IV.
- (c) apenas II, III e IV.
- (d) apenas I, II e III.
- (e) apenas I e III.

**36 Unifesp 2008** Nos acidentes com derramamento de petróleo em grandes extensões no mar, alguns dos principais impactos negativos estão relacionados à formação de uma camada de óleo sobre a área atingida. Sobre tais acidentes, pode-se dizer que:

- (a) a camada de óleo impede a penetração de luz e, com isso, a realização de fotossíntese pelas algas bentônicas, que são os principais organismos fotossintetizantes do sistema oceânico.
- (b) o óleo derramado impedirá a dissolução do oxigênio atmosférico na água, causando a morte de peixes em grande extensão, mesmo daqueles que não tiveram contato com o óleo.
- (c) ao ser derramado, o óleo forma uma película superficial que não afeta tanto os organismos marinhos, pois eles se deslocam, mas atinge principalmente as aves pescadoras, pois o óleo impregna suas penas e elas morrem afogadas.
- (d) a camada de óleo atinge diretamente o plâncton, que é a principal fonte de produção primária para o ambiente marinho e configura-se como a base da cadeia trófica oceânica.
- (e) o zooplâncton é a porção mais afetada, pois os organismos morrem impregnados pelo óleo, ao contrário do fitoplâncton, que possui parede celular que os impermeabiliza e permite sua sobrevivência nesses casos.

**37 PUC-Rio 2002** Os pesticidas orgânicos foram desenvolvidos a partir da década de 40 do século XX. Sua grande eficácia contra pragas da lavoura surpreendeu a todos. Por outro lado, sua alta persistência no ambiente resultou, após algum tempo, num grande índice de mortalidade de aves, as quais não entravam em contato direto com esses produtos.

Esse fato se relaciona ao conceito ecológico de magnificação trófica, que significa:

- (a) a degeneração da cadeia alimentar.
- (b) a acumulação de resíduos tóxicos nos animais de maior porte, porque estes consomem maior quantidade de alimento.
- (c) o aumento gradativo da concentração de produtos tóxicos, de forma crescente, a cada nível trófico da cadeia alimentar.
- (d) uma maior resistência de animais de níveis tróficos inferiores à toxicidade desses produtos, em relação a animais que ocupam níveis tróficos superiores.
- (e) o aumento gradativo da sensibilidade de animais que ocupem níveis tróficos superiores, em relação a substâncias tóxicas.

**38 Uece 2008** Em uma área próxima a um açude, irrigada para o cultivo de cana-de-açúcar, foi utilizado DDT em larga escala objetivando evitar o aparecimento e a proliferação de pragas. Parte da água utilizada para a irrigação da lavoura retornou ao solo por infiltração, levando, conseqüentemente, para o manancial o DDT que acabou se acumulando no açude. Neste ecossistema existe a seguinte cadeia alimentar: fitoplâncton, peixes herbívoros, peixes carnívoros e gaivotas. Podemos esperar que a concentração do DDT nas gaivotas seja:

- (a) menor do que a dos peixes herbívoros.
- (b) maior do que a do fitoplâncton.
- (c) igual a dos organismos dos demais níveis tróficos.
- (d) igual a dos peixes carnívoros.

**39 UFV 2004** Pesticidas são produtos químicos utilizados para combater pragas que prejudicam plantas cultivadas, animais de criadouros e o ser humano. Entre os problemas associados à sua utilização está a forma indiscriminada de aplicação dessas substâncias. Com relação aos pesticidas, assinale a afirmativa incorreta.

- (a) Pesticidas seletivos combatem insetos benéficos e pragas indiscriminadamente.
- (b) O princípio ativo de alguns pesticidas pode se acumular no ecossistema ao longo de diversos níveis tróficos.
- (c) Alguns pesticidas podem se degradar rapidamente no solo após o período de aplicação.
- (d) Assim como no uso de medicamentos, o limite entre o “remédio” e o “veneno” está na dose aplicada.
- (e) O uso abusivo dos pesticidas tem favorecido a seleção de pragas resistentes.

**40 CEFET-MG 2006** O lixo, resíduo sólido de áreas urbanas, constitui uma das maiores agressões ao meio ambiente, acarretando vários problemas ecológicos. Não é uma consequência direta dessa degradação ambiental a(o):

- (a) emanção de odores fétidos.
- (b) acúmulo de substâncias tóxicas.
- (c) extinção de uma ou mais espécies vivas.
- (d) proliferação de insetos e de outros animais nocivos.



## I. A questão ambiental no cenário nacional

### Legislação ambiental brasileira

A legislação ambiental brasileira procura assegurar aspectos relevantes, partindo do conceito de que o ambiente é um patrimônio de interesse público, voltado para o bem de toda a sociedade. Assim, são proibidas práticas que acarretam poluição intensa e degradação ambiental.

A proteção ambiental envolve a obrigatoriedade de licenciamento ambiental para o desenvolvimento de muitas atividades econômicas, como construção civil, turismo e construção de indústrias. Há uma série de punições para a não observância dos preceitos da legislação ambiental, como aplicações de multas e a paralisação da atividade econômica infratora. Há ainda crimes ambientais passíveis de prisão, como o tráfico de animais selvagens.

### Avaliação de impactos ambientais

Para o entendimento da questão ambiental no Brasil, são necessárias algumas definições importantes:

- **Uso sustentável:** exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.
- **Recuperação:** restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original.
- **Restauração:** restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.
- **Preservação:** conjunto de métodos, procedimentos e políticas que visem à proteção a longo prazo das espécies, habitats e ecossistemas, além da manutenção dos processos ecológicos, prevenindo a simplificação dos sistemas naturais.
- **Manejo:** todo e qualquer procedimento que vise assegurar a conservação da diversidade biológica e dos ecossistemas.
- **Conservação da natureza:** o manejo do uso humano da natureza, compreendendo a preservação, a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural.
- **Proteção integral:** manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais.
- **Extrativismo:** sistema de exploração baseado na coleta e extração, de modo sustentável, de recursos naturais renováveis.

### O Brasil e a política ambiental

A legislação brasileira tem como referência o SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei nº 9.985/00), regulamentado na Constituição Federal.

Alguns dos seus objetivos são:

- Contribuir para a manutenção da diversidade biológica.
- Proteger as espécies ameaçadas de extinção.
- Contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais e valorizá-la econômica e socialmente.
- Promover o desenvolvimento sustentável por meio dos recursos naturais.

- Proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental.
- Favorecer a sobrevivência de populações tradicionais (como grupos indígenas, pescadores e de seringueiros), cujo modo de vida depende da manutenção das características primordiais dos ecossistemas em que vivem.

### Unidades de conservação

O SNUC envolve unidades de conservação em dois grupos:

- **Unidades de Proteção Integral:** seu objetivo é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais.
- **Unidades de Uso Sustentável:** seu objetivo é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcelas dos seus recursos naturais.

As Unidades de Proteção Integral têm as seguintes categorias:

- I – Estação Ecológica.
- II – Reserva Biológica.
- III – Parque Nacional.
- IV – Monumento Natural.
- V – Refúgio de Vida Silvestre.

É relevante o papel de uma Estação Ecológica, que tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas.

As Unidades de Uso Sustentável compreendem:

- I – Área de Proteção Ambiental.
- II – Área de Relevante Interesse Ecológico.
- III – Floresta Nacional.
- IV – Reserva Extrativista.
- V – Reserva de Fauna.
- VI – Reserva de Desenvolvimento Sustentável.
- VII – Reserva Particular do Patrimônio Natural.

A Área de Proteção Ambiental pode apresentar certo grau de ocupação humana, e tem como objetivos: proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

### Reservas da Biosfera

A área considerada como Reserva da Biosfera é um modelo adotado internacionalmente e reconhecido pelo Programa Intergovernamental “O Homem e a Biosfera – MAB”, estabelecido pela Unesco, organização da qual o Brasil é membro.

Reserva da Biosfera corresponde a um tipo de gestão integrada e sustentável dos recursos naturais. Seus objetivos são a preservação da diversidade biológica, a promoção de atividades de pesquisa, o monitoramento ambiental, a educação ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações.

Baseado em: Brasil. Lei nº 9.985, de 18 jul. 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.



## II. Novo Código Florestal Brasileiro

A lei aprovada em outubro de 2012 permite ajustes para a adequação das propriedades rurais à legislação ambiental. Segundo a Ministra do Meio Ambiente, Izabella Teixeira, o novo Código se assenta em três aspectos “não anistiar, não estimular desmatamentos ilegais e assegurar justiça social”.

A proteção do ambiente é uma obrigação do proprietário, através da manutenção de dois tipos de espaços protegidos: **Área de Preservação Permanente (APP)** e **Reserva Legal (RL)**. A fiscalização de ambas deve ser efetuada por meio do **Cadastro Ambiental Rural (CAR)**.

### Áreas de Preservação Permanente (APP)

São as áreas que devem ser preservadas intactas pelo proprietário. Essas áreas têm como função a preservação dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade; além de facilitar o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Numa propriedade, são consideradas como APPs:

- As margens dos cursos-d’água naturais, medidas considerando a calha por onde correm regularmente as águas dos cursos-d’água durante o ano – antes era medida a partir do nível mais alto da faixa marginal (o que protegia uma maior faixa de mata ciliar). Já a água de reservatórios artificiais fica sujeita a licenciamento ambiental.
- As encostas, os topos de morros, as restingas, os manguezais, as bordas de tabuleiros e as chapadas de altitude superior a 1.800 metros.
- As encostas com declividade maior que 45° são de uso restrito, sem a possibilidade de eliminação da vegetação natural.
- As áreas com declividade entre 25° e 45° têm permitida a manutenção das atividades atualmente existentes e da infraestrutura instalada.
- As áreas de preservação permanente em veredas (corresponde à várzea que margeia um rio), os quais constituem a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado.

### Reserva Legal (RL)

As áreas de Reserva Legal se referem ao percentual de vegetação nativa a ser preservada, em relação à área total da propriedade. O valor vai de 20% a 80%, conforme a localização e o bioma:

- 80% na Amazônia Legal, da área situada em região de florestas.
- 35% em cerrado.
- 20% nas demais regiões do país.

## III. Mercado de créditos de carbono

O Protocolo de Kyoto (1997) criou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que prevê a redução certificada das emissões de gases de efeito estufa. Empresas ou países que têm essa certificação e promovem a redução da emissão de gases poluentes têm direito a créditos de carbono, que podem ser comercializados com países que têm metas a cumprir.

Quando um país ou empresa consegue reduzir sua emissão em uma tonelada de CO<sub>2</sub>, ganha um crédito, que pode ser

Somente será necessária a recomposição das áreas de Reserva Legal se o desmatamento tiver sido efetuado em desacordo com legislação vigente na época. Essa medida gerou uma série de questionamentos, principalmente por parte de várias entidades ambientalistas.

O cálculo da área de Reserva Legal de uma propriedade pode incluir as APPs, desde que estejam conservadas ou em processo de recuperação; o imóvel também deve constar no Cadastro Ambiental Rural (CAR).

A Reserva Legal pode ter exploração limitada, mediante manejo sustentável.

### Cadastro Ambiental Rural (CAR)

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) torna-se obrigatório para todos os proprietários rurais. É um novo registro público das propriedades, constando seu perímetro, APPs e Reserva Legal.

Segue a seguir parte do texto original referente ao CAR:

Art. 29. É criado o Cadastro Ambiental Rural – CAR, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente – SINIMA, registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento.

§ 1º A inscrição do imóvel rural no CAR deverá ser feita, preferencialmente, no órgão ambiental municipal ou estadual, que, nos termos do regulamento, exigirá do proprietário ou possuidor rural:

- I. identificação do proprietário ou possuidor rural;
- II. comprovação da propriedade ou posse;
- III. identificação do imóvel por meio de planta e memorial descritivo, contendo a indicação das coordenadas geográficas com pelo menos um ponto de amarração do perímetro do imóvel, informando a localização dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Preservação Permanente, das Áreas de Uso Restrito, das áreas consolidadas e, caso existente, também da localização da Reserva Legal.

Baseado em: Francisco de Godoy Buena. “O novo código florestal”.

*Notícias agrícolas*. Disponível em: <[www.noticiasagricola.com.br/noticias/agronegocio/106770-o-novo-codigo-florestal-entenda-ponto-aponto-na-analise-do-escritorio-csmg.html](http://www.noticiasagricola.com.br/noticias/agronegocio/106770-o-novo-codigo-florestal-entenda-ponto-aponto-na-analise-do-escritorio-csmg.html)>. Breno Costa.

“Dilma barra alterações de ruralistas na lei florestal”. *Folha de S. Paulo*, 18 out. 2012. Disponível em: <[www1.folha.uol.com.br/fsp/poder/72685-dilma-barra-alteracoes-de-ruralistas-na-lei-florestal.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/fsp/poder/72685-dilma-barra-alteracoes-de-ruralistas-na-lei-florestal.shtml)>. BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

vendido nos mercados financeiros nacionais e internacionais. A Prefeitura de São Paulo, por exemplo, entrou nesse mercado, que promoveu dois leilões de créditos de carbono do aterro Sanitário Bandeirantes, na Zona Norte da cidade, em 2007 e 2008.

Os países que não atingirem suas metas de corte podem pagar seu débito comprando créditos de carbono. No entanto, o esperado é que esses países passem a investir em procedimentos que promovam a diminuição de gases que intensificam o efeito estufa.



## RESUMINDO

### O homem, o ambiente e o desequilíbrio ambiental

O crescimento de uma população depende da interação do potencial biótico da espécie (capacidade reprodutiva) e da resistência ambiental (clima, espaço, alimento, parasitas etc.).

Capacidade-limite é o número máximo de indivíduos de uma população que o ambiente pode manter sem que ocorra degradação ambiental.

Superpopulação corresponde a uma população que ultrapassou a capacidade-limite do ambiente.

### A população mundial e os 7 bilhões de habitantes

A população humana atual supera o número de 7 bilhões. Isso se deve ao grande controle da resistência ambiental pela espécie humana. O resultado é a geração de resíduos e o consumo de recursos naturais decorrentes do aumento da demanda por alimento e produtos industriais. Isso contribui para a diminuição da capacidade-limite do ambiente e para a extinção de espécies.

#### *Demanda por alimento*

A demanda por alimento gera destruição de habitats para pastagens e plantações. São alguns problemas decorrentes da atividade agrícola: emprego de defensivos agrícolas, empobrecimento do solo, erosão, lixiviação e assoreamento.

#### *Demanda por produtos industriais*

Essa demanda afeta o ambiente através de: utilização de terras (construção de moradia e indústrias), desmatamento, mineração, extração de petróleo, poluição (ar, água e solo).

### Principais impactos ambientais

Impacto ambiental corresponde às alterações das características do ambiente causadas por atividade vulcânica, meteoritos, incêndios, chuvas intensas e pela ação antrópica. As principais fontes de impactos ambientais antrópicos são: mineração, agricultura, pecuária, construção de indústrias e de residências.

### Desmatamento e retirada da cobertura original do solo

A vegetação protege o solo da chuva e do vento; sua retirada (por desmatamento, por exemplo) expõe o solo à ocorrência de erosão, lixiviação e assoreamento.

#### *Erosão*

É o processo que arrasta parte do solo de uma região para outra, sendo causado pela água e pelo vento. A erosão retira a camada superficial do solo e afeta sua fertilidade.

#### *Lixiviação*

É o carregamento de nutrientes pela água, os quais são arrastados pela superfície do solo ou infiltrados para camadas mais profundas. Por essa razão, as camadas mais superficiais do solo ficam pobres em nutrientes.

#### *Assoreamento*

É o acúmulo de sedimentos (argila, areia ou lodo) no fundo de rios, canais ou lagos, reduzindo a profundidade e a velocidade da corrente.

O assoreamento é decorrente da erosão. Atividades humanas contribuem para acelerar esse processo, como desmatamento, ocupação urbana, mineração, agricultura e pecuária.

#### *Perda de biodiversidade local*

O desmatamento tem como consequência imediata a perda de biodiversidade local, pois várias espécies deixam de ter as condições necessárias para sua sobrevivência.

### Extinção de espécies

Ao longo da história da vida no planeta ocorreram grandes extinções. A extinção de espécies, atualmente, tem inúmeras causas: alterações do clima global, poluição, aumento de doenças parasitárias, fragilidade das espécies endêmicas. Outras causas são a fragmentação, destruição ou degradação de habitats, a introdução de espécies exóticas e a superexploração de algumas espécies (por meio da caça e da pesca intensivas).

#### *Fragmentação de habitats*

É um processo que resulta na descontinuidade no ambiente de uma ou mais espécies. Os problemas decorrentes são a falta de condições para a sobrevivência de muitas espécies e a interrupção do fluxo de genes entre os grupos que ficaram isolados. Alguns fragmentos podem conter espécies endêmicas, apenas existentes naquela parte específica.

A fragmentação de habitats é causada por processos geológicos ou por atividades humanas (construção de estradas, reservatórios de água, plantações, pastagens, áreas urbanas). Corredores ecológicos ligam territórios isolados e permitem o fluxo de genes entre as ilhas formadas.

#### *Introdução de espécies exóticas*

Espécies exóticas são aquelas introduzidas em um ambiente onde não são encontradas originalmente. Ocupam nichos ecológicos disponíveis em seu novo meio, podendo apresentar rápido crescimento populacional devido à disponibilidade de muitos recursos e à baixa resistência ambiental. Espécies exóticas podem causar danos às espécies nativas, comportando-se como predadores, parasitas ou competidores.

#### *Superexploração de espécies*

É a exploração excessiva de algumas espécies, o que pode causar a sua extinção. Ocorre por meio de caça ou pesca intensivas, em uma intensidade superior à capacidade de reposição das populações naturais.



## Poluição

É a contaminação do ar, da água ou do solo com quantidades indesejáveis de materiais ou energia (calor). Os poluentes podem ser uma substância natural, como o  $\text{CO}_2$ , ou podem ter natureza sintética, como muitos inseticidas.

Poluentes primários são gerados diretamente por uma fonte produtora. Poluentes secundários são formados a partir de poluentes primários que reagem com outra substância presente no ambiente.

## Poluição do ar

Os tipos principais de poluentes primários são: partículas sólidas, metano ( $\text{CH}_4$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ),  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_2$ , clorofluorcarbonos (CFCs). Os principais poluentes secundários são: ozônio ( $\text{O}_3$ ), ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ).

O ácido sulfúrico é formado a partir de  $\text{SO}_2$ ; o ácido nítrico provém do  $\text{NO}_2$ . Esses ácidos são responsáveis pela chuva ácida.

O ozônio é gerado em reações fotoquímicas, favorecidas quando o ar tem grande quantidade de partículas sólidas em suspensão.

## Inversão térmica

No inverno, o ar é frio e mais denso. Devido a isso, ele fica estagnado junto ao solo e não se forma corrente de ar ascendente. Ocorre o acúmulo de vários poluentes e de partículas sólidas no ar.

## Depleção da camada de ozônio

A camada de ozônio presente na estratosfera retém grande quantidade de radiação ultravioleta. A rarefação (ou depleção) é determinada pela conversão de  $\text{O}_3$  em  $\text{O}_2$ . Essa conversão é causada por óxidos de nitrogênio, como o  $\text{NO}$ , e pelos CFCs.

Com a depleção da camada de ozônio, aumenta a entrada de radiação ultravioleta para a superfície da Terra. Essa radiação provoca desnaturação de proteínas e causa mutações. Animais podem apresentar cataratas, redução de defesas imunitárias e câncer de pele. Os produtores (plantas e fitoplâncton) podem ter diminuição da atividade fotossintética; isso contribui para a elevação dos níveis de  $\text{CO}_2$  atmosférico.

## Intensificação do efeito estufa

Efeito estufa é retenção de energia térmica pela atmosfera. Os responsáveis pelo efeito estufa são o vapor-d'água, o gás carbônico, o metano, os CFCs e os óxidos de nitrogênio (principalmente o  $\text{N}_2\text{O}$ ).

A intensificação do efeito estufa tem sido apontada como a provável causa do aquecimento global e tem como consequências o derretimento de neve e de gelo. Isso provoca a destruição de habitats e é uma das causas da redução de biodiversidade.

## Poluição da água e do solo

Os principais problemas relacionados à água são: mananciais afetados (por desmatamento e assoreamento em áreas de nascentes) e aumento do consumo de água (uso doméstico, industrial e em irrigação). A poluição da água e do solo envolve: eutrofização, derramamento de óleo, lixo e magnificação trófica.

## Eutrofização, ou eutroficação

Eutrofização é o fornecimento de um excesso de nutrientes para um ambiente aquático, capaz de causar grandes modificações na comunidade e tornar a água imprópria para consumo.

Os nutrientes em excesso são provenientes de fertilizantes ou de esgoto sem tratamento. O esgoto também pode veicular vários organismos causadores de doenças. Coliformes fecais são bactérias intestinais empregadas como indicadores do nível de contaminação da água.

## Derramamento de óleo

Acidentes em refinarias, oleodutos e navios podem produzir vazamento de petróleo, que forma uma película na superfície da água, impedindo a entrada de luz e comprometendo a fotossíntese. O óleo também adere a animais e pode causar sua morte. A mancha de óleo pode atingir praias e manguezais, causando a morte de muitos organismos. Enquanto o óleo está na superfície da água, pode ser retirado por bombas. Podem ser empregadas bactérias que realizam a degradação de petróleo; esse processo constitui a biorremediação.

## Lixo

O lixo é o resíduo gerado pelas atividades humanas. O lixo não reaproveitado deve ser depositado em locais apropriados, de acordo com a sua composição.

A matéria orgânica decomposta dá origem ao chorume, um caldo orgânico que pode contaminar corpos-d'água. Além disso, o chorume pode carregar outros contaminantes que podem comprometer a qualidade do solo e dos ecossistemas aquáticos.

## Magnificação trófica

Algumas substâncias são incorporadas a cadeias alimentares e apresentam aumento de concentração ao longo dos níveis tróficos. Isso ocorre com inseticidas, metais pesados e com materiais radiativos.

## Avaliação de impactos ambientais

Os impactos ambientais são caracterizados por sua magnitude, duração e reversibilidade. Grandes projetos (como a construção de refinarias e hidrelétricas) podem causar impactos ambientais, como alterações na fauna e na flora, riscos à saúde da população e modificações sociais e culturais da população.

No Brasil, para o exercício de algumas atividades econômicas, é necessário o licenciamento ambiental, obtido a partir dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

## Tecnologias de redução do impacto ambiental

A ciência busca alternativas que reduzam os impactos ambientais causados pela poluição.

### *Tecnologias de controle da poluição do ar*

- Filtros de ar: diminuem a emissão de partículas sólidas.
- Conversores catalíticos: reduzem a emissão de  $\text{CO}$  e de óxidos de nitrogênio (convertidos em  $\text{N}_2$ ).
- Fontes alternativas de energia: os principais tipos são as energias eólica, solar e a produzida pelas marés.



### *Tecnologias de controle da poluição do solo e da água*

- Hidroponia: é o cultivo de vegetais que utilizam apenas água e nutrientes. Isso reduz o desmatamento e o uso de defensivos agrícolas.
- Tratamento de esgoto: é um conjunto de medidas que retira/decompõe grande quantidade dos poluentes presentes nos esgotos. Reduz a veiculação de doenças e a ocorrência de eutrofização.
- Tratamento do lixo: permite a obtenção de adubos e de gás para uso como combustível, a diminuição de derrubada de árvores (para a produção de papel e alumínio) e a diminuição de contaminação dos lençóis freáticos por chorume. Atualmente, existe o programa dos 5 Rs para o tratamento do lixo – reflexão, recusa, redução, reutilização e reciclagem.
- Adubos orgânicos e rotação de cultura: são processos que diminuem o risco de eutrofização. A rotação de culturas contribui para evitar a exaustão do solo.

### **Recuperação de ecossistemas**

A recuperação das áreas afetadas envolve: pesquisas científicas, fiscalização das empresas poluidoras, tratamento de esgoto, recuperação das matas ciliares e educação ambiental. Os ecossistemas recuperados apresentam um retorno de alta biodiversidade e se tornam mais estáveis

Há também a manutenção de espécies fora de seu ambiente, como zoológicos, jardins botânicos, aquários e bancos de sementes.

### **Impactos ambientais e desenvolvimento sustentável**

Há um delicado equilíbrio entre os componentes da natureza, que pode ser comprometido pelas intensas alterações antrópicas.

### *A importância da biodiversidade*

Os componentes bióticos dos ecossistemas naturais contribuem para a manutenção dos recursos naturais e da biodiversidade. A manutenção de áreas naturais traz uma série de benefícios e representam fontes de diversos valores, como o econômico, o ético, o estético e o recreativo.

### *Desenvolvimento sustentável*

É a utilização dos recursos naturais de forma a permitir o bem-estar da população atual sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras, preservando as espécies e os recursos naturais. Ao mesmo tempo, visa: promover a redução do uso de matérias-primas e produtos; aumentar os processos de reutilização e reciclagem; apoiar a subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

### *Pegada ecológica*

Corresponde à área de território, expressa em hectares, utilizada para atender às necessidades de manutenção de determinados estilos de vida de uma sociedade ou de um indivíduo; inclui três componentes: consumo, processamento de resíduos gerados e interação com as outras espécies.

A aplicação do conceito de pegada ecológica contribui para que a população humana realmente tenha um crescimento sustentável, sem esgotar a capacidade limite do planeta.

## ■ QUER SABER MAIS?



### SITES

- Dicionário enciclopédico de Geociências  
<[www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/P%C3%A1gina\\_principal](http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/P%C3%A1gina_principal)>.
- Lista de espécies brasileiras ameaçadas de extinção  
<[www.mma.gov.br/estruturas/179/\\_arquivos/179\\_05122008034002.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008034002.pdf)>.
- Calcule sua pegada ecológica  
<<http://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/infograficos/2012/06/14/calculador-de-pegada-ecologica.htm>>.

## Exercícios complementares

**1 Enem 2005** Há quatro séculos alguns animais domésticos foram introduzidos na Ilha da Trindade como “reserva de alimento”. Porcos e cabras soltos davam boa carne aos navegantes de passagem, cansados de tanto peixe no cardápio. Entretanto, as cabras consumiram toda a vegetação rasteira e ainda comeram a casca dos arbustos sobreviventes. Os porcos revolveram raízes e a terra na busca de semente. Depois de consumir todo o verde, de volta ao estado selvagem, os porcos passaram a

devorar qualquer coisa: ovos de tartarugas, de aves marinhas, caranguejos e até cabritos pequenos.

Com base nos fatos acima, pode-se afirmar que:

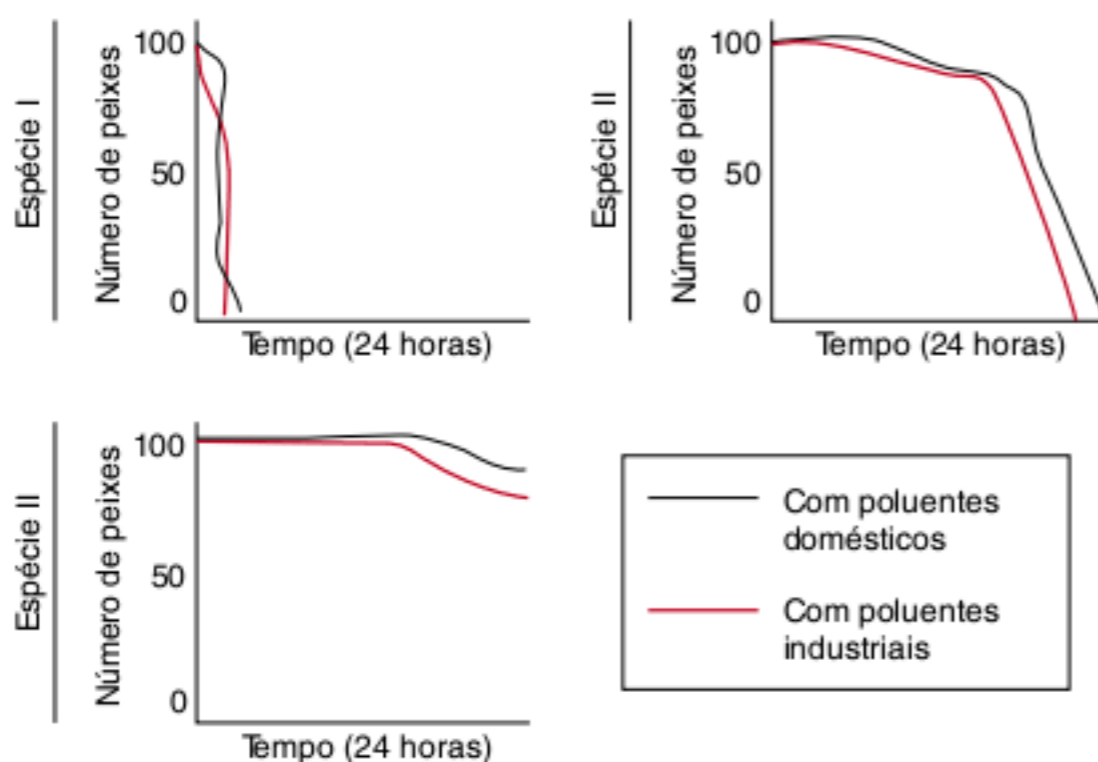
- (a) a introdução desses animais domésticos, trouxe, com o passar dos anos, o equilíbrio ecológico.
- (b) o ecossistema da Ilha da Trindade foi alterado, pois não houve uma interação equilibrada entre os seres vivos.



- (c) a principal alteração do ecossistema foi a presença dos homens, pois animais nunca geram desequilíbrios no ecossistema.
- (d) o desequilíbrio só apareceu quando os porcos começaram a comer os cabritos pequenos.
- (e) o aumento da biodiversidade, a longo prazo, foi favorecido pela introdução de mais dois tipos de animais na ilha.

**2 Enem 2005** Quando um reservatório de água é agredido ambientalmente por poluição de origem doméstica ou industrial, uma rápida providência é fundamental para diminuir os danos ecológicos. Como o monitoramento constante dessas águas demanda aparelhos caros e testes demorados, cientistas têm se utilizado de biodetectores, como peixes que são colocados em gaiolas dentro da água, podendo ser observados periodicamente. Para testar a resistência de três espécies de peixes, cientistas separaram dois grupos de cada espécie, cada um com cem peixes, totalizando seis grupos. Foi, então, adicionada a mesma quantidade de poluentes de origem doméstica e industrial, em separado. Durante o período de 24 horas, o número de indivíduos passou a ser contado de hora em hora.

Os resultados são apresentados a seguir.

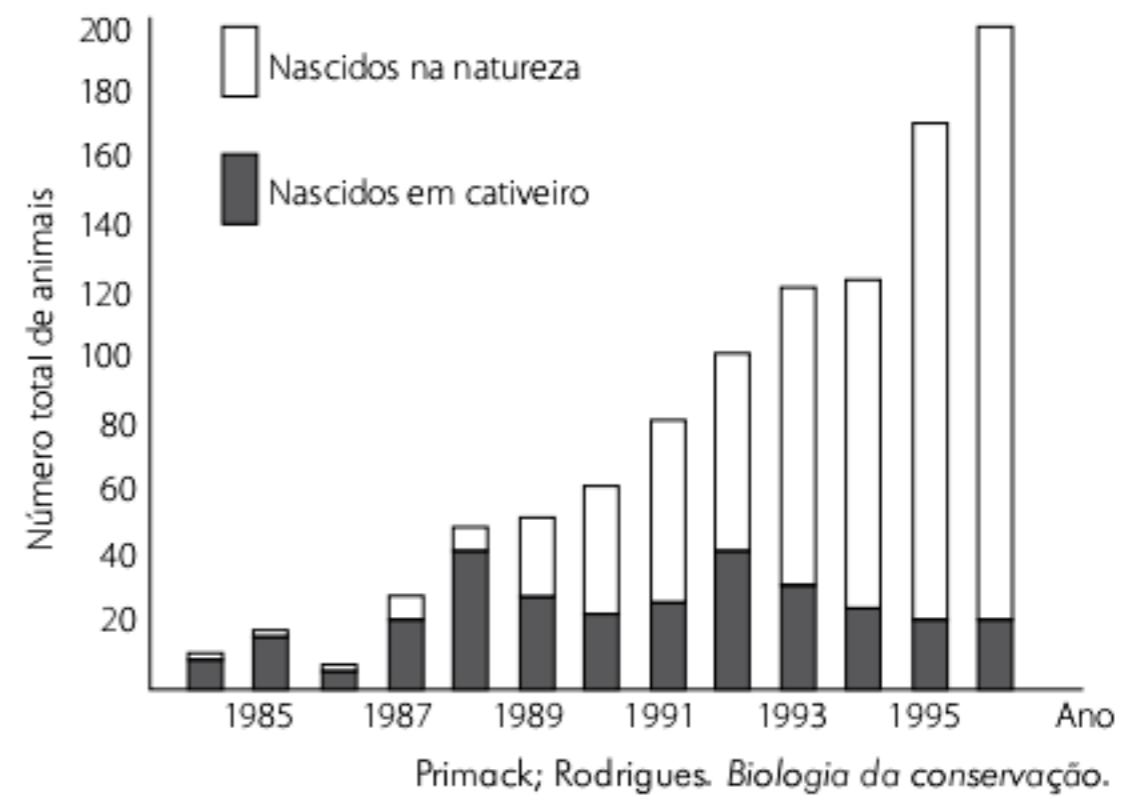


Pelos resultados obtidos, a espécie de peixe mais indicada para ser utilizada como detectora de poluição, a fim de que sejam tomadas providências imediatas, seria:

- (a) a espécie I, pois sendo menos resistente à poluição, morreria mais rapidamente após a contaminação.
- (b) a espécie II, pois sendo a mais resistente, haveria mais tempo para testes.
- (c) a espécie III, pois como apresenta resistência diferente à poluição doméstica e industrial, propicia estudos posteriores.
- (d) as espécies I e III juntas, pois tendo resistência semelhante em relação à poluição, permitem comparar resultados.
- (e) as espécies II e III juntas, pois como são pouco tolerantes à poluição, propiciam um rápido alerta.

**3 Enem 2004** Programas de reintrodução de animais consistem em soltar indivíduos, criados em cativeiro, em ambientes onde sua espécie se encontra ameaçada ou extinta. O mico-leão-dourado da Mata Atlântica faz parte de um desses programas. Como faltam aos micos criados em cativeiro habilidades para sobreviver em seu hábitat, são formados grupos

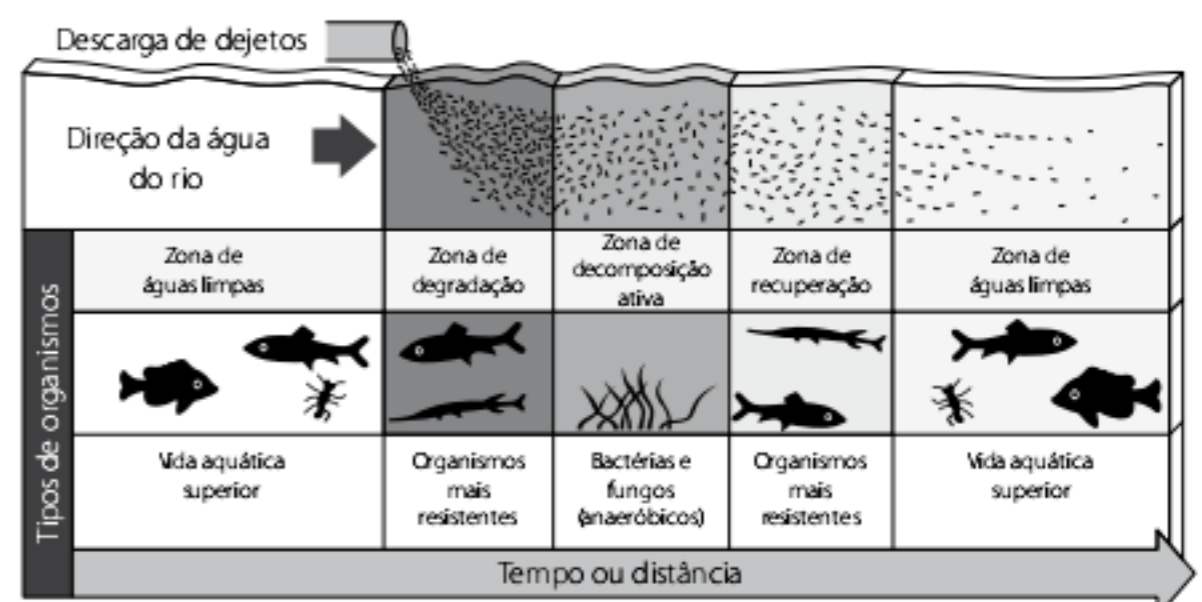
sociais desses micos com outros capturados na natureza, antes de soltá-los coletivamente. O gráfico mostra o número total de animais, em certa região, a cada ano, ao longo de um programa de reintrodução desse tipo.



A análise do gráfico permite concluir que o sucesso do programa deveu-se:

- (a) à adaptação dos animais nascidos em cativeiro ao ambiente natural, mostrada pelo aumento do número de nascidos na natureza.
- (b) ao aumento da população total, resultante da reintrodução de um número cada vez maior de animais.
- (c) à eliminação dos animais nascidos em cativeiro pelos nascidos na natureza, que são mais fortes e selvagens.
- (d) ao pequeno número de animais reintroduzidos, que se mantiveram isolados da população de nascidos na natureza.
- (e) à grande sobrevivência dos animais reintroduzidos, que compensou a mortalidade dos nascidos na natureza.

**4 Enem 2004** Um rio que é localmente degradado por dejetos orgânicos nele lançados pode passar por um processo de autodepuração. No entanto, a recuperação depende, entre outros fatores, da carga de dejetos recebida, da extensão e do volume do rio. Nesse processo, a distribuição das populações de organismos consumidores e decompositores varia, conforme mostra o esquema.



B. Braga et al. *Introdução à Engenharia Ambiental*.

Com base nas informações fornecidas pelo esquema, são feitas as seguintes considerações sobre o processo de depuração do rio:

I. A vida aquática superior pode voltar a existir a partir de uma certa distância do ponto de lançamento dos dejetos;



- II. Os organismos decompositores são os que sobrevivem onde a oferta de oxigênio é baixa ou inexistente e a matéria orgânica é abundante;
- III. As comunidades biológicas, apesar da poluição, não se alteram ao longo do processo de recuperação.

Está correto o que se afirma em:

- (a) I, apenas.  
 (b) II, apenas.  
 (c) III, apenas.  
 (d) I e II, apenas.  
 (e) I, II e III.

**5 Enem 2003** Os gases liberados pelo esterco e por alimentos em decomposição podem conter sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ), gás com cheiro de ovo podre, que é tóxico para muitos seres vivos. Com base em tal fato, foram feitas as seguintes afirmações.

- I. Gases tóxicos podem ser produzidos em processos naturais.  
 II. Deve-se evitar o uso de esterco como adubo porque polui o ar das zonas rurais.  
 III. Esterco e alimentos em decomposição podem fazer parte no ciclo natural do enxofre (S).

Está correto, apenas, o que se afirma em:

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

**6 Enem 2003** A biodiversidade é garantida por interações das várias formas de vida e pela estrutura heterogênea dos habitats. Diante da perda acelerada de biodiversidade, tem sido discutida a possibilidade de se preservarem espécies por meio da construção de “bancos genéticos” de sementes, óvulos e espermatozoides.

Apesar de os “bancos” preservarem espécimes (indivíduos), sua construção é considerada questionável do ponto de vista ecológico-evolutivo, pois se argumenta que esse tipo de estratégia:

- I. não preservaria a variabilidade genética das populações;  
 II. dependeria de técnicas de preservação de embriões, ainda desconhecidas;  
 III. não reproduziria a heterogeneidade dos ecossistemas.

Está correto o que se afirma em:

- (a) I, apenas.  
 (b) II, apenas.  
 (c) I e III, apenas.  
 (d) II e III, apenas.  
 (e) I, II e III.

**7 Enem 2003** A biodiversidade diz respeito tanto a genes, espécies, ecossistemas, como a funções, e coloca problemas de gestão muito diferenciados. É carregada de normas de valor. Proteger a biodiversidade pode significar:

- a eliminação da ação humana, como é a proposta da ecologia radical;

- a proteção das populações cujos sistemas de produção e cultura repousam num dado ecossistema;  
 – a defesa dos interesses comerciais de firmas que utilizam a biodiversidade como matéria-prima, para produzir mercadorias.

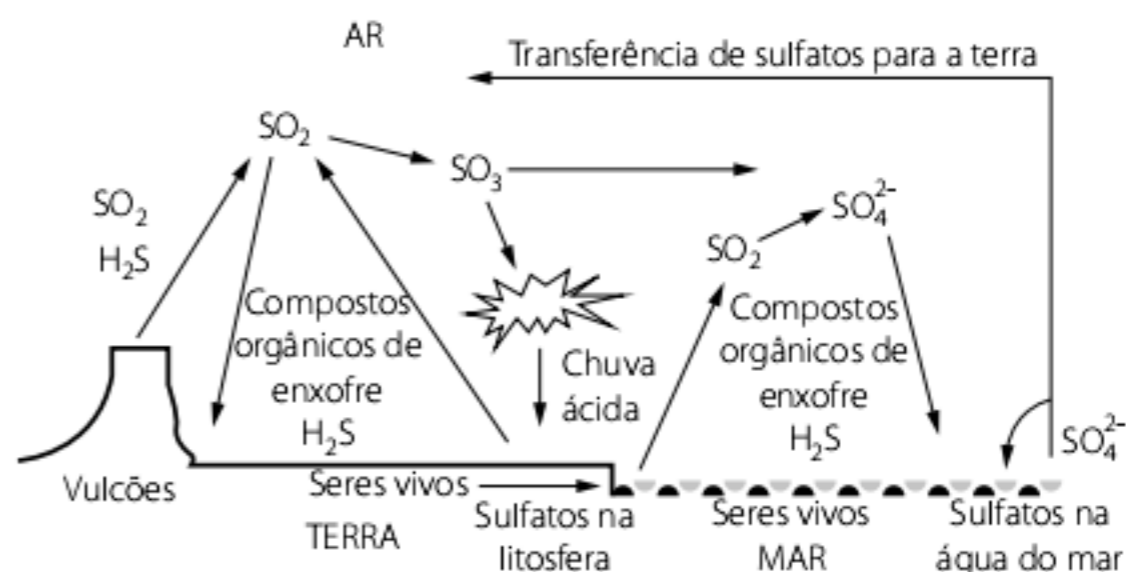
I. Garay; B. Dias. *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais*. (Adapt.).

De acordo com o texto, no tratamento da questão da biodiversidade no planeta:

- (a) o principal desafio é conhecer todos os problemas dos ecossistemas, para conseguir protegê-los da ação humana.  
 (b) os direitos e os interesses comerciais dos produtores devem ser defendidos, independentemente do equilíbrio ecológico.  
 (c) deve-se valorizar o equilíbrio do meio ambiente, ignorando-se os conflitos gerados pelo uso da terra e seus recursos.  
 (d) o enfoque ecológico é mais importante do que o social, pois as necessidades das populações não devem constituir preocupação para ninguém.  
 (e) há diferentes visões em jogo, tanto as que só consideram aspectos ecológicos quanto as que levam em conta aspectos sociais e econômicos.

Texto para as questões 8 e 9.

O esquema representa o ciclo do enxofre na natureza, sem considerar a intervenção humana.



P. Brimblecombe. *Air Composition and Chemistry*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. (Adapt.).

**8 Enem 2001** O ciclo representado mostra que a atmosfera, a litosfera, a hidrosfera e a biosfera, naturalmente:

- I. são poluídas por compostos de enxofre.  
 II. são destinos de compostos de enxofre.  
 III. transportam compostos de enxofre.  
 IV. são fontes de compostos de enxofre.

Dessas afirmações, estão corretas, apenas:

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

**9 Enem 2001** Algumas atividades humanas interferiram significativamente no ciclo natural do enxofre, alterando as quantidades das substâncias indicadas no esquema. Ainda hoje isso ocorre, apesar do grande controle por legislação.



Pode-se afirmar que duas dessas interferências são resultantes da:

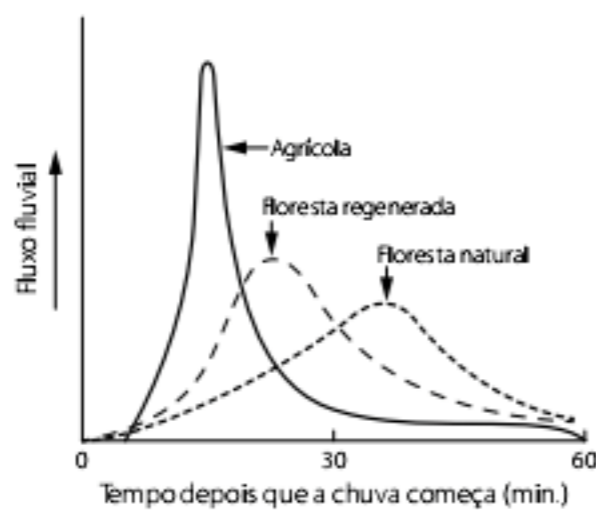
- (a) queima de combustíveis em veículos pesados e da produção de metais a partir de sulfetos metálicos.
- (b) produção de metais a partir de óxidos metálicos e da vulcanização da borracha.
- (c) queima de combustíveis em veículos leves e da produção de metais a partir de óxidos metálicos.
- (d) queima de combustíveis em indústria e da obtenção de matérias-primas a partir da água do mar.
- (e) vulcanização da borracha e da obtenção de matérias-primas a partir da água do mar.

**10 Enem 2001** Numa região, originalmente ocupada por Mata Atlântica, havia, no passado, cinco espécies de pássaros de um mesmo gênero. Nos dias atuais, essa região se reduz a uma reserva de floresta primária, onde ainda ocorrem as cinco espécies, e a fragmentos de floresta degradada, onde só se encontram duas das cinco espécies.

O desaparecimento das três espécies nas regiões degradadas pode ser explicado pelo fato de que, nessas regiões, ocorreu:

- (a) aumento do volume e da frequência das chuvas.
- (b) diminuição do número e da diversidade de habitats.
- (c) diminuição da temperatura média anual.
- (d) aumento dos níveis de gás carbônico e de oxigênio na atmosfera.
- (e) aumento do grau de isolamento reprodutivo interespecífico.

**11 Enem 2000** O gráfico a seguir representa o fluxo (quantidade de água em movimento) de um rio, em três regiões distintas, após certo tempo de chuva.



Comparando-se, nas três regiões, a interceptação da água da chuva pela cobertura vegetal, é correto afirmar que tal interceptação:

- (a) é maior no ambiente natural preservado.
- (b) independe da densidade e do tipo de vegetação.
- (c) é menor nas regiões de florestas.
- (d) aumenta quando aumenta o grau de intervenção humana.
- (e) diminui à medida que aumenta a densidade da vegetação.

**12 Enem 2000** No ciclo da água, usado para produzir eletricidade, a água de lagos e oceanos, irradiada pelo Sol, evapora-se dando origem a nuvens e se precipita como chuva. É então represada, corre de alto a baixo e move turbinas de uma usina, acionando geradores. A eletricidade produzida é transmitida através de cabos e fios e é utilizada em motores e outros aparelhos elétricos. Assim, para que o ciclo seja aproveitado na geração de energia elétrica, constrói-se uma barragem para represar a água.

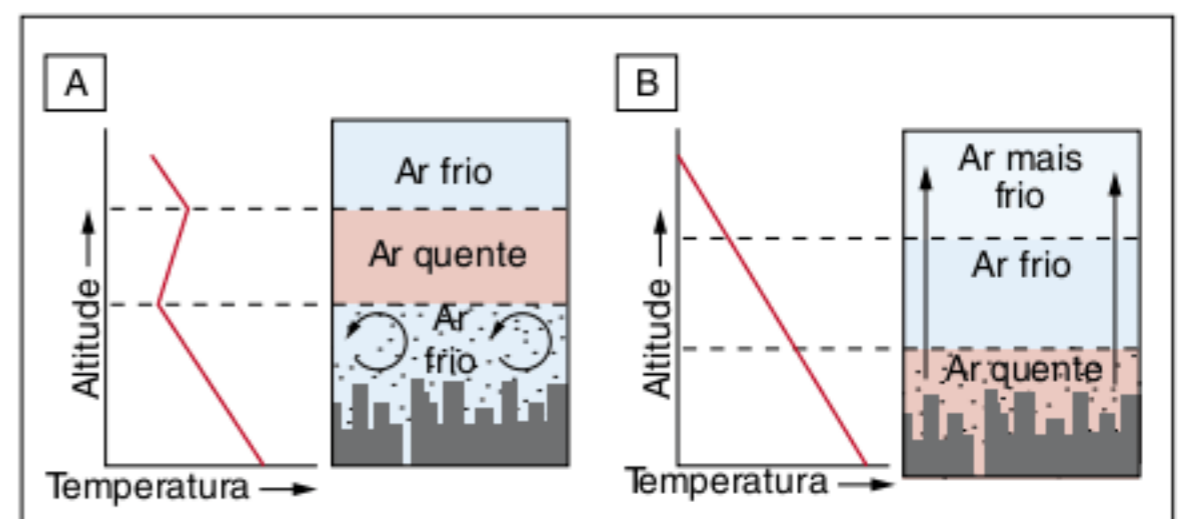
Entre os possíveis impactos ambientais causados por essa construção, devem ser destacados:

- (a) aumento do nível dos oceanos e chuva ácida.
- (b) chuva ácida e efeito estufa.
- (c) alagamentos e intensificação do efeito estufa.
- (d) alagamentos e desequilíbrio da fauna e da flora.
- (e) alteração do curso natural dos rios e poluição atmosférica.

**13 UFPE 2006** Com relação a diferentes temas, como poluição e preservação da biodiversidade, é correto afirmar que:

- A grande biodiversidade observada em florestas tropicais é importante como fonte de insumos e para a preservação da diversidade genética.
- O homem provoca a acentuação do efeito estufa e do aquecimento global com a crescente liberação de gás carbônico e de óxido nitroso na atmosfera.
- Amostras biológicas coletadas no Brasil são constantemente levadas para outros países e, em contrapartida, tem-se uma importante resposta no desenvolvimento científico de nosso país.
- Na inversão térmica, observa-se a formação de uma camada de ar quente, que se dispõe sobre uma camada de ar frio, esta última carregada de partículas poluentes.
- Entre os efeitos causados pelo desmatamento estão o esgotamento de nutrientes do solo e a redução da biodiversidade.

**14 UFU 2007** A figura a seguir ilustra dois padrões de circulação do ar em cidades com grandes atividades industriais. Um desses padrões representa o padrão normal e o outro um padrão alterado que ocorre em certas épocas do ano.



Disponível em: <[www.feiradeciencias.com.br/sala02/02\\_100.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala02/02_100.asp)>. (Adapt.). S. Lopes. Bio. 2 ed. 2003. p. 392-3. v. 3. (Adapt.).

Analise a figura e responda:

- a) qual situação apresentada representa o padrão normal de circulação do ar? Explique o que ocorre quando esse padrão de circulação do ar é alterado.
- b) como é denominado esse processo? Explique de que forma esse processo afeta a saúde humana.

**15 Fuvest 2009** Nos últimos anos, tem aumentado o número de espécies de anfíbios em extinção, mesmo quando esses animais habitam áreas pouco exploradas, como as partes mais altas das montanhas.

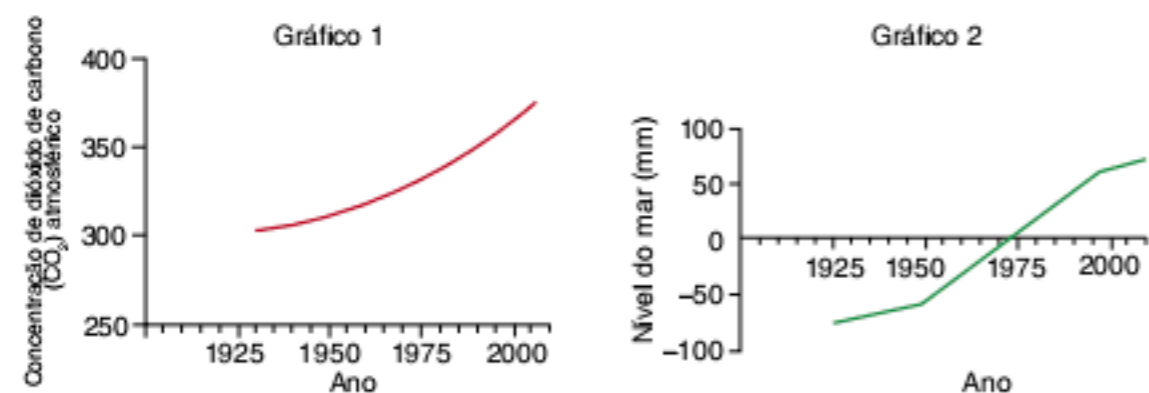


- a) Ovos ou embriões de certos anfíbios tornam-se inviáveis, quando o pH do meio é igual ou inferior a 5 ou quando há excesso de incidência de raios ultravioleta. Cite dois eventos decorrentes da atividade humana que contribuem diretamente para a intensificação desses fatores ambientais que determinam a mortalidade dos ovos e embriões.
- b) O aquecimento global tem aumentado a incidência de uma doença de pele causada por fungos (micose) em sapos adultos.
- Que tipo de relação ecológica ocorre entre o fungo causador da micose e o sapo?
  - Cite uma função vital diretamente afetada pelo comprometimento da pele do sapo.

**16 UFJF 2007** O desenvolvimento de projetos que visam reduzir a progressiva emissão de gases de efeito estufa é o principal objetivo do Protocolo de Kyoto. O Brasil pode contribuir para que esse objetivo seja alcançado através da preservação das florestas nativas e da implantação de projetos de reflorestamento.

- a) Explique como a manutenção e/ou o replantio dessas florestas podem contribuir para a redução do efeito estufa.
- b) Em decorrência do grande número de queimadas, o Brasil aparece como um dos países que mais contribui para o aumento do efeito estufa. As queimadas naturais, todavia, são importantes em alguns ecossistemas, como no Cerrado brasileiro. Apresente uma vantagem das queimadas naturais, que ocorrem em menor frequência, e uma desvantagem das queimadas não naturais, geralmente muito frequentes. (Atenção: desconsidere a contribuição dessas queimadas para o aumento do efeito estufa).
- c) A substituição dos gases clorofluorcarbono (CFCs) utilizados em aerossóis, condicionadores de ar e geladeiras, vem sendo estimulada por ambientalistas desde a realização do Protocolo de Montreal, em 1987. Qual é a ação dos CFCs na atmosfera e qual é a importância da redução na utilização desses gases para os seres vivos?

**17 UFRJ 2008** Os gráficos a seguir mostram as variações na concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico (gráfico 1) e as variações no nível dos oceanos (gráfico 2) em décadas recentes. As medições de  $\text{CO}_2$  anteriores a 1950 foram obtidas no gelo da calota polar, e as demais diretamente na atmosfera.



- a) Para cada gráfico, apresente uma causa das variações observadas.
- b) Estabeleça a relação entre os fenômenos representados nos dois gráficos.

**18 Unesp 2007** O Brasil ocupa um confortável 16º lugar entre os países que mais emitem gás carbônico para gerar energia. Mas se forem considerados também os gases do efeito estufa liberados pelas queimadas e pela agropecuária, o país é o quarto maior poluidor.

Veja, 21 jun. 2006.

A atividade agropecuária produz outro gás que contribui para o efeito estufa. Considere a criação de gado e responda. Qual é esse gás e que processo leva à sua formação?

**19 Unesp 2007** Recentemente, constatou-se um novo efeito devastoso do excesso de gás carbônico: os mares estão ficando mais ácidos. As alterações no pH marítimo levam à redução do plâncton, e ameaçam aniquilar os recifes de corais.

Veja, 21 jun. 2006.

Estabeleça relações entre a destruição do plâncton e a ameaça à vida de animais marinhos e terrestres.

**20 UFRN 2005** Grande parte do prejuízo causado pelo homem à qualidade da água decorre do despejo de resíduos domésticos em rios e córregos.

Considere que, na figura a seguir, o local indicado pela letra B está situado no mesmo rio, cerca de 100 km após o local indicado pela letra A.



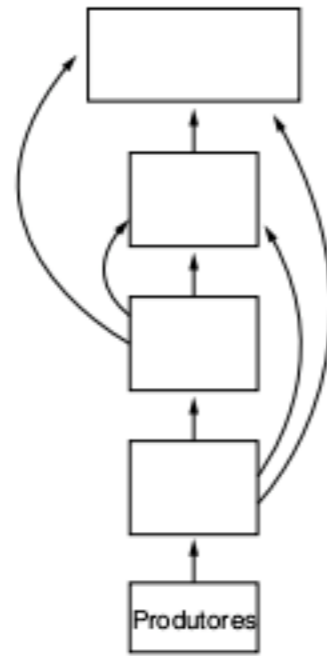
Considerando os locais indicados pelas letras A e B, explique as alterações ambientais que neles podem ocorrer e os efeitos produzidos nos organismos aquáticos.

**21 Uerj 2008** O lançamento de esgoto *in natura* em mares, rios e lagos constitui uma catástrofe para o meio ambiente. A alta concentração de matéria orgânica favorece, inicialmente, a proliferação de organismos decompositores aeróbios. Observe-se, posteriormente, a morte de peixes e a liberação de ácido sulfídrico, principal causador de mau cheiro. Identifique a relação entre a proliferação de organismos aeróbios decompositores e a morte de peixes. Em seguida, explique como ocorre o aumento da produção de ácido sulfídrico.

**22 Fuvest 2009** A presença do mercúrio foi analisada em populações humanas ribeirinhas e em três espécies A, B e C de animais de um rio da região Amazônica, todos fazendo parte de uma mesma teia alimentar. A tabela a seguir mostra os resultados obtidos.

Amostras	Concentração média de mercúrio (microgramas/g)
Cabelos de seres humanos	19,1
Tecidos de animais da espécie A	8,3
Tecidos de animais da espécie B	0,7
Tecidos de animais da espécie C	0,01





- No esquema anterior, distribua os seres humanos e os animais das espécies A, B e C, de modo a representar corretamente a teia alimentar.
- Não está ainda esclarecido se o mercúrio presente no rio pode prejudicar a saúde das populações ribeirinhas. Como precaução, pensou-se em recomendar que as pessoas deixassem de comer peixe. Sabendo-se que peixe e mandioca (aipim) são os alimentos básicos dessas populações, a retirada do peixe da alimentação pode provocar desnutrição? Por quê?

**23 UEG 2007** A contaminação do mar por grandes quantidades de petróleo acarreta a morte de muitos seres marinhos, além de aves que buscam alimento no mar. Em adição aos efeitos tóxicos dos poluentes, o petróleo compromete a concentração de oxigênio na água. Sobre os desastres ecológicos envolvendo manchas de óleo, responda ao que se pede.

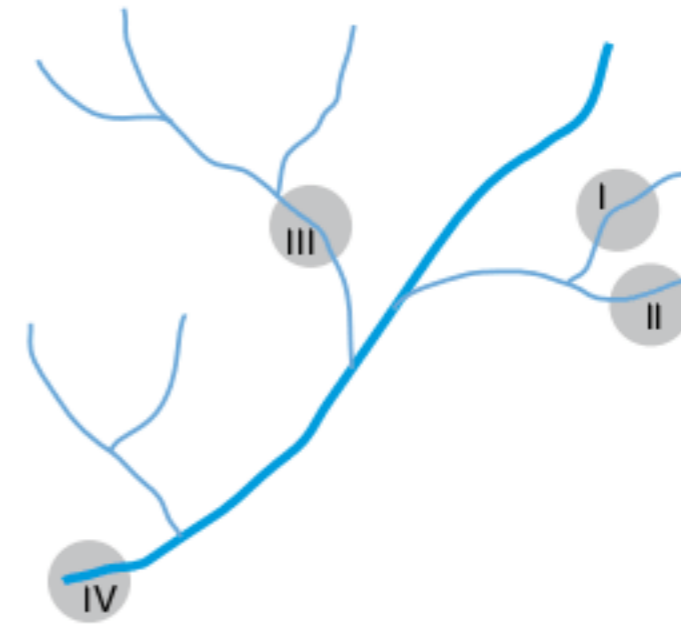
- Como as manchas de petróleo comprometem a concentração de oxigênio no mar?
- Cite duas maneiras pelas quais os vazamentos de petróleo, bem como outros poluentes marinhos, podem comprometer a vida de aves que buscam alimentos no mar.

**24 UFPE 2006** Com relação à eutrofização e a métodos de tratamento do lixo urbano, é correto afirmar que:

- a proliferação exagerada de algas é esperada quando há grande disponibilidade de nutrientes, determinada pelo lançamento de resíduos orgânicos nas águas dos rios.
- como um aspecto positivo da eutrofização, cita-se a obtenção de quantidades consideráveis de Biogás, que é composto, basicamente, por mercaptanas.
- os esgotos despejados diretamente nas águas podem determinar a proliferação tanto de organismos aeróbicos quanto anaeróbicos.
- os papéis e madeira existentes no lixo urbano, quando queimados, liberam energia que pode ser empregada na produção de energia elétrica. Esse fato coloca a incineração como método ecologicamente correto de tratamento do lixo.
- o lixo domiciliar depositado em lixões pode comprometer o meio ambiente, não só pela infiltração de substâncias nos lençóis de água subterrânea, como também pela liberação de gases tóxicos.

**25 UFC 2008** O esquema a seguir refere-se a um rio (linha espessa) e seus afluentes. Em suas margens, encontram-se

diferentes áreas impactadas pela ação humana. A área I representa a atividade de um garimpo clandestino. A área II é ocupada por uma extensa lavoura de milho que utiliza fertilizantes químicos e agrotóxicos. A área III refere-se à ocupação urbana, que utiliza a água do rio para consumo, porém, ainda não realiza tratamento do esgoto doméstico, lançando-o no rio. A área IV refere-se a uma área de preservação ambiental, com mata virgem, e corresponde à nascente do rio. Analise a figura e as áreas mencionadas e responda ao que se pede.



- Qual a principal consequência para a população humana que se alimenta de peixes obtidos na área I?
- Cite a principal consequência, para a fauna aquática local, da liberação de produtos no rio, gerados pela atividade realizada na área II.
- Cite a denominação do processo que será desencadeado no rio, como consequência da liberação dos efluentes gerados pela área III. Cite uma solução para o impacto gerado por essa área.
- Qual a principal consequência para o leito do rio se houvesse um desmatamento na área IV?

**26 UFSC 2006** O aumento da produção de suínos em vários estados do Brasil, como Santa Catarina, evidencia problemas na adequação e no licenciamento ambiental das propriedades, que podem ser altamente poluentes, caso não utilizem sistemas de tratamento dos resíduos animais. Seja qual for a forma de criação, a suinocultura pode representar importante fonte de degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo. O problema crucial está no apreciável volume de dejetos produzidos, no impacto ambiental e no difícil alcance da sustentabilidade da produção. Estima-se que um animal destinado ao abate, com peso variando de 25 a 100 quilos, produza uma média de sete litros de dejetos a cada dia.

Disponível em: <[www.comciencia.br/200405/noticias/4/suinos.htm](http://www.comciencia.br/200405/noticias/4/suinos.htm)>. Acesso em: 22 set. 2005. (Adapt.)

Considerando o texto acima e o tema a que se refere, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 Os resíduos da criação de suínos, assim como de outros mamíferos, englobam as fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e higienização, resíduos da ração, pelos, entre outros.
- 02 Uma das principais causas da poluição é a liberação direta desses dejetos, sem o devido tratamento, em rios e riachos.
- 04 O excesso de matéria orgânica nos resíduos lançados nas águas aumenta o teor de oxigênio dissolvido na água, devido ao surgimento de algas fotossintetizantes, fazendo proliferar os peixes, num fenômeno denominado eutrofização, sendo esta uma vantagem na criação de suínos.

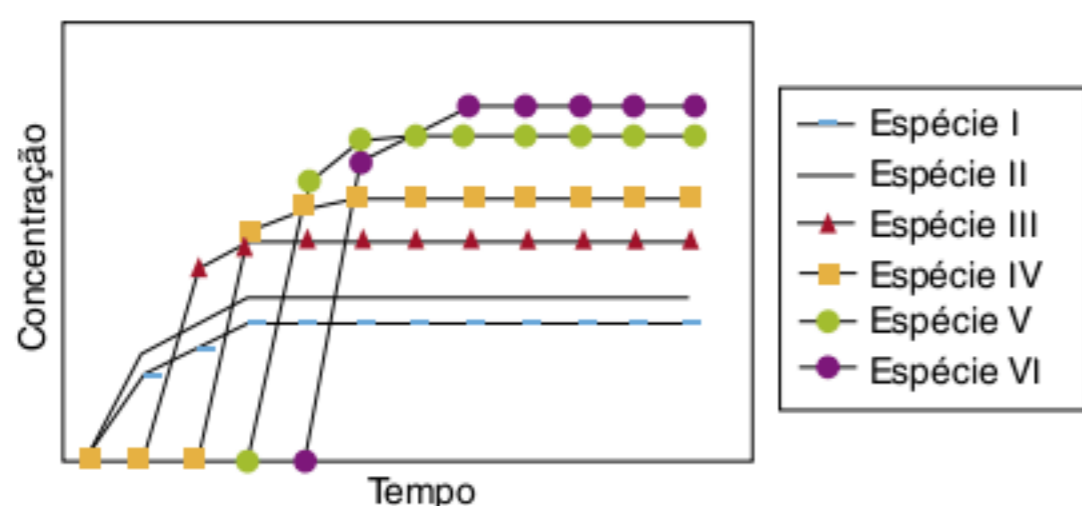


08 Pode ocorrer disseminação de patógenos (organismos causadores de doenças), mau cheiro e contaminação de águas potáveis com amônia, nitratos e outros elementos tóxicos.

16 Devido aos resíduos de suínos, as pessoas podem contrair diretamente a teníase, um importante parasita intestinal.

Soma =

**27 Unicamp 2003** Em um canal foi aplicado um inseticida organoclorado. Pesquisadores preocupados com o meio ambiente rapidamente iniciaram uma avaliação periódica deste composto nos tecidos de animais presentes no canal. Foram coletados, com intervalos regulares de tempo, exemplares da mesma espécie de lagarto, cigarrinha, aranha, gafanhoto, cobra e libélula. Os resultados da concentração do inseticida nos tecidos de cada espécie estão representados no gráfico abaixo.



- Explique por que as espécies representadas pelas curvas I e II foram as primeiras a apresentar os compostos nos seus tecidos. Quais dentre as espécies estudadas podem corresponder a estas curvas?
- Explique por que as espécies representadas pelas curvas V e VI apresentaram as maiores concentrações nos seus tecidos. Identifique dentre as espécies coletadas quais podem corresponder a estas curvas.

**28 UFMG 2006** Analise esta tabela, em que se relaciona a temperatura com a quantidade de oxigênio dissolvido na água:

Temperatura (°C)	Oxigênio dissolvido na água (cm <sup>3</sup> /l)
0	10,2
5	8,9
10	7,9
15	7,1
20	6,4
25	5,9
30	5,3

Fonte: J. P. Charbonneau et al. *Enciclopédia de Ecologia*. São Paulo: EDU/Edusp, 1979, p. 120.

Os dados dessa tabela não podem ser usados para explicar:

- o predomínio de fermentação anaeróbica em águas a 30 °C.
- a eutrofização rápida em temperaturas entre 15 e 20 °C.
- a morte dos peixes em águas com temperaturas acima de 30 °C.
- aumento de populações de algas em temperaturas abaixo de 5 °C.

Texto para a questão 29.

### O azul da cor da Terra

Quando, em 12 de abril de 1961, o planeta Terra foi visto a uma distância jamais atingida antes por qualquer mortal, o astronauta soviético Yuri Gagarin, que foi o primeiro a vê-la sob este ângulo, exclamou admirado:

– A Terra é azul!

Pela primeira vez fotografada, assim foi ela vista também pelos olhos não menos admirados de toda a humanidade: AZUL! Azul da cor da água límpida dos lagos, rios, mares e oceanos que cobrem a maior parte da superfície de nosso planeta chamado, contraditoriamente (ou não), de Terra.

Água que existe em toda parte, dentro e fora de nós, e cuja presença percebemos ou pressentimos o tempo todo, ainda que não a vejamos na forma líquida, que, por algum motivo, sempre nos pareceu “a mais normal”.

Sob essa ou outras formas que lhe são próprias, ela está mesmo em toda parte, ainda que não tão evidente e explícita para nós: está nos lugares, nos objetos e nos seres animais, vegetais e minerais que constituem o nosso ambiente natural, social e cultural.

Se não está no momento presente, já esteve em algum outro tempo na formação, composição, preparação, conservação ou na higienização dos objetos que nos rodeiam, por mais sólidos, rígidos, resistentes ou por mais etéreos que sejam. Como também está ou já esteve nas paisagens e nos ambientes onde tais objetos e seres se encontram.

Está nos alimentos, remédios, tratamentos de saúde, vestimentas, edificações; na luz que nos ilumina e no ar-condicionado que aquece ou refrigera nossos ambientes; na decoração, arte, literatura; no lazer e no transporte; na política, economia e religião. Nas comemorações de paz e nas disputas de guerra. Enfim, no nascimento, na sobrevivência e na morte.

Graças à água, a humanidade se libertou de suas limitações, à medida que soube aproveitá-la, conduzindo-a para os lugares onde melhor poderia ser utilizada e servir às suas inúmeras necessidades.

Contudo, apesar da dádiva que ela sempre representou para nós, humanos, as relações das civilizações modernas e pós-modernas, com essa mãe provedora, nem sempre têm sido pautadas pelo princípio do “amor com amor se paga”.

Hoje, a nossa Terra corre o risco de se tornar um planeta de terras áridas pelos maltratos que infligimos à natureza, em suas mais variadas manifestações e diversidade.

Mas quem usa, cuida; quem necessita, zela; quem ama, protege. Quem recebeu a dádiva da vida deve manter viva a fonte da qual a recebeu.

Daí a razão de termos escolhido a ÁGUA como tema para análise e reflexão nesta prova.

[...] planeta Terra: este planeta Azul que, um dia, o compositor e cantor Guilherme Arantes homenageou com a belíssima música “Planeta Água”.

Águas que movem moinhos são  
as mesmas águas que  
encharcam o chão  
E sempre voltam humildes pro  
fundo da terra, pro fundo da  
terra  
Terra, planeta água



**29 CPS 2007** O tipo mais comum de poluição de um corpo hídrico é causado por substâncias que são decompostas por organismos vivos que podem consumir o oxigênio dissolvido em suas águas (substâncias biodegradáveis).

Por outro lado, existem substâncias que resistem à biodegradação, mantendo-se inalteradas ao longo do processo de autodepuração. Sofrem diluição, depositam-se e mantêm-se ativas nos lodos do fundo dos rios.

O esgoto doméstico contribui significativamente na degradação de um corpo hídrico, como o Rio Tietê, hoje considerado um esgoto a céu aberto na região da grande São Paulo. Pode-se, então, contribuir para amenizar o processo de degradação desse rio:

- (a) despejando mais substâncias biodegradáveis no esgoto.
- (b) esperando que a natureza se encarregue de limpar o rio.
- (c) diminuindo o consumo de produtos como xampu e detergentes.
- (d) despejando mais substâncias sintéticas no esgoto.
- (e) esperando que o rio se recupere até a sua foz, por decantação.

**30 FGV** O governo brasileiro é um entusiasta na defesa da produção e uso do etanol obtido a partir da cana-de-açúcar em substituição à gasolina. Do ponto de vista ecológico, e considerando a concentração na atmosfera de gases responsáveis pelo efeito estufa, é mais acertado dizer que:

- (a) é vantajosa a substituição da gasolina pelo etanol, pois para a produção deste último utilizam-se grandes extensões de terra, o que implica extensas áreas com cobertura vegetal, a qual realiza fotossíntese e promove o sequestro de  $\text{CO}_2$  da atmosfera, além da área verde promover o aumento na biodiversidade da fauna nativa.
- (b) é vantajosa a substituição da gasolina pelo etanol, pois a queima deste último devolve para a atmosfera o mesmo carbono que há pouco havia sido retirado dela pela fotossíntese, enquanto a queima da gasolina acrescenta mais carbono à composição atual da atmosfera.
- (c) não há vantagem na substituição da gasolina pelo etanol, pois ambos apresentam moléculas orgânicas que, quando queimadas pelos motores a combustão, liberam a mesma quantidade de monóxido de carbono para a atmosfera, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa.
- (d) não há vantagem na substituição da gasolina pelo etanol, pois embora a queima da gasolina produza monóxido de carbono, um gás poluente que se associa de modo irreversível à hemoglobina, a queima do etanol produz dióxido de carbono, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa.
- (e) não há vantagem na substituição da gasolina pelo etanol, pois este último representa maior consumo por quilômetro rodado, o que provoca um aumento no consumo desse combustível e, proporcionalmente, maior emissão de gases poluentes para a atmosfera.

**31 Fuvest** As crescentes emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), entre outros, têm

causado sérios problemas ambientais, como, por exemplo, a intensificação do efeito estufa. Estima-se que, dos 6,7 bilhões de toneladas de carbono emitidas anualmente pelas atividades humanas, cerca de 3,3 bilhões acumulam-se na atmosfera, sendo os oceanos responsáveis pela absorção de 1,5 bilhão de toneladas, enquanto quase 2 bilhões de toneladas são sequestradas pelas formações vegetais.

Assim, entre as ações que contribuem para a redução do  $\text{CO}_2$  da atmosfera, estão a preservação de matas nativas, a implantação de reflorestamentos e de sistemas agroflorestais e a recuperação de áreas de matas degradadas.

O papel da vegetação, no sequestro de carbono da atmosfera, é:

- (a) diminuir a respiração celular dos vegetais devido à grande disponibilidade de  $\text{O}_2$  nas florestas tropicais.
- (b) fixar o  $\text{CO}_2$  da atmosfera por meio de bactérias decompositoras do solo e absorver o carbono livre por meio das raízes das plantas.
- (c) converter o  $\text{CO}_2$  da atmosfera em matéria orgânica, utilizando a energia da luz solar.
- (d) reter o  $\text{CO}_2$  da atmosfera na forma de compostos inorgânicos, a partir de reações de oxidação em condições anaeróbicas.
- (e) transferir o  $\text{CO}_2$  atmosférico para as moléculas de ATP, fonte de energia para o metabolismo vegetal.

**32 CEFET-SC 2008** Desenvolvimento sustentável pode ser definido como um processo dinâmico voltado à satisfação das necessidades humanas, sem comprometer as necessidades das futuras gerações. Assim, espera-se que o desenvolvimento sustentável, integrando princípios ecológicos aos sistemas econômicos vigentes, preserve a estrutura dos diversos ecossistemas da Terra. Sobre desequilíbrios ambientais verificados nestes ecossistemas, a alternativa correta é:

- (a) Dizer que uma substância é biodegradável equivale a afirmar que não existem na natureza organismos capazes de transformar enzimaticamente essas substâncias.
- (b) O desmatamento por queimadas é uma boa alternativa para a limpeza de terrenos para pastagem.
- (c) A diminuição na concentração do gás carbônico, liberado na queima de combustíveis fósseis, intensifica o efeito estufa, aquecendo cada vez mais o planeta.
- (d) A maior incidência da radiação ultravioleta sobre a superfície da Terra, causada pela destruição da camada de ozônio, provoca aumento na taxa de mutações nos seres vivos, elevando, por exemplo, o número de casos de câncer de pele no ser humano.
- (e) Em dias úmidos, o dióxido de nitrogênio liberado na combustão de derivados de petróleo, combina-se com a água da atmosfera e depois de algumas reações origina o ácido sulfúrico, um dos principais componentes das chuvas ácidas.

**33 UFPE 2006** Em garimpos clandestinos no Brasil, diferentes quantidades de terra são retiradas das áreas exploradas. Para resgatar pequenas partículas de ouro existentes na lama, resultante dos processos de peneiramento e lavagem, utiliza-se o mercúrio.



De todo o processo poderão advir como consequências:

- a degradação e poluição do solo.
- o assoreamento de rios e até inundações.
- a interferência no processo de procriação de certos peixes.
- o lançamento de poluentes na atmosfera.
- a destruição da vegetação.

**34 PUC-MG 2008** Observe atentamente a charge e as afirmações a seguir.



- I. O aterro sanitário de qualquer município deve possuir licença para funcionamento e expansão.
- II. Um aterro pode representar risco à saúde dos moradores de um município, uma vez que sejam detectadas irregularidades na impermeabilização e escoamento do resíduo líquido (chorume) depositado no local.
- III. Os processos anaeróbios que ocorrem na matéria orgânica dos aterros sanitários podem produzir gás metano e adubo.
- IV. Animais invertebrados e vertebrados podem se beneficiar e participar do ciclo da matéria nos aterros sanitários.

Estão corretas as alternativas:

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

**35 PUC-Rio 2006** Em aterros sanitários encontramos drenos (espaços por onde é possível deixar escapar o gás produzido pela decomposição do lixo). Esses drenos liberam gases capazes de serem queimados. Assinale a alternativa que relaciona corretamente um exemplo desses gases combustíveis e sua forma de produção.

- (a) Metano, produzido por bactérias anaeróbias.
- (b) Metano, produzido por bactérias aeróbias.
- (c) Metano, produzido por reações químicas abióticas.
- (d) Oxigênio, produzido por bactérias anaeróbias.
- (e) Gás carbônico, produzido por reações químicas abióticas.

**36 UFPE 2007** Com relação à interferência humana no meio ambiente, analise as afirmações apresentadas a seguir.

- O poluente óxido nítrico, liberado na queima de combustíveis fósseis, contribui para a acentuação do efeito estufa.
- Quando queima combustíveis fósseis, o homem interfere no ciclo de nitrogênio da natureza, propiciando, principalmente, a produção de nitritos e, em menor escala, de nitratos.
- Embora se constitua no principal fator do aumento da concentração de gás carbônico atmosférico, a queima de florestas não compromete o equilíbrio ecológico.
- A poluição marinha por vazamento de óleo e o desflorestamento contribuem para a redução da captação de gás carbônico por autótrofos fotossintetizantes encontrados nesses ambientes.
- A alternância da plantação de culturas, como soja e feijão, com a plantação de leguminosas, ricas em *Rhizobium* em seus peroxissomos, é uma prática correta na agricultura.

**37 Enceja** A combustão da gasolina nos motores de automóveis produz uma série de gases, como dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos. Na camada mais baixa da atmosfera, ou seja, na troposfera, tais gases participam de diversas reações químicas que geram outras substâncias poluentes, como o ozônio que é gerado a partir de hidrocarbonetos e de óxidos de nitrogênio.

Com o uso de conversores catalíticos (catalisadores) nos escapamentos, todos esses gases são convertidos em dióxido de carbono, vapor de água e nitrogênio. Sendo assim, o emprego desses conversores:

- (a) diminui a formação de ozônio na troposfera.
- (b) elimina a emissão de gases-estufa para a atmosfera.
- (c) diminui os buracos da camada de ozônio da estratosfera.
- (d) elimina a poluição do ar causada por veículos automotores.



# Procariontes: bactérias e arqueas

# 7

FRENTE 2

As bactérias fazem parte de nossa vida. O gás oxigênio é gerado em grande parte por cianobactérias presentes no fitoplâncton marinho. Certas bactérias são empregadas na indústria de alimentos para a produção de iogurte. Elas podem causar vários tipos de doenças, cujo tratamento normalmente é feito com antibióticos.



© ARTIZAN | DREAMSTIME.COM

AMARC DISTRIBUIÇÃO



## Parte I: Bactérias

### Ambiente e estrutura

Há bactérias em vários ambientes do planeta: água salgada, água doce, solo, fendas abissais e no interior de hospedeiros. O ar apresenta grande quantidade de bactérias; muitas doenças bacterianas, como a tuberculose e a difteria, têm transmissão por via aérea.

Bactérias geralmente são **unicelulares**, porém há algumas espécies **pluricelulares**. Podem ter diferentes formas, como **cocos** (arredondada), **bacilo** (com aspecto de bastão), **espirilo** (com o formato de um bastão retorcido) e **vibrião** (bastão encurvado). Formas unicelulares podem permanecer agrupadas, constituindo **colônias** (Fig. 1).

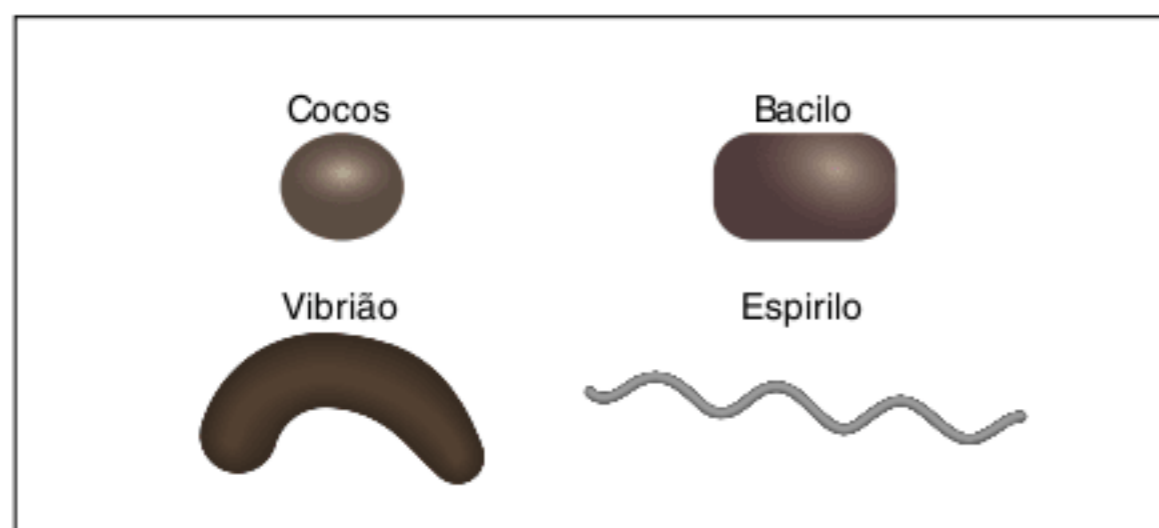


Fig. 1 Formas de bactérias.

A maioria das bactérias apresenta **parede celular**, cujo principal componente é o **peptidoglicano** (carboidratos e peptídeos associados). A parede celular protege a célula e proporciona sustentação, é permeável a vários materiais e permite trocas entre a bactéria e o meio. Há bactérias sem parede celular, denominadas **micoplasmas**. Algumas são causadoras de doenças nos sistemas respiratórios e urinário do ser humano. Algumas bactérias têm uma **cápsula** aderida à superfície externa da parede celular. Essa capsula é constituída por proteínas e carboidratos e contribui para uma proteção adicional à célula bacteriana.

Internamente à parede celular, encontra-se a **membrana plasmática**, ou **plasmalema**. Sua composição é lipoproteica e tem como principal papel o controle da troca de materiais entre a bactéria e o meio. A membrana celular bacteriana apresenta invaginações denominadas **mesossomos**, que são estruturas responsáveis pela respiração celular. O material genético se liga aos mesossomos; assim, essa estrutura tem importante contribuição no processo de divisão celular bacteriana.

Ele é constituído por um filamento de cromatina formado por **DNA circular**, ou seja, sem extremidades livres. Além disso, o DNA bacteriano não tem proteínas associadas, como ocorre no material genético do núcleo de eucariontes.

Bactérias não têm carioteca; são desprovidas de núcleo e consideradas seres procariontes. A região da célula onde se encontra a cromatina é denominada **nucleoide**. As bactérias também possuem moléculas menores de DNA, dispersas pela célula: são os **plasmídeos**. Essas estruturas contêm material genético adicional e podem contribuir para a sobrevivência da bactéria.

O **citoplasma** bacteriano compreende todo o espaço que fica no interior da membrana. Contém o citosol, as moléculas

de DNA e ribossomos, organelos responsáveis pela síntese de proteínas. As trocas gasosas são realizadas por difusão.

Muitas bactérias têm **flagelo**, empregado no deslocamento em meio aquático. O flagelo das bactérias tem estrutura diferente dos flagelos de eucariontes, os quais são derivados de centríolos. Em bactérias, os flagelos são filamentos proteicos ligados à membrana e à parede celular. Bactérias podem ter **fímbrias**, prolongamentos que não se relacionam com locomoção (Fig. 2); algumas fímbrias participam do processo de reprodução sexuada bacteriana, conhecido como conjugação.

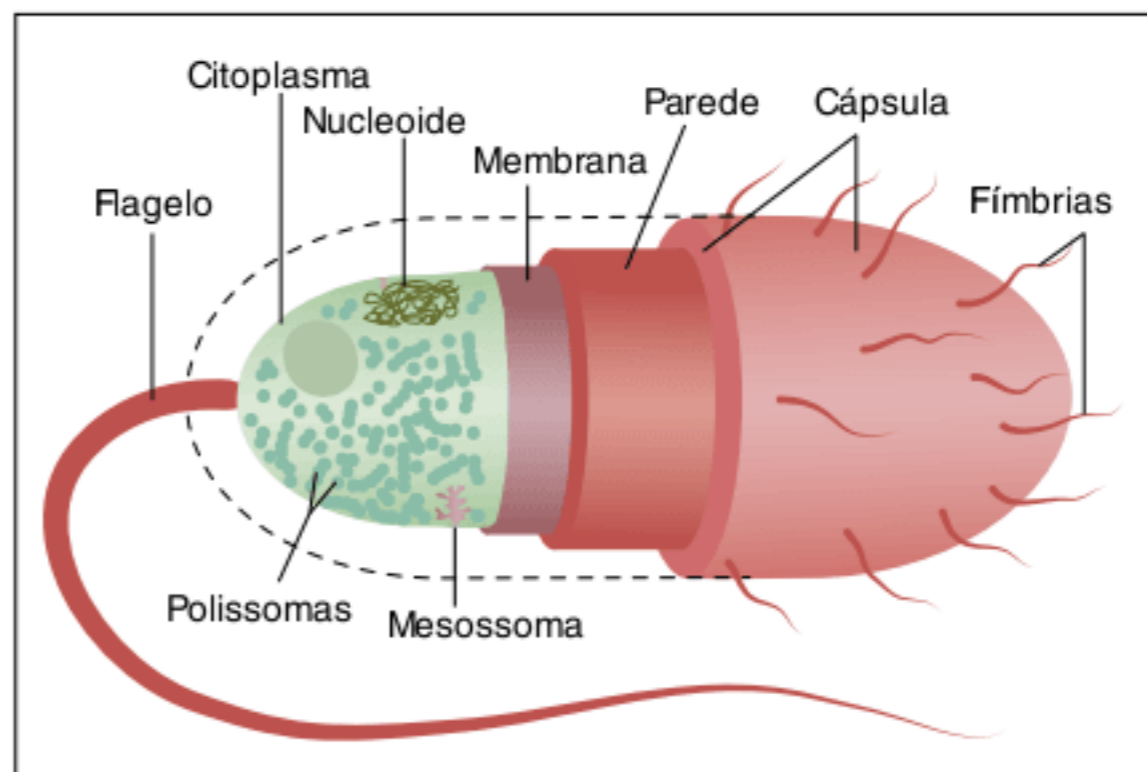


Fig. 2 Componentes principais de célula bacteriana. Uma bactéria típica tem envoltórios e citoplasma, mas não possui núcleo.

### Nutrição

Há duas principais formas de nutrição entre bactérias: autótrófica e heterotrófica. As bactérias **heterótrofas** liberam enzimas digestivas no ambiente, realizando **digestão extracorpórea**. Os produtos da digestão são absorvidos e utilizados pela bactéria. Entre as heterótrofas, encontram-se parasitas e decompositoras.

Bactérias heterótrofas participam de vários tipos de relações interespecíficas:

- Comensalismo: bactérias intestinais que utilizam restos de alimento do hospedeiro.
- Mutualismo: bactérias do estômago de ruminantes, que realizam a digestão de celulose; muitas cianobactérias são componentes de líquens.
- Amensalismo: bactérias que desprendem substâncias que impedem o desenvolvimento de competidores.

Bactérias **autótrofas** produzem material orgânico a partir de substâncias inorgânicas. Há dois tipos: as quimiossintetizantes e as fotossintetizantes. Bactérias **quimiossintetizantes** empregam energia de reações químicas oxidativas para a produção de compostos orgânicos. No ciclo do nitrogênio, bactérias nitrificantes convertem amônia em nitrato; esse processo libera energia para a produção de carboidratos.

A fotossíntese é um processo que utiliza energia luminosa para a síntese de carboidratos. Há diferentes tipos de bactérias **fotossintetizantes**, como as cianobactérias e as sulfobactérias. **Cianobactérias** têm pigmentos ligados a lamelas membranosas presentes no citosol; entre esses pigmentos, encontra-se a **clorofila a** (detalhes sobre a bioquímica da fotossíntese são apresentados na frente 1, neste livro). As cianobactérias têm clorofila, mas não apresentam cloroplastos (Fig. 3).



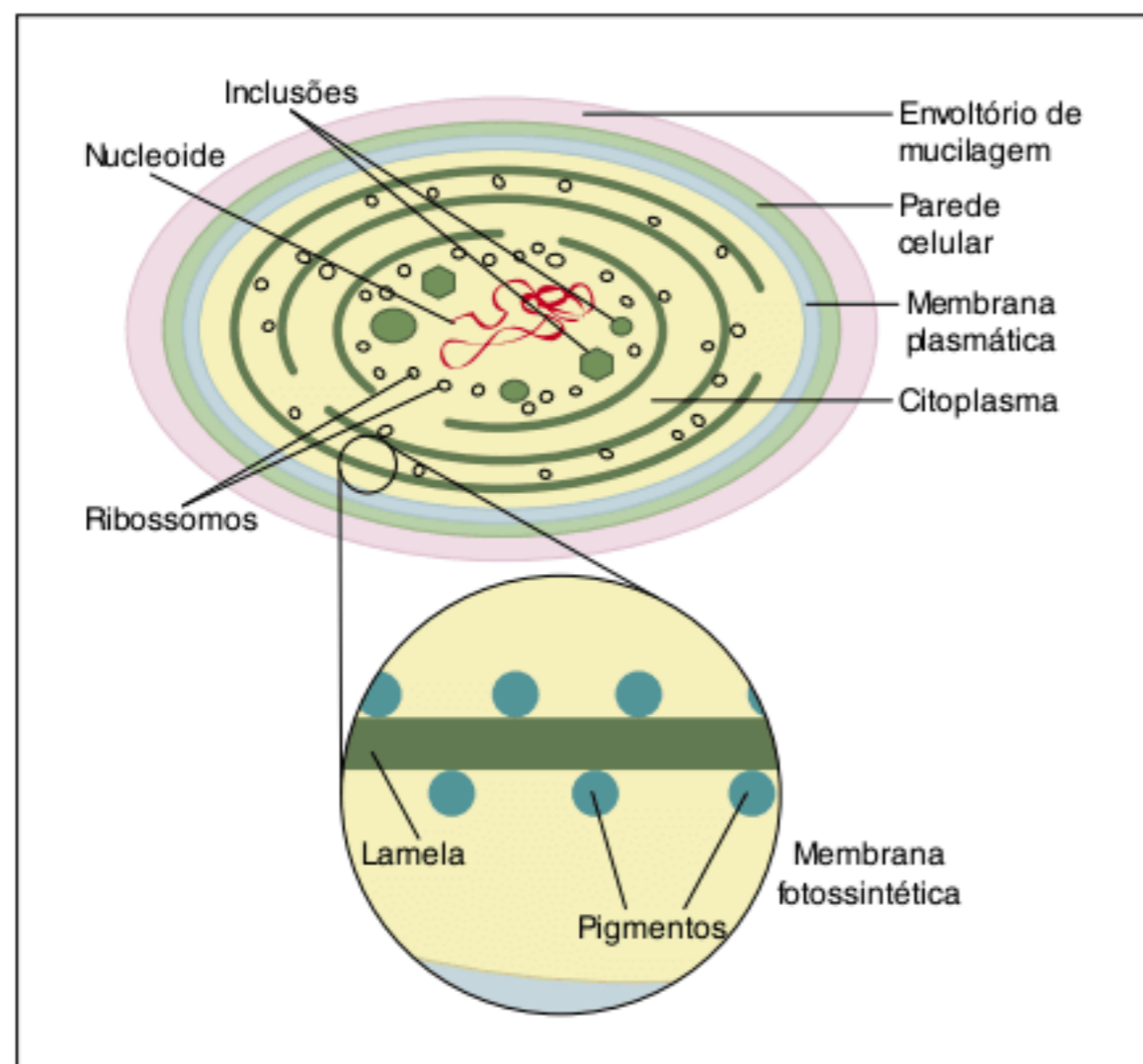
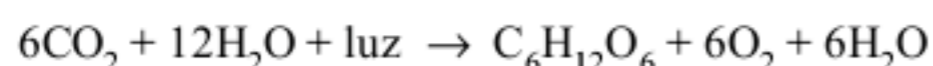
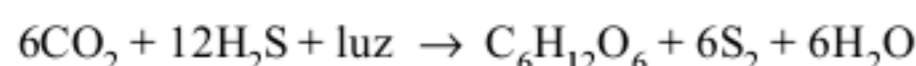


Fig. 3 Célula de cianobactéria e detalhe de suas lamelas membranosas.

A equação da fotossíntese das cianobactérias pode ser expressa da seguinte maneira:



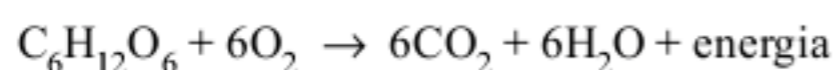
As **sulfobactérias** não possuem clorofila a; tendo outro tipo de pigmento, a **bacterioclorofila**. Sulfobactérias não empregam água como reagente, elas utilizam o ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). A equação da fotossíntese dessas bactérias pode ser representada da seguinte maneira:



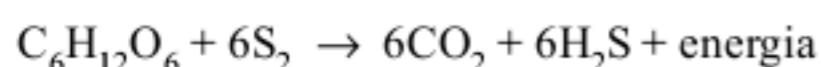
Um tipo específico de bactérias, as **bactérias púrpuras**, pode realizar fotossíntese não oxigênica.

### Liberação de energia

Bactérias podem degradar matéria orgânica e liberar energia através de respiração ou fermentação. A **respiração celular** é realizada em parte no citosol e outra parte do processo ocorre nos mesossomos (a cadeia respiratória). A respiração celular bacteriana pode ser aeróbia ou anaeróbia. Na respiração **aeróbia**, é utilizado o gás oxigênio comoceptor final de elétrons e de hidrogênios, formando-se água no final do processo.

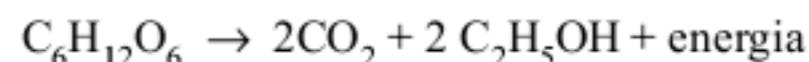


Na respiração celular **anaeróbia**, é utilizado outroceptor final de hidrogênios e elétrons, como o nitrato ou o enxofre (neste caso, forma-se  $\text{H}_2\text{S}$ , como foi explicado no processo de eutroficação da água).



A energia liberada na respiração é armazenada temporariamente na forma de ATP e uma parte é perdida na forma de calor.

A **fermentação** não emprega gás oxigênio, ocorre apenas no citosol e gera um resíduo orgânico, como etanol, ácido lático, metano, ácido acético etc. A equação da fermentação alcoólica é assim indicada:



A energia liberada na fermentação é armazenada temporariamente na forma de ATP e uma parte é perdida na forma de calor. A fermentação libera menos energia do que a respiração. Na Frente 1 deste livro são apresentados detalhes sobre respiração celular e fermentação.

### Reprodução

Bactérias geralmente reproduzem-se por um **processo assexuado**, conhecido como bipartição, divisão binária ou cissiparidade. Uma bactéria sofre replicação do seu material genético, gerando uma cópia idêntica do DNA. A célula fica com duas moléculas de DNA que se prendem a mesossomos diferentes. Posteriormente, ocorre a elongação da célula, seguida da separação do citoplasma. Dessa maneira, são produzidas duas bactérias geneticamente idênticas entre si e à bactéria genitora. Nesse processo de reprodução, só haveria variabilidade genética se ocorressem mutações (Fig. 4).

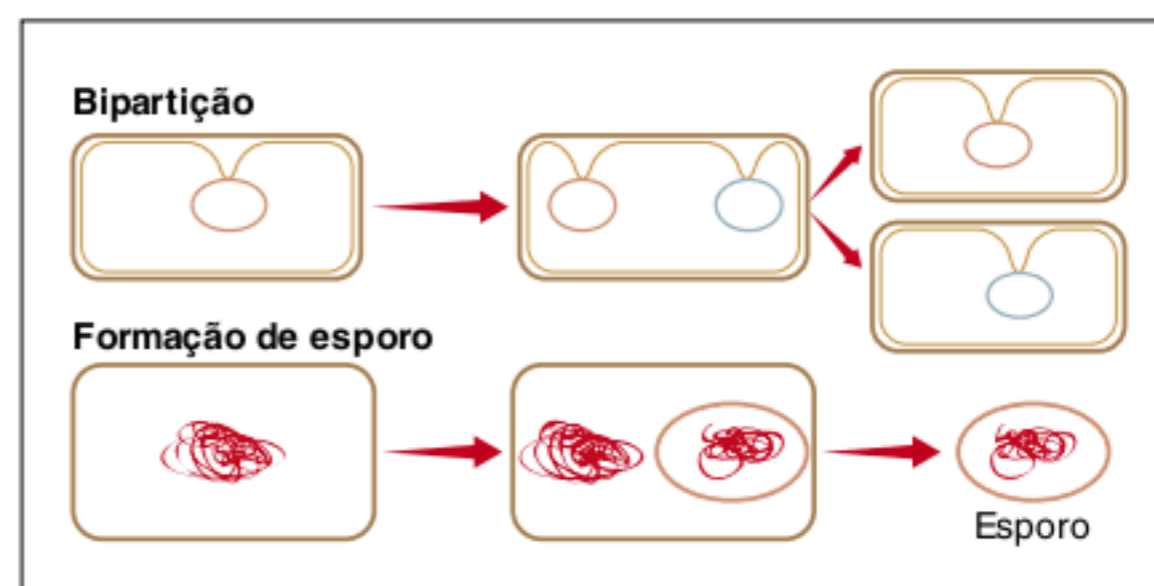


Fig. 4 Aspectos da reprodução bacteriana. No alto, processo de bipartição. Embaixo, mecanismo de formação de esporo.

Em algumas bactérias, como as do gênero *Clostridium* (causadoras do tétano e do botulismo), são formados **esporos**, permitindo a sobrevivência em condições ambientais adversas, como a falta de água ou de temperatura adequada. A bactéria sofre redução de seu volume, espessamento de sua parede celular e diminuição da sua atividade metabólica, passando a apresentar um estado de vida latente. Com o retorno das condições ambientais adequadas, o esporo retorna ao seu estado metabólico normal. Bactérias possuem modalidades **sexuadas** de reprodução, como a **conjugação**.

### Importância das bactérias

Bactérias possuem importância industrial, ecológica e como agentes patogênicos.



## Importância industrial

Bactérias são utilizadas para a produção de **antibióticos**, que são substâncias que também podem ser produzidas por fungos e que combatem outras bactérias. Algumas são empregadas por sua capacidade de realizar fermentação, como na produção de álcool etílico, metano, ácido lático e ácido acético (componente do vinagre). O ácido lático de origem bacteriana é muito útil na transformação do leite em queijo, iogurte ou coalhada.

Técnicas de engenharia genética empregam bactérias para vários usos, como na produção de peptídeos (proteínas) úteis, como insulina e hormônio de crescimento. Um gene humano, como o responsável pela síntese do hormônio de crescimento, pode ser inserido no plasmídeo de uma bactéria com o auxílio de **enzimas de restrição**, que cortam o DNA em sítios específicos. Após essa inserção, a bactéria passa a sintetizar o hormônio, de natureza proteica.

## Importância ecológica

As bactérias são fundamentais para a manutenção do equilíbrio ecológico da natureza. Há bactérias que realizam **decomposição**, contribuindo para a reciclagem de matéria nos ecossistemas. Por outro lado, muitas delas atuam como **produtores** e geram matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas; por exemplo, as cianobactérias, presentes no fitoplâncton ou componentes de líquens. Muitas bactérias têm papel relevante no ciclo do nitrogênio e participam de processos como **fixação biológica, nitrificação e desnitrificação**.

## Agentes patogênicos

Bactérias podem causar inúmeras doenças em seres humanos. Algumas são causadoras de doenças e apresentam características diferentes da maioria das bactérias. **Micoplasmas**, por exemplo, são bactérias de tamanho bastante reduzido, que não possuem parede celular e podem causar doenças nos sistemas respiratório e urinário (Fig. 5). **Clamídias** e **rickétsias** são bactérias que se comportam como parasitas intracelulares. Clamídias podem causar doenças como tracoma (que afeta os olhos) e pneumonia. Rickétsias são causadoras de febre Q (transmitida por carrapato) e tifo, que, dependendo da modalidade, pode ser veiculado por piolhos ou pulgas-do-rato.

As doenças bacterianas possuem meios de transmissão em comum. A seguir, são citados alguns modos de transmissão e suas respectivas doenças veiculadas.

- **Gotículas eliminadas (espirro, tosse, saliva):** acne, antraz, difteria, tuberculose, meningite, escarlatina, pneumonia, amidalite, febre reumática.
- **Água ou alimentos contaminados por fezes:** botulismo, disenteria (shigelose), febre tifoide, cólera, coqueluche.
- **Contato sexual (DST):** gonorreia, cancro mole, sífilis.
- **Picada de animais:** tifo, peste bubônica, febre Q.
- **Ferimentos:** antraz, gangrena gasosa, tétano.

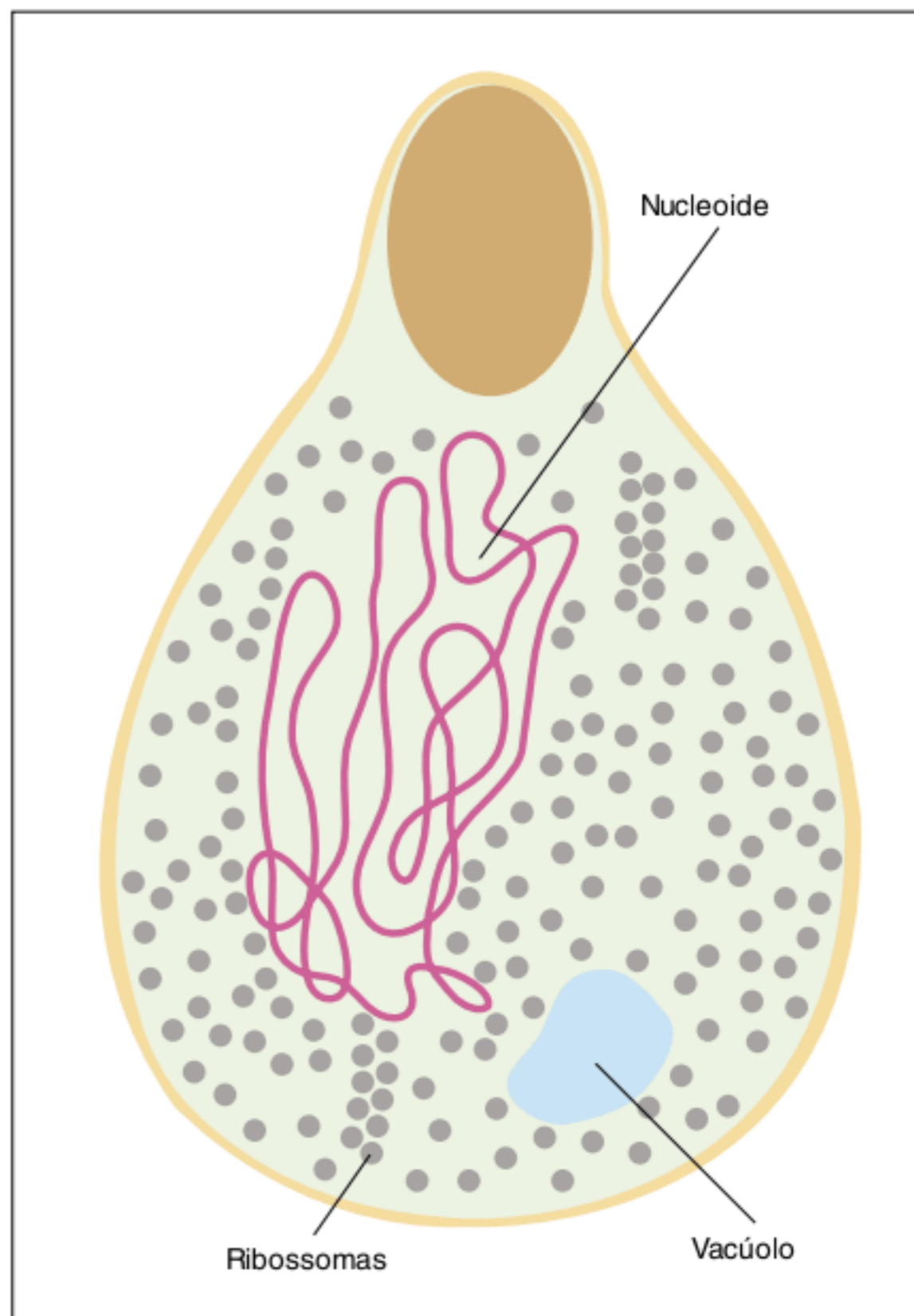


Fig. 5 Ilustração de micoplasma, tipo de bactéria sem parede celular.

## Parte II: Arqueas

São organismos **unicelulares** e **procariontes**. Antes eram denominadas arqueobactérias, mas atualmente constituem um grupo (Domínio) à parte. Diferem das bactérias principalmente pelo fato de sua parede não ser constituída por peptidoglicano. Apesar de procariontes, as arqueas têm maior semelhança genética com os organismos do Domínio *Eukarya* (os eucariontes). As arqueas são classificadas em três grandes grupos:

- **Halófilas:** vivem em regiões de elevada salinidade, como no Mar Morto.
- **Termoacidófilas:** toleram ambientes com pH extremamente baixo e temperaturas elevadas, como ocorre em proximidades de fendas vulcânicas.
- **Metanogênicas:** vivem em pântanos e tubo digestório de alguns animais, onde geram gás metano. São organismos quimiossintetizantes, que produzem matéria orgânica a partir de reações que liberam gás metano.





## Revisando

**1** Cite os tipos de ambientes em que as bactérias são encontradas.

---



---



---

**2** Quais são as quatro principais formas apresentadas por bactérias?

---



---



---

**3** Qual é o principal componente da parede bacteriana?

---



---



---

**4** Cite o grupo de bactérias desprovidas de parede celular.

---



---



---



---

**5** O que são mesossomos?

---



---



---

**6** Como é o aspecto e a composição do cromossomo bacteriano?

---



---



---

**7** Como ocorre a digestão nas bactérias heterótrofas?

---



---



---

**8** Cite relações ecológicas das quais bactérias heterótrofas participam.

---



---



---

**9** Quais são as modalidades de nutrição autotrófica entre bactérias?

---



---



---



**10** Diferencie respiração celular aeróbia de respiração celular anaeróbia.

---

---

---

---

---

**11** O que é fermentação?

---

---

---

---

---

**12** Qual é a principal modalidade de reprodução assexuada das bactérias? Como é possível a ocorrência de variabilidade genética com esse tipo de reprodução?

---

---

---

---

---

**13** Qual é a importância da formação de esporos para algumas espécies de bactérias?

---

---

---

---

---

**14** Cite três aspectos da importância industrial de bactérias.

---

---

---

---

---

**15** Cite três aspectos da importância ecológica das bactérias.

---

---

---

---

---

**16** Quais são os modos de transmissão de doenças bacterianas?

---

---

---

---

---

**17** Cite a principal diferença entre bactérias e arqueas.

---

---

---

---

---

**18** Quais são os três Domínios de seres vivos?

---

---

---

---

---



## Exercícios propostos

**1 Fuvest 2001** Um pesquisador estudou uma célula ao microscópio eletrônico, verificando a ausência de núcleo e de compartimentos membranosos. Com base nessas observações, ele concluiu que a célula pertence a:

- (a) uma bactéria.
- (b) uma planta.
- (c) um animal.
- (d) um fungo.
- (e) um vírus.

**2 UFSCar 2002** A *Escherichia coli* é um organismo procarionte. Isso significa que esta bactéria:

- (a) é parasita obrigatório.
- (b) não apresenta ribossomos.
- (c) não apresenta núcleo organizado.
- (d) não apresenta DNA como material genético.
- (e) nunca apresenta parede celular (esquelética).

**3 PUC-Rio 2007** Um grupo de pessoas deu entrada em um hospital, após ingerirem um bolo de aniversário comprado em estabelecimento comercial. O diagnóstico foi intoxicação por uma bactéria do gênero *Salmonella*. Marque a alternativa que indica a descrição correta de uma bactéria.

- (a) Um organismo macroscópico, unicelular, eucarionte.
- (b) Um organismo microscópico, unicelular, procarionte.
- (c) Um organismo microscópico, unicelular, eucarionte.
- (d) Um organismo macroscópico, pluricelular, procarionte.
- (e) Um organismo microscópico, unicelular, heterotérmico.

**4 Mackenzie 1997** Nas bactérias, o mesossomo apresenta uma coleção enzimática responsável por um processo que também ocorre:

- (a) nas lamelas dos cloroplastos.
- (b) na membrana do retículo endoplasmático rugoso.
- (c) no nucléolo.
- (d) no complexo de Golgi.
- (e) nas cristas mitocondriais.

**5 PUC-RS 2001** A chamada “estrutura procariótica” apresentada pelas bactérias nos indica que esses seres vivos são:

- (a) destituídos de membrana plasmática.
- (b) formadores de minúsculos esporos.
- (c) dotados de organelas membranosas.
- (d) constituídos por parasitas obrigatórios.
- (e) desprovidos de membrana nuclear.

**6 Unirio 2002** Bactérias do gênero *Clostridium* causam a gangrena gasosa, uma doença que, até recentemente, era 100% fatal. Atualmente, para tratamento dessa patologia,

utiliza-se a oxigenação hiperbárica, desde que essa providência seja tomada rapidamente. As bactérias sensíveis a esse tratamento são:

- (a) fermentadoras.
- (b) fotossintéticas.
- (c) termófilas.
- (d) aeróbicas facultativas.
- (e) anaeróbicas.

**7 Mackenzie 1995** As bactérias não apresentam organelas citoplasmáticas, tais como complexo de Golgi, mitocôndrias etc., geralmente encontradas em células de seres eucariontes. Entretanto, as bactérias possuem uma invaginação da membrana plasmática chamada mesossomo, que apresenta uma função análoga à da organela:

- (a) lisossomo.
- (b) mitocôndria.
- (c) complexo de Golgi.
- (d) plasto.
- (e) centríolo.

**8 UFC 2003** Analise o texto adiante.

Nas bactérias, o material genético está organizado em uma fita contínua de \_\_\_\_\_, que fica localizado em uma área chamada de \_\_\_\_\_. A reprodução das bactérias se dá principalmente por \_\_\_\_\_, que produz \_\_\_\_\_

Assinale a alternativa que completa corretamente o texto:

- (a) cromossomos – nucleossomo – brotamento – duas células-filhas idênticas.
- (b) DNA – nucleossomo – reprodução sexuada – uma célula-filha idêntica à mãe.
- (c) plasmídeo – nucleóide – conjugação – várias células-filhas diferentes entre si.
- (d) DNA – nucleóide – fissão binária – duas células-filhas idênticas.
- (e) RNA – núcleo – reprodução sexuada – duas células-filhas diferentes.

**9 Mackenzie 1997** Atualmente, um dos grandes problemas enfrentados pela medicina é a resistência das bactérias aos antibióticos, graças à sua variabilidade genética. Dos processos reprodutivos a seguir, assinale aquele que é o principal responsável pelas taxas de mutação desses seres vivos.

- (a) Esporulação
- (b) Regeneração
- (c) Brotamento
- (d) Bipartição
- (e) Conjugação



**10 Unifesp 2003** A presença de material genético constituído por uma única molécula de DNA permite a rápida reprodução dos indivíduos. O desenvolvimento de formas de resistência garante a sobrevivência desses organismos, mesmo em condições muito adversas.

As características citadas referem-se exclusivamente a:

- (a) bactérias.
- (b) fungos.
- (c) protozoários.
- (d) bactérias e fungos.
- (e) fungos e protozoários.

**11 Enem 2003** Na embalagem de um antibiótico, encontra-se uma bula que, entre outras informações, explica a ação do remédio do seguinte modo:

O medicamento atua por inibição da síntese proteica bacteriana. Essa afirmação permite concluir que o antibiótico:

- (a) impede a fotossíntese realizada pelas bactérias causadoras da doença e, assim, elas não se alimentam e morrem.
- (b) altera as informações genéticas das bactérias causadoras da doença, o que impede manutenção e reprodução desses organismos.
- (c) dissolve as membranas das bactérias responsáveis pela doença, o que dificulta o transporte de nutrientes e provoca a morte delas.
- (d) elimina os vírus causadores da doença, pois não conseguem obter as proteínas que seriam produzidas pelas bactérias que parasitam.
- (e) interrompe a produção de proteína das bactérias causadoras da doença, o que impede sua multiplicação pelo bloqueio de funções vitais.

**12 UFV 2002** Contrariando a sua fama de vilãs, como causadoras de doenças nos seres vivos, muitas bactérias se relacionam com a natureza como agentes importantes nos ciclos biogeoquímicos. No ciclo do nitrogênio, as bactérias nitrificantes convertem:

- (a) amônia em nitrato.
- (b) amônia em aminoácidos.
- (c) nitrogênio atmosférico em amônia.
- (d) nitrato em nitrogênio.
- (e) aminoácidos em amônia.

**13 UFSM 2005** O que faz o alimento estragar?

- I. Ausência de oxigênio no ambiente.
- II. Alto teor de água no alimento.
- III. Presença de microrganismos.

Está(ão) correta(s) a(s) resposta(s):

- (a) I apenas.
- (b) II apenas.
- (c) III apenas.
- (d) I e II apenas.
- (e) II e III apenas.

**14 PUC-Rio 2006** Hoje a classificação dos seres vivos admite 3 domínios: *Archaea*, *Bacteria* e *Eukarya*, que englobam, respectivamente, os seguintes representantes:

- (a) metanogênicos, animais e protozoários.
- (b) protozoários, microrganismos e vegetais.
- (c) cianobactérias, protozoários e vegetais.
- (d) vegetais, fungos e animais.
- (e) hipertermofílicos, pneumococos e fungos.

## TEXTOS COMPLEMENTARES

### Doenças bacterianas

A seguir, é apresentada uma tabela contendo algumas doenças bacterianas.

Doença	Agente causador e patologia	Transmissão
Acne	<i>Propionibacterium acnes</i>	Contato
Antraz ou carbúnculo	<i>Bacillus anthracis</i> Doença aguda caracterizada por ulcerações na pele, hemorragia e perda de líquidos serosos em órgãos e cavidades (como nos pulmões). O indivíduo apresenta febre e prostração. Pode levar à morte.	Contato direto com animais infectados ou com seus produtos (carne, lã), inalação de esporos, ferimentos.
Botulismo	<i>Clostridium botulinum</i> A bactéria produz toxinas que podem lesar nervos e músculos. Ocorre paralisia muscular, afetando movimento dos olhos, abaixamento das pálpebras e incapacidade de respirar. Pode levar à morte.	Alimentos contaminados com esporos; frequentemente alimentos em conserva sem a higiene adequada.
Brucelose	<i>Brucella</i> sp. O indivíduo contaminado apresenta febre, suores, calafrios, dores de cabeça e musculares. Pode levar à morte.	Contato direto com animais infectados; consumo de leite e derivados não pasteurizados.



Cancro mole	<i>Haemophilus ducreyi</i> A bactéria causa uma úlcera geralmente na glândula do pênis ou nos lábios da vagina. Também causa inchaço dos gânglios linfáticos.	Relações sexuais.
Cárie	<i>Streptococcus mutans</i> Causa corrosão das camadas do dente, o que pode causar dores e levar à perda do dente.	Acúmulo de alimentos que contenham carboidratos.
Cistite	<i>Escherichia coli</i> Causa inflamação na bexiga.	Gravidez, obstrução urinária, hábitos de higiene inadequados, relações sexuais.
Clamídia	<i>Chlamydia sp.</i> Grande parte das pessoas infectadas não apresenta sintomas, que são secreções vaginais ou penianas e sensação de ardor ao urinar. Pode levar à infertilidade.	Relações sexuais.
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i> Causa intensa diarreia, dores abdominais, hipotensão e taquicardia. Pode levar à morte.	Água e alimentos contaminados.
Coqueluche ou tosse comprida	<i>Bordetella pertussis</i> Mais comum em crianças abaixo de 4 anos. Afeta o epitélio da garganta e a traqueia, onde ocorre aumento da secreção de muco, que se torna espesso. A má oxigenação é um grande problema, decorrente das obstruções e acessos de tosse.	Fluidos corporais (saliva, secreções nasais).
Disenteria bacilar ou shigelose	<i>Shigella sp.</i> A bactéria afeta o revestimento do intestino e pode produzir edema ou úlcera. Pode haver febre; é comum a diarreia, podendo apresentar muco e sangue (principalmente em crianças). Ocorre perda de peso e há risco de desidratação.	Água e alimentos contaminados, hábitos de higiene inadequados, moscas.
Difteria ou crupe	<i>Corynebacterium diphtheriae</i> A bactéria ataca membranas da boca e da garganta, provocando inflamação. A laringe pode ser afetada, comprometendo a passagem de ar. As bactérias liberam toxinas, que podem causar lesões no cérebro e no coração.	Fluidos corporais (saliva), contato direto.
<b>Doença</b>	<b>Agente causador e patologia</b>	<b>Transmissão</b>
Erisipela	<i>Streptococcus pyogenes</i> Infecção cutânea acompanhada de eritema, edema e dor.	Indeterminado (contato ou ambiente).
Escarlatina	<i>Streptococcus pyogenes</i> Febre, dores de garganta e eritemas espalhados pelo corpo. Ao longo do seu desenvolvimento, causa descamação da língua.	Saliva, tosse e espirros.
Faringite e amigdalite	<i>Streptococcus pyogenes</i> Inflamação na faringe, que causa dor e dificuldade de deglutição. Pode atingir as amígdalas, o que caracteriza a amigdalite.	Inalação de gotículas.
Febre maculosa	<i>Rickettsia rickettsii</i> Febre, náuseas, vômitos, dores de cabeça, dor abdominal, diarreia. Pode levar a complicações nos sistemas respiratório, nervoso central e renal.	Picada do carrapato-estrela.
Febre Q	<i>Coxiella burnetii</i> Febre persistente, dores de cabeça e dores musculares. Em casos avançados, pode causar icterícia e levar à morte devido a complicações hepáticas.	Gado adquire por picada de carrapato. Do gado para seres humanos pelo leite. Entre seres humanos por gotículas.
Febre tifoide	<i>Salmonella typhi</i> Febre, fadiga, agitação durante o sono, manchas na pele, diarreia, vômitos, delírios e septicemia. Pode causar morte por choque séptico ou por hemorragia no intestino.	Água e alimentos contaminados, contato direto, objetos contaminados.

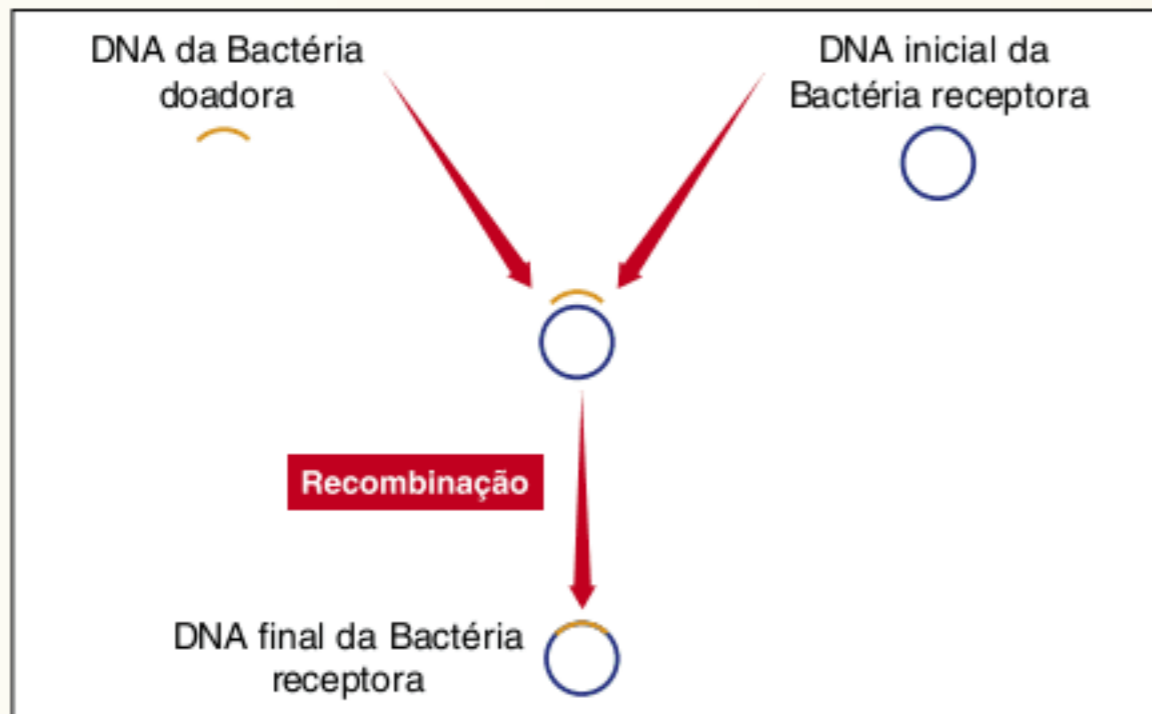


Gonorreia ou blenorragia	<i>Neisseria gonorrhoeae</i> Infecção que geralmente atinge a vagina ou a uretra, com típico corrimento amarelado e denso. Os olhos, a garganta e o ânus podem ser atingidos.	Relações sexuais, transmissão de mãe infectada para filho durante o parto (pode afetar os olhos do filho).
Hanseníase ou lepra	<i>Mycobacterium leprae</i> A doença provoca lesões na pele, afeta olhos, mucosas (nasal) e nervos periféricos, com perda de sensibilidade à dor.	Fluidos corporais (saliva, secreção nasal), via respiratória.
Leptospirose	<i>Leptospira</i> sp. Os sintomas são muito variados, a maioria dos infectados não apresenta quase nenhum sintoma. Apresenta tosse, faringite, dor articular, manchas pelo corpo, náuseas, vômitos, diarreia e casos graves podem apresentar insuficiência renal e hepática, além de hemorragia.	Água, alimentos ou solo contaminados pela urina de animais infectados.
Micoplasmose	<i>Mycoplasma</i> sp. Doenças diversas, causando pneumonia e uretrite.	Gotículas pelo ar ou contato sexual.
Peste negra ou bubônica	<i>Yersinia pestis</i> Doença que afeta os pulmões e causa manchas negras na pele. Dizimou grande parte da população europeia na Idade Média.	Picada de pulga-do-rato, fluidos corporais (saliva, secreções nasais).
Pneumonia	<i>Streptococcus, Staphylococcus, Mycoplasma</i> sp. Febre alta, tosse, dor no tórax, falta de ar, secreção de muco e prostração.	Gotículas pelo ar.
Salmonelose	<i>Salmonella enterica</i> Inflamação da mucosa intestinal, vômitos, náuseas, diarreia e febre. Em casos raros, causa infecção no sangue (septicemia).	Alimentos contaminados, transmissão direta fecal-oral.
Sífilis	<i>Treponema pallidum</i> Apresenta sintomas variados, como úlceras no pênis ou na vagina e erupções cutâneas. Pode causar danos severos ao sistema nervoso central e ao coração e pode levar à morte.	Relações sexuais, transmissão congênita.
<b>Doença</b>	<b>Agente causador e patologia</b>	<b>Transmissão</b>
Tétano	<i>Clostridium tetani</i> Rigidez e espasmos musculares, taquicardia, suor excessivo.	Corte ou queimadura na pele, objetos contaminados.
Tifo epidêmico	<i>Rickettsia prowazekii</i> Inflamação dos vasos sanguíneos, febre alta e manchas na pele.	Fezes de piolho.
Tifo endêmico	<i>Rickettsia typhi</i> Dores de cabeça, calafrios, febre, dores no corpo e articulações, além de manchas vermelhas.	Picada de pulga-do-rato.
Tracoma	<i>Chlamydia trachomatis</i> Corrimento ocular, pálpebras inchadas e inchaço dos nódulos linfáticos.	Fluidos corporais (saliva, lágrimas, secreções nasais), objetos contaminados.
Tuberculose	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> Tosse com catarro, febre, suores noturnos, falta de apetite, emagrecimento e cansaço. Também causa eliminação de sangue pela tosse e acúmulo de pus na pleura pulmonar.	Fluidos corporais (saliva, secreções nasais).
Úlcera	<i>Helicobacter pylori</i> Lesão superficial na parede do estômago. Em casos graves, a lesão pode se aprofundar e causar perfuração estomacal.	Alimentos contaminados; situações estressantes diminuem a resistência e facilitam o desenvolvimento da lesão.



## Reprodução sexuada em bactérias

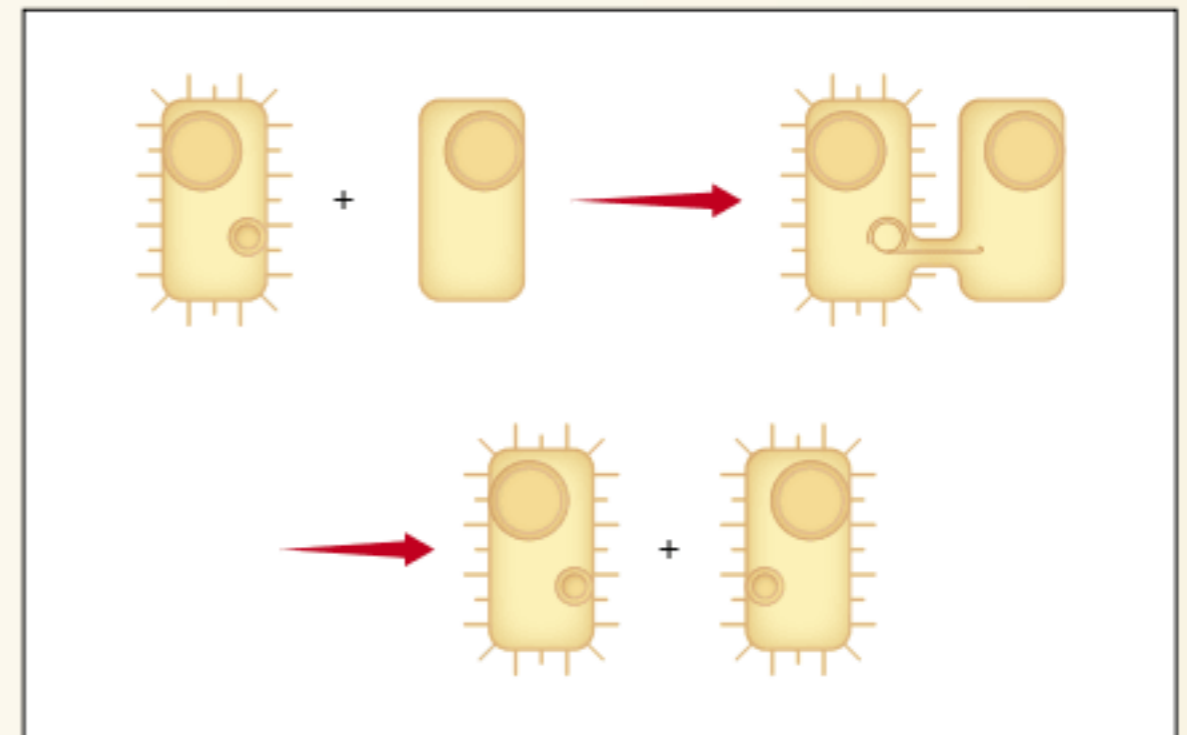
A reprodução sexuada de bactérias envolve a transferência de material genético de uma bactéria (doadora) para outra (receptora). Segmentos de moléculas de DNA transferidos são incorporados ao material genético da bactéria receptora, em um processo de recombinação. Veja o esquema a seguir.



Esquema de transferência de material genético entre bactérias.

Há três modalidades de reprodução sexuada em bactérias: **conjugação**, **transdução** e **transformação**. O que varia é o modo de transmissão do material genético de uma bactéria a outra. Na **conjugação**, duas bactérias compatíveis unem-se por pequenos tubos (*pili*), por meio dos quais a cópia de um plasmídeo (DNA circular não essencial, presente em uma bactéria) é transferida; esse

DNA passa a integrar o material genético da bactéria receptora e de suas descendentes, geradas por bipartição (figura a seguir).



Processo de conjugação entre bactérias.

A **transdução** é efetuada de modo acidental por meio de um bacteriófago. Quando um vírus ataca uma bactéria, ele gera dezenas de novos vírus que contêm DNA viral. Eventualmente, um dos vírus carrega DNA bacteriano e pode infectar outra bactéria, injetando nela um segmento de DNA procedente da bactéria que sofreu lise.

A **transformação** ocorre quando uma bactéria morre e sofre desagregação de seus componentes, podendo liberar segmentos de DNA no ambiente. Outra bactéria pode absorver um fragmento de DNA da bactéria morta e incorporá-lo.

## RESUMINDO

### Parte I: bactérias

#### Ambiente e estrutura

Bactérias são encontradas em vários ambientes: água salgada, água doce, solo, interior de hospedeiros e no ar. Bactérias geralmente são unicelulares; algumas formam colônias. Podem ter as formas cocos, bacilo, espirilo e vibrião.

Uma célula bacteriana típica tem parede celular com peptidoglicano. Micoplasmas são bactérias sem parede celular. A membrana tem invaginações, denominadas mesossomos. Bactérias não têm carioteca; são procariontes. O DNA é circular e não está associado a histonas. Possuem plasmídeos, que são moléculas extras de DNA presentes no citoplasma. A célula bacteriana também tem ribossomos dispersos no citosol.

Muitas bactérias têm flagelo, com estrutura diferente dos flagelos de eucariontes. Bactérias podem ter fímbrias; algumas fímbrias participam da conjugação, um processo de reprodução sexuada.

#### Nutrição

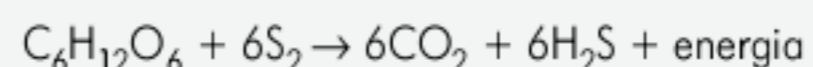
Há duas principais formas de nutrição bacteriana: autotrófica e heterotrófica. As bactérias heterotróficas liberam enzimas digestivas

no ambiente, realizando digestão extracorpórea. Entre as heterotróficas, encontram-se parasitas e decompositoras; bactérias heterotróficas participam de vários tipos de relações interespecíficas, como comensalismo, mutualismo e amensalismo.

Bactérias autotróficas são de dois tipos: quimiossintetizantes e fotossintetizantes. Há diferentes tipos de bactérias fotossintetizantes, como as cianobactérias e as sulfobactérias. As cianobactérias têm dorofila a, mas não apresentam cloroplastos. As sulfobactérias têm bacterioclorofila e não empregam água como reagente, utilizando ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S).

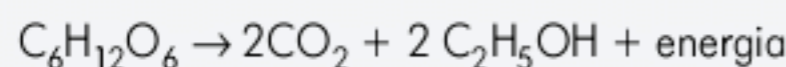
#### Liberação de energia

Bactérias liberam energia através de respiração ou fermentação. A respiração celular é realizada nos mesossomos do citosol (a cadeia respiratória). A respiração celular bacteriana pode ser aeróbia ou anaeróbia. Na respiração celular anaeróbia, nitrato ou enxofre podem ser utilizados como aceptor final de hidrogênios e elétrons.





A fermentação não emprega gás oxigênio, ocorre apenas no citosol e gera um resíduo orgânico, como etanol, ácido láctico, metano, ácido acético, entre outros. A equação da fermentação alcoólica é assim indicada:



A energia liberada na respiração e na fermentação é armazenada temporariamente na forma de ATP e uma parte é perdida na forma de calor. A fermentação libera menos energia do que a respiração.

### Reprodução

Bactérias geralmente reproduzem-se por um processo assexuado, conhecido como bipartição, divisão binária ou cissiparidade; no qual são produzidas duas bactérias geneticamente idênticas entre si e à bactéria genitora. Nesse processo de reprodução, só haveria variabilidade genética se ocorressem mutações.

Em algumas bactérias, como os clostrídios (podem causar tétano ou botulismo) são formados esporos, permitindo a sobrevivência em condições ambientais adversas.

### Importância das bactérias

Importância industrial: bactérias são utilizadas para a produção de antibióticos e na fermentação (produção de álcool etílico, metano, ácido láctico e ácido acético). O ácido láctico de origem

bacteriana é muito útil na transformação do leite em queijo, iogurte ou coalhada. Técnicas de engenharia genética empregam bactérias para vários usos, como na produção de peptídeos (proteínas) úteis, como insulina e hormônio de crescimento.

Importância ecológica: há bactérias que realizam decomposição; muitas bactérias atuam como produtores; um exemplo é o de cianobactérias, presentes no fitoplâncton ou componentes de líquens. Muitas bactérias têm participação no ciclo do nitrogênio (fixação biológica, nitrificação e desnitrificação).

Doenças: bactérias podem causar inúmeras doenças em seres humanos. Micoplasmas (não possuem parede celular), clamídias e rickettsias são bactérias que se comportam como parasitas intracelulares. As doenças bacterianas podem ser transmitidas por: gotículas eliminadas, água ou alimentos contaminados por fezes, contato sexual (DST), picada de animais ou fermentos.

### Parte II: arqueas

São organismos unicelulares e procariontes; atualmente constituem o Domínio *Archaea*. Diferem das bactérias principalmente pelo fato de sua parede não ser constituída por peptidoglicano. Apesar de procariontes, as arqueas têm maior semelhança genética com os organismos do Domínio *Eukarya* (os eucariontes) do que com as bactérias (Domínio *Bacteria*). As arqueas são classificadas em três grandes grupos: Halófilas, Metanogênicas e Termoacidófilas.

## ■ QUER SABER MAIS?



### SITES

- Informações sobre arqueas  
<[www.ucmp.berkeley.edu/archaea/archaea.html](http://www.ucmp.berkeley.edu/archaea/archaea.html)>.
- Neste endereço, é possível saber mais sobre as bactérias  
<[www.ucmp.berkeley.edu/bacteria/bacteria.html](http://www.ucmp.berkeley.edu/bacteria/bacteria.html)>.
- Informações sobre tuberculose e outras infecções bacterianas  
<[www.manualmerck.net/?id=207](http://www.manualmerck.net/?id=207)>.
- Informações sobre vacinação  
<[http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=29489](http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar_texto.cfm?idtxt=29489)>.

## Exercícios complementares

**1 PUC-MG 2003** Pasteur foi o primeiro pesquisador a intuir que era possível ocorrer vida na presença ou ausência de oxigênio. Certa vez, colocou uma gota de leite sobre a lâmina de vidro, cobrindo-a com uma lamínula, e observou ao microscópio. Percebeu que a gota fervilhava de bactérias que se concentravam no meio da lâmina e não nas bordas da lamínula. Interprete esses resultados e leia, com atenção, as deduções a seguir.

- As bactérias dessas duas regiões poderiam apresentar diferentes processos metabólicos.
- Na região central da lâmina, as bactérias poderiam estar crescendo na ausência de oxigênio.
- Nas bordas da lamínula, as bactérias poderiam estar utilizando mais facilmente o oxigênio disponível.

São deduções corretas:

- apenas I e II.
- apenas II e III.
- apenas I e III.
- I, II e III.

**2 Fuvest 2007** Um biólogo está analisando a reprodução de uma população de bactérias, que se iniciou com 100 indivíduos. Admite-se que a taxa de mortalidade das bactérias é nula. Os resultados obtidos, na primeira hora, são:

Tempo decorrido (minutos)	Número de bactérias
0	100
20	200
40	400
60	800



Supondo-se que as condições de reprodução continuem válidas nas horas que se seguem, após 4 horas do início do experimento, a população de bactérias será de:

- (a) 51.200
- (b) 102.400
- (c) 409.600
- (d) 819.200
- (e) 1.638.400

**3 UFC 2002** Em relação às bactérias, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

- As bactérias têm sido usadas pela engenharia genética na síntese de peptídios humanos, como a insulina e o hormônio de crescimento.
- As bactérias causam muitas doenças sexualmente transmitidas, como o herpes simples, a meningite e a sífilis.
- Em geral, as bactérias trazem mais benefícios do que prejuízos para os seres humanos e para a biosfera.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta.

- (a) F, V, F
- (b) V, F, V
- (c) F, F, V
- (d) F, V, V
- (e) V, V, V

**4 UFSC 2009** Pegue todas as espécies de mamíferos, aves, répteis, anfíbios, peixes e insetos conhecidos da Amazônia. Agora, triture tudo e tente encaixar o que sobrou dentro de um pacotinho de açúcar. Só assim, talvez, seja possível ter uma ideia – ainda que muito distante – da biodiversidade de microrganismos que podem ser encontrados em um único grama de solo: um milhão de espécies de bactérias, segundo um estudo publicado na revista *Science*.

Com relação às bactérias, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 As bactérias encontradas em grandes quantidades no solo são responsáveis por todas as doenças microbianas em humanos.
- 02 O ciclo do nitrogênio depende de alguns desses seres microscópicos.
- 04 A ciclagem de nutrientes e da energia nos ecossistemas está diretamente relacionada ao metabolismo bacteriano.
- 08 A diversidade bacteriana é decorrente de sucessivas mutações e da passagem de material genético entre bactérias geneticamente diferentes.
- 16 As bactérias, juntamente com as algas verdes microscópicas, compreendem o Reino Monera.

Soma =

**5 UFPE 2001** Com relação a bactérias, é incorreto afirmar que:

- (a) algumas bactérias formam um envoltório protetor (cápsula ou capa).
- (b) existem bactérias que contribuem para a reciclagem de matéria orgânica em nosso planeta.
- (c) existem arqueobactérias halófilas e arqueobactérias termocidófilas.

- (d) há bactérias capazes de degradar componentes orgânicos do petróleo, tóxicos para a maioria dos seres vivos.
- (e) quando colocada em ambiente de salinidade alta, a parede bacteriana das eubactérias evita que elas se desidratem devido à osmose.

**6 PUC-SP** Leia com atenção.

*Nos fins de maio e nos meados de junho, a população da Inglaterra e dos Estados Unidos foi abalada pelo que se apresentava como ominosa notícia: um pequeno surto de doença provocada por estreptococo invasor do grupo A. Embora o alastramento do mal não parecesse calamitoso, a rapidez de sua evolução e a letalidade de alguns casos contribuíam para que a imprensa sensacionalista divulgasse tratar-se dos primórdios de gravíssima pandemia. Isso foi contestado pelos médicos, que informaram tratar-se de doença já conhecida e curável se atacada em tempo. Os estreptococos são micróbios que parecem microscópicas bolinhas (cocos), que se apresentam em pares ou em cadeias mais ou menos longas. Muito difundido na natureza, ocorrem como formas saprófitas, que se desenvolvem livremente na matéria orgânica e como formas patogênicas, que causam muitas doenças no homem e nos animais. [...].*

Folha de S.Paulo, 7 ago. 1994.

O micróbio referido no texto é:

- (a) um vírus.
- (b) um protozoário.
- (c) um fungo.
- (d) uma bactéria.
- (e) uma larva.

**7 UnitaU** Indique a alternativa que apresenta doenças causadas por bactérias:

- (a) gripe, herpes, raiva, poliomielite, sarampo.
- (b) tétano, gripe, lepra, poliomielite, tuberculose.
- (c) tuberculose, tétano, difteria, febre tifoide, raiva.
- (d) febre tifoide, catapora, tétano, poliomielite, difteria.
- (e) lepra, tuberculose, tétano, febre tifoide, difteria.

**8 Unicamp** Um dos animais sinantrópicos mais importantes na área de Saúde Pública é o rato. Quando ocorrem enchentes, podem aparecer surtos de leptospirose humana. Qual é a relação entre as enchentes e os surtos de leptospirose?

**9 Unesp** Com relação às cáries dentárias, pode-se dizer que:

- (a) todas as cáries produzem, inicialmente, sensações dolorosas que tendem a desaparecer à medida que a destruição atinge a dentina.
- (b) uma vez instaladas, é aconselhável o uso do fio dental no seu tratamento.
- (c) é o resultado de interação entre dente, bactérias patogênicas e dieta alimentar.
- (d) sua evolução não afeta outras partes do organismo.
- (e) as cáries que se instalam em dentes da primeira dentição não necessitam ser tratadas, uma vez que esses dentes serão substituídos pelos dentes da dentição permanente.



**10 Unesp** As doenças sífilis e cólera são causadas por bactérias, mas apresentam diferentes formas de contágio. Quais são essas formas?

**11 Fuvest** Cólera e meningite epidêmica são doenças relativamente comuns no Brasil. Elas são transmitidas, respectivamente, por:

- (a) bactérias, através da contaminação fecal de água e alimentos, e vírus, através da inalação de ar contaminado.
- (b) bactérias, através da inalação de ar contaminado, e bactérias, através da contaminação fecal de água e alimentos.
- (c) vírus, através da contaminação fecal de água e alimentos, e vírus, através da inalação de ar contaminado.
- (d) bactérias, através da contaminação fecal de água e alimentos, e vírus, através da contaminação fecal de água e alimentos.
- (e) bactérias, através da contaminação fecal de água e alimentos, e bactérias, através da inalação de ar contaminado.

**12 FEI** Entre as doenças citadas a seguir, assinale aquela que não é causada por vírus.

- (a) Gripe
- (b) Caxumba
- (c) AIDS (Sida)
- (d) Varíola
- (e) Botulismo

**13** São medidas preventivas para se evitar doenças bacterianas como a meningite, a difteria, o tétano e a coqueluche:

- (a) saneamento básico, usar instalações sanitárias, lavar bem os alimentos ingeridos crus e só beber água tratada.
- (b) usar telas nas janelas, evitar água doce parada em vasos, pneus ou outros recipientes que possam ser depósitos de ovos de agentes transmissores.
- (c) utilizar seringas descartáveis e usar preservativos durante as relações sexuais.
- (d) isolamento dos doentes e tratamento com soros.
- (e) vacinação.

**14 Puccamp** Sobre a sífilis e a gonorreia fizeram-se as seguintes afirmações.

- I. São causadas por vírus.
- II. Transmitem-se através do contato sexual.
- III. São assintomáticas, desde o início, tanto no homem quanto na mulher.
- IV. Gestantes infectadas podem transmiti-las aos filhos.
- V. Afetam apenas os órgãos genitais.
- VI. Não têm cura.

São verdadeiras as afirmações:

- (a) I e III.
- (b) I, II e V.
- (c) II e IV.
- (d) II, III e V.
- (e) III, IV, V e VI.

**15 FGV** Nos países em desenvolvimento, devido às precárias condições de saneamento e à má qualidade das águas para consumo humano, as doenças de veiculação hídrica têm sido responsáveis por vários surtos epidêmicos e pelas elevadas

taxas de mortalidade infantil por infecções intestinais. Segundo a Organização Mundial da Saúde, órgão da Organização das Nações Unidas – ONU – ocorreram, na América Latina e no Caribe, seis milhões de mortes por infecções intestinais no período de 1965 a 1990.

Indique a alternativa que apresenta maior número de doenças diarreicas veiculadas por água contaminada.

- (a) Febre tifoide, shigelose, cólera e giardíase.
- (b) Sarampo, tuberculose, cólera e giardíase.
- (c) Sarampo, filariose, pneumonia e salmonelose.
- (d) Meningite, hepatite B, malária e caxumba.
- (e) Febre tifoide, amebíase, hepatite B e meningite.

**16 Mackenzie** Recentemente, surgiram casos de botulismo, devido à ingestão de palmito contaminado. Essa doença ocorre por ação de:

- (a) bactérias.
- (b) fungos.
- (c) vírus.
- (d) protozoários.
- (e) vermes.

**17 UFRGS** No Rio Grande do Sul, durante este último inverno, foi observado um grande número de casos de meningite meningocócica.

Considere as seguintes características dessa doença.

- I. É provocada por uma bactéria.
- II. Tem como sintomas febre e inflamação no fígado.
- III. Pode ser transmitida através de espirros e saliva.

Quais características estão corretas?

- (a) Apenas I.
- (b) Apenas II.
- (c) Apenas III.
- (d) Apenas I e II.
- (e) Apenas I e III.

**18 Fuvest** Os antibióticos atuam contra os agentes causadores das seguintes doenças:

- (a) tuberculose, coqueluche e hepatite.
- (b) tuberculose, sífilis e gripe.
- (c) tétano, sífilis e gripe.
- (d) tuberculose, coqueluche e sífilis.
- (e) coqueluche, sífilis e sarampo.

**19 UFMG** Dona Margarida observou que uma lata de sardinha estava estufada e resolveu não consumir o seu conteúdo. Assinale a alternativa que apresenta uma justificativa incorreta para a atitude de dona Margarida.

- (a) O alimento pode conter toxinas produzidas por microrganismos.
- (b) O alimento pode estar em processo de decomposição.
- (c) Os gases responsáveis pelo estufamento da lata são tóxicos.
- (d) Pode ter ocorrido falta de higiene durante o processo de embalagem.

**20 UFF** Bactérias são encontradas nos mais diferentes meios. Muitas delas causam infecções com graves lesões nos organismos animais (patogênicas) e se constituem em sério problema para o homem. Dentre essas infecções, por sua gravidade e



elevada frequência, sobretudo em populações de baixa renda, destaca-se o tétano, também conhecido, no caso neonatal, como “mal de sete dias”.

Com referência ao tétano, informe:

- a) agente etiológico e tipo bacteriano envolvido.
- b) forma de transmissão.
- c) principal sintoma.
- d) recursos disponíveis de imunização ativa e passiva, caracterizando-os.

**21 UFMG** De acordo com a Unicef, mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo não têm acesso à água tratada e fluoreta, procedimentos reconhecidamente eficazes na redução da incidência de muitas doenças. Todas as alternativas apresentam exemplo dessas doenças, exceto:

- (a) febre tifoide.
- (b) diarreia.
- (c) tuberculose.
- (d) cárie dentária.

**22 Fuvest** A tabela seguinte apresenta algumas doenças, seus sintomas, formas de transmissão e agentes transmissores.

Doenças	Sintoma	Transmissão por	Agente transmissor
Tétano	Febre e rigidez muscular	I	II
III	Febre alta, tosse e manchas vermelhas na pele	Contato com indivíduos portadores da enfermidade	IV
Cólera	V	Ingestão de água ou alimentos contaminados	Bactéria

A tabela estará corretamente preenchida quando os espaços I, II, III, IV e V forem substituídos por:

- (a) I – Feridas produzidas por objetos sujos de terra ou de esterco; II – Bactéria; III – Sarampo; IV – Vírus; V – Diarreia e vômitos.
- (b) I – Feridas produzidas por objetos sujos de terra ou de esterco; II – Vírus; III – Sarampo; IV – Vírus; V – Febre alta e dores de cabeça.
- (c) I – Penetração ativa através da pele e mucosas; II – Protozoário; III – Meningite; IV – Vírus; V – Diarreia e vômitos.
- (d) I – Ingestão de água ou alimentos contaminados; II – Bactéria; III – Meningite; IV – Bactéria; V – Febre alta e dores de cabeça.
- (e) I – Ingestão de água ou alimentos contaminados; II – Bactéria; III – Malária; IV – Bactéria; V – Alterações do sistema nervoso.

**23 Mackenzie** Assinale a alternativa que apresenta doenças humanas causadas unicamente por bactérias.

- (a) botulismo, tétano, caxumba e catapora
- (b) tuberculose, coqueluche, botulismo e pneumonia
- (c) malária, rubéola, sarampo e hepatite
- (d) rubéola, varíola, caxumba e febre amarela
- (e) tétano, poliomielite, gonorreia e coqueluche

**24 Enem**

**Casos de leptospirose crescem na região**

M.P.S. tem 12 anos e está desde janeiro em tratamento de leptospirose. Ela perdeu a tranquilidade e encontrou nos ratos [...] os vilões de sua infância. “Se eu não os matar, eles me matam”, diz. Seu medo reflete um dos maiores problemas do bairro: a falta de saneamento básico e o acúmulo de lixo...

O Estado de S. Paulo, 31 jul. 1997.

**Oito suspeitos de leptospirose**

A cidade ficou sob as águas na madrugada de anteontem e, além de 120 desabrigados, as inundações estão fazendo outro tipo de vítimas: já há oito suspeitas de casos de leptospirose [...] transmitida pela urina de ratos contaminados.

Folha de S.Paulo, 12 fev. 1999.

As notícias dos jornais sobre casos de leptospirose estão associadas aos fatos:

- I. Quando ocorre uma enchente, as águas espalham, além do lixo acumulado, todos os desejos dos animais que ali vivem.
- II. O acúmulo de lixo cria ambiente propício para a proliferação dos ratos.
- III. O lixo acumulado nos terrenos baldios e nas margens de rios entope os bueiros e compromete o escoamento das águas em dias de chuva.
- IV. As pessoas que vivem na região assolada pela enchente, entrando em contato com a água contaminada, têm grande chance de contrair a leptospirose.

A sequência de fatos que relaciona corretamente a leptospirose, o lixo, as enchentes e os roedores, é:

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

**25 Puccamp** Entre as doenças sexualmente transmissíveis, são causadas por bactérias:

- (a) a sífilis, a gonorreia e a pediculose pubiana.
- (b) o cancro mole, a tricomoníase e a gonorreia.
- (c) o condiloma acuminado, a sífilis e a Aids.
- (d) a sífilis, o cancro mole e a gonorreia.
- (e) a pediculose pubiana, a tricomoníase e a Aids.

**26 Unicamp** Estima-se que um quarto da população europeia dos meados do século XIX tenha morrido de tuberculose. A progressiva melhoria da qualidade de vida, a descoberta de drogas eficazes contra a tuberculose e o desenvolvimento da vacina BCG fizeram com que a incidência da doença diminuísse na maioria dos países. Entretanto, estatísticas recentes têm mostrado o aumento assustador do número de casos de tuberculose no mundo, devido à diminuição da eficiência das drogas usadas e à piora das condições sanitárias em muitos países.

- a) Qual é o principal agente causador da tuberculose humana?
- b) Como essa doença é comumente transmitida?
- c) Explique por que a eficiência das drogas usadas contra a tuberculose está diminuindo.



**27 UEPG** Sobre o botulismo, assinale o que for correto.

- 01 A intoxicação é devida à toxina presente no alimento consumido.
- 02 Seu agente é o bacilo *Clostridium botulinum*.
- 04 Causa danos ao sistema nervoso e pode levar à morte.
- 08 Seu agente vive no solo e pode contaminar alimentos manuseados e industrializados em condições precárias de higiene.
- 16 É provocado pela ingestão de uma bactéria que encontra no organismo humano condições ideais para seu desenvolvimento.

Soma =

**28 UFPR** A peste bubônica é causada por *Yersinia pestis*, um bacilo pequeno, gram-positivo e que, no século XIV, dizimou aproximadamente 25% da população europeia em uma epidemia que influenciou o curso da história.

O reservatório animal são roedores silvestres, como marmotas e esquilos e roedores urbanos, como os ratos. São as pulgas de ratos contaminados que, pelas picadas, transmitem a bactéria para outros ratos e para os homens, ocasionando nestes últimos a peste bubônica. Com a multiplicação extensa das bactérias no pulmão humano, o que resulta em broncopneumonia e em um grande número de bactérias no escarro, a infecção pode se espalhar de pessoa para pessoa através das gotículas das secreções aéreas. Trata-se aí da peste bubônica pneumônica.

Com base nessas informações, é correto afirmar:

- 01 *Yersinia pestis* é um bacilo que utiliza a pulga de roedores urbanos como reservatório.
- 02 A pulga-do-rato é o vetor da peste bubônica.
- 04 A peste bubônica em todas as suas formas é transmitida de pessoa para pessoa.
- 08 A peste pneumônica tem transmissão interpessoal.
- 16 Roedores silvestres e urbanos podem ser portadores de *Yersinia pestis*.

Soma =

**29** No Rio Grande do Sul, o índice de toxoplasmose na população é alarmante, destacando-se as lesões oftálmicas e as malformações fetais causadas por essa doença. Além da contaminação através de animais domésticos, principalmente do gato, o homem pode adquirir a doença por meio da ingestão de linguças e carnes malcozidas que estejam contaminadas.

Já a leptospirose é uma zoonose causada por roedores, podendo o homem ser infectado ao entrar em contato com a urina dos ratos.

Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, os agentes causadores da toxoplasmose e da leptospirose.

- (a) protozoário – vírus
- (b) inseto – verme
- (c) protozoário – bactéria
- (d) verme – protozoário
- (e) bactéria – vírus

**30 UFSM** Qual das alternativas a seguir contém doenças causadas, exclusivamente, por bactérias?

- (a) Gripe e bócio.
- (b) Disenteria amebiana e giardíase.
- (c) Cólera e leptospirose.
- (d) Dengue e malária.
- (e) Aids e tuberculose.

**31 UFRJ**

#### Surto de cólera atinge centenas de pessoas na cidade paranaense de Paranaguá

Num período de apenas 12 dias, entre 26 de março e 7 de abril, mais de 290 habitantes da cidade de Paranaguá, no estado do Paraná, foram parar em hospitais com forte diarreia e uma perigosa desidratação. O cólera voltou a atacar – e com força.

Época, 12 abr. 1999, p. 68. (Adapt.).

- a) Identifique o reino a que pertence o agente etiológico do cólera.
- b) Cite duas formas de prevenção contra essa doença.

**32 Ufal** Considere as seguintes doenças.

- I. Doença de Chagas
- II. Úlcera de Bauru
- III. Febre amarela
- IV. Febre tifoide
- V. Tuberculose
- VI. Sífilis 4

São causadas por bactérias somente:

- (a) I, II e III.
- (b) I, IV e V.
- (c) II, IV e VI.
- (d) III, V e VI.
- (e) IV, V e VI.

**33 PUC-MG** O botulismo é uma intoxicação resultante da ingestão de alimentos que contenham uma toxina produzida durante o crescimento das bactéria esporulada *Clostridium botulinum*. Os esporos resistem ao aquecimento a 100 °C por 3-5 horas, mas a toxina, que é uma proteína, é destruída em apenas 20 minutos nas mesmas condições.

A toxina botulínica é um dos venenos mais letais conhecidos pelo homem, sendo que 1-2 microgramas são suficientes para provocar a morte. Ela age nas sinapses dos nervos motores e nas junções neuromusculares (placa motora), impedindo a liberação de acetilcolina.

Os sintomas aparecem 18-24 horas após a ingestão do alimento tóxico, na forma de visão dupla, dificuldades na deglutição e na fala, e progridem até levar o indivíduo à morte por asfixia. Atualmente, essa toxina, em concentrações extremamente baixas, vem sendo comercializada com o nome de Botox, e usada em terapias para a eliminação de rugas e outras marcas de expressão facial.



Com base no texto e em seus conhecimentos sobre o assunto, assinale a alternativa errada.

- (a) O aquecimento do alimento a 100 °C por tempo superior a 20 minutos, imediatamente antes do seu consumo, elimina o perigo de intoxicação pela toxina botulínica.
- (b) O uso de antibiótico eficiente contra o *Clostridium botulinum* em pacientes que tenham ingerido alimentos contaminados com esse microrganismo é estratégia eficiente para evitar o botulismo em adultos.
- (c) A asfíxia, referida no texto, ocorre por paralisia dos músculos responsáveis pela expansão da caixa torácica.
- (d) Os esporos bacterianos são formas de resistência que, se não destruídos, podem germinar após o aquecimento.
- (e) O uso de antitoxina botulínica e a manutenção de ventilação pulmonar por respirador mecânico podem fazer parte do tratamento para salvar indivíduos intoxicados.

**34 UFSM** As doenças bacterianas são um grave problema de saúde pública, especialmente nas áreas urbanas onde ocorre ocupação desordenada.

O acúmulo de lixo, o armazenamento inadequado de grãos em armazéns ou silos, os restos de alimentos perecíveis sem acondicionamento adequado e o esgoto a céu aberto são fatores que favorecem o aparecimento de:

- (a) sífilis.
- (b) difteria.
- (c) toxoplasmose.
- (d) leptospirose.
- (e) malária.

**35 Unesp** A cidade de São Paulo, atravessada por dois grandes rios, Tietê e Pinheiros, e seus inúmeros afluentes, é frequentemente assolada por grandes enchentes nos períodos chuvosos. Após as enchentes, seguem-se casos de leptospirose. Um político, em sua campanha, propõe acabar com a doença, adotando as cinco medidas seguintes.

- I. Exterminar o maior número possível de ratos.
- II. Aplicar semanalmente inseticidas nas margens dos rios.
- III. Multar as famílias que acumulam água nos fundos dos quintais.
- IV. Evitar o acúmulo de lixo próximo a residências e margens dos rios.
- V. Desenvolver campanha para estimular o uso de calçados, principalmente em dias de chuva.

As medidas que, de fato, podem contribuir para acabar com a leptospirose são:

- (a) I e II.
- (b) II e III.
- (c) I e IV.
- (d) III e V.
- (e) IV e V.

**36 Unesp** Na música “Vila do sossego”, composta e gravada por Zé Ramalho, encontramos os versos:

*Meu treponema não é pálido, nem viscoso. Os meus gametas se agrupam no meu som.*

Os versos aparentemente fazem referência a um microrganismo causador de uma doença sexualmente transmissível.

- a) A qual grupo (vírus, bactéria ou protozoário) e espécie pertence esse microrganismo? Qual a doença que causa?
- b) Se essa é uma doença sexualmente transmissível, como explicar o fato de algumas crianças, filhas de mães não tratadas, nascerem com lesões no sistema nervoso central?

**37 PUC-MG** Bactérias são agentes etiológicos de muitas doenças que podem afetar as pessoas de diversas maneiras. Normalmente, essas doenças podem ser transmitidas na ingestão de alimentos, de água contaminada por diversos bacilos, ou mesmo, havendo negligência, ao escovar os dentes, entre outras possibilidades. Em relação aos fatos citados anteriormente, podemos apresentar sintomas de, exceto:

- (a) cárie.
- (b) cólera.
- (c) botulismo.
- (d) gastroenterite.

**38 Unesp** Ao longo da história humana, uma das principais doenças sexualmente transmissíveis (DST) tem sido a sífilis. Atualmente, milhares de novos casos/ano são registrados em muitos países. Sobre as DST, foram apresentadas as afirmações seguintes.

- I. A sífilis é uma doença causada por uma bactéria.
- II. Uma mãe portadora de sífilis pode transmitir a doença ao feto durante a gravidez.
- III. Além da sífilis e da Aids, gonorreia e úlcera de Bauru (ou leishmaniose) são DST que também ocorrem no Brasil.

Estão corretas as afirmações:

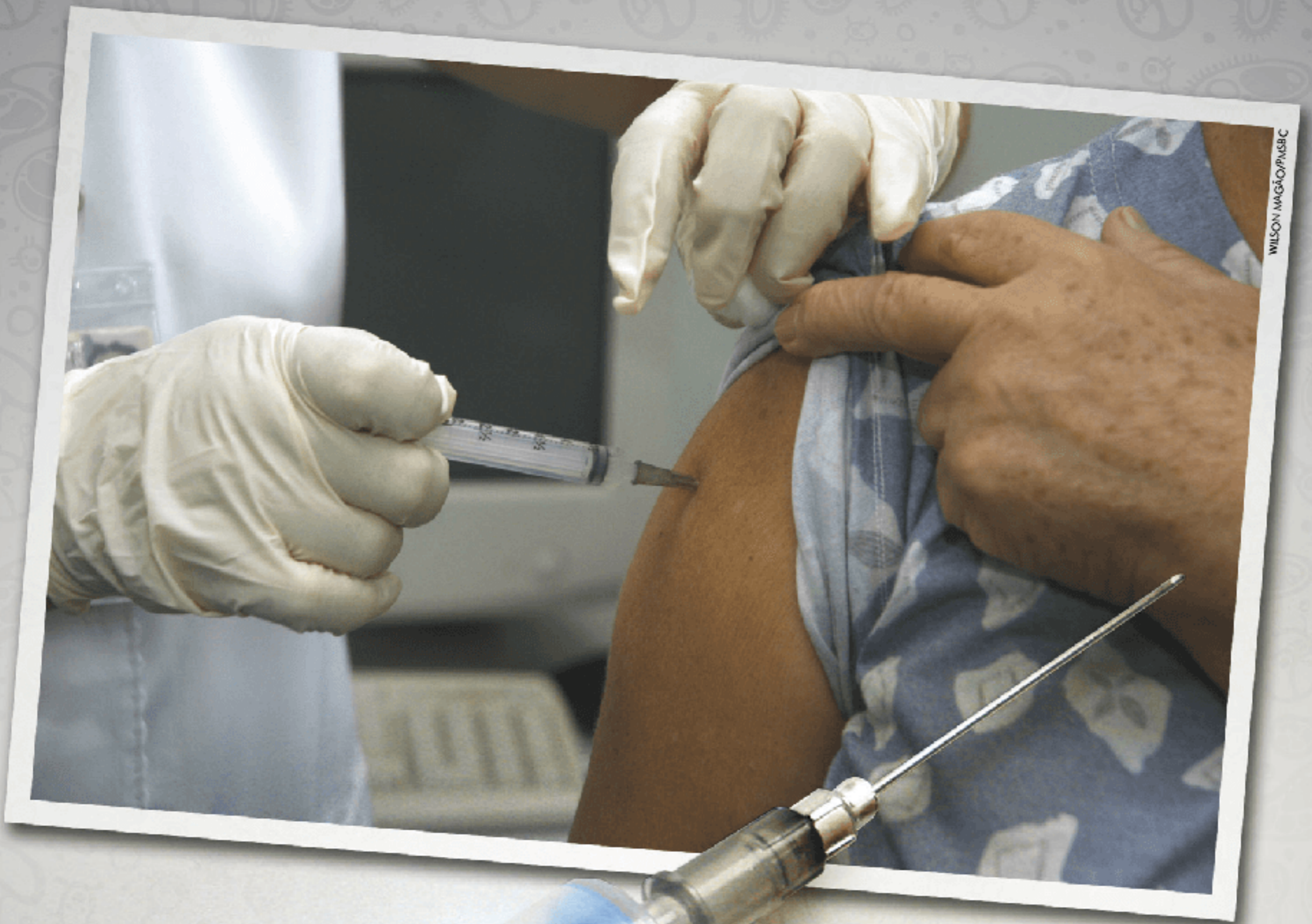
- (a) I, apenas.
- (b) II, apenas.
- (c) I e II, apenas.
- (d) I e III, apenas.
- (e) I, II e III.



# 8

FRENTE 2

## Vírus



WILSON MAGALHÃES/ABC

DAN LEVY/FLORIANOPOLIS

Os vírus provocaram grandes epidemias, matando milhões de pessoas ao longo da história. Atualmente, contamos com um conhecimento maior sobre os vírus e com mais recursos para evitar as doenças que eles causam.



## Características gerais dos vírus

Uma característica marcante dos vírus é que eles são **acelulares**, ou seja, não constituem uma célula. Sua organização é bem mais simples do que qualquer célula existente, pois não possuem citosol, membrana plasmática ou organelas (como ribossomos, mitocôndrias, retículo endoplasmático etc.).

Vírus são **parasitas intracelulares** especificamente; comportam-se como parasitas de bactérias (**fagos** ou **bacteriófagos**), de animais ou de vegetais. Há ainda vírus que parasitam fungos, algas ou arqueas.

Os vírus não apresentam metabolismo próprio e não realizam funções vitais como nutrição, respiração e excreção. No entanto, compartilham algumas características dos outros organismos, como capacidade de reprodução (que ocorre no interior de células) e ocorrência de mutações. Devido a isso, alguns autores consideram que os vírus são seres vivos muito simples, enquanto outros não os consideram seres vivos, pois não possuem célula nem apresentam metabolismo próprio.

Vírus não podem ser cultivados em meios de cultura que contêm apenas nutrientes. Seu cultivo só é possível em meios de cultura contendo células, pois são parasitas intracelulares obrigatórios. Muitos vírus são cultivados em células de embrião de galinha.

Os vírus podem causar a ruptura das células que parasitam. Há vírus que induzem as células hospedeiras a se dividir; em alguns casos, isso pode estar associado ao câncer. O HPV (vírus do papiloma humano) apresenta transmissão sexual (DST) e provoca uma lesão conhecida popularmente como crista de galo (condiloma), que afeta o pênis e o colo do útero. O HPV tem sido relacionado com casos de câncer de colo do útero.

## Estrutura dos vírus

**Vírião** é uma unidade viral completa; é o aspecto que o vírus apresenta quando, por exemplo, encontra-se fora da célula que ele parasita. Tem material genético constituído por DNA ou RNA; raramente um vírus possui os dois tipos de ácido nucleico. Quanto ao ácido nucleico, um vírus pode ser classificado como **retrovírus**, que é um vírus que contém a proteína **transcriptase reversa**, uma molécula que sintetiza DNA a partir do RNA viral na célula hospedeira.

Em muitos tipos de vírus, o ácido nucleico é envolvido pelo **capsídeo proteico**. O conjunto constituído por capsídeo e material genético é denominado **nucleocapsídeo**. Em vários tipos de bacteriófagos, distinguem-se três partes: cabeça, cauda e fibras de cauda. A **cabeça** é a região mais volumosa e contém o material genético. A **cauda** é cilíndrica e alongada; em sua extremidade encontram-se as **fibras da cauda**, que contribuem para a ligação do bacteriófago à parede da bactéria que o vírus vai parasitar (Fig. 1).

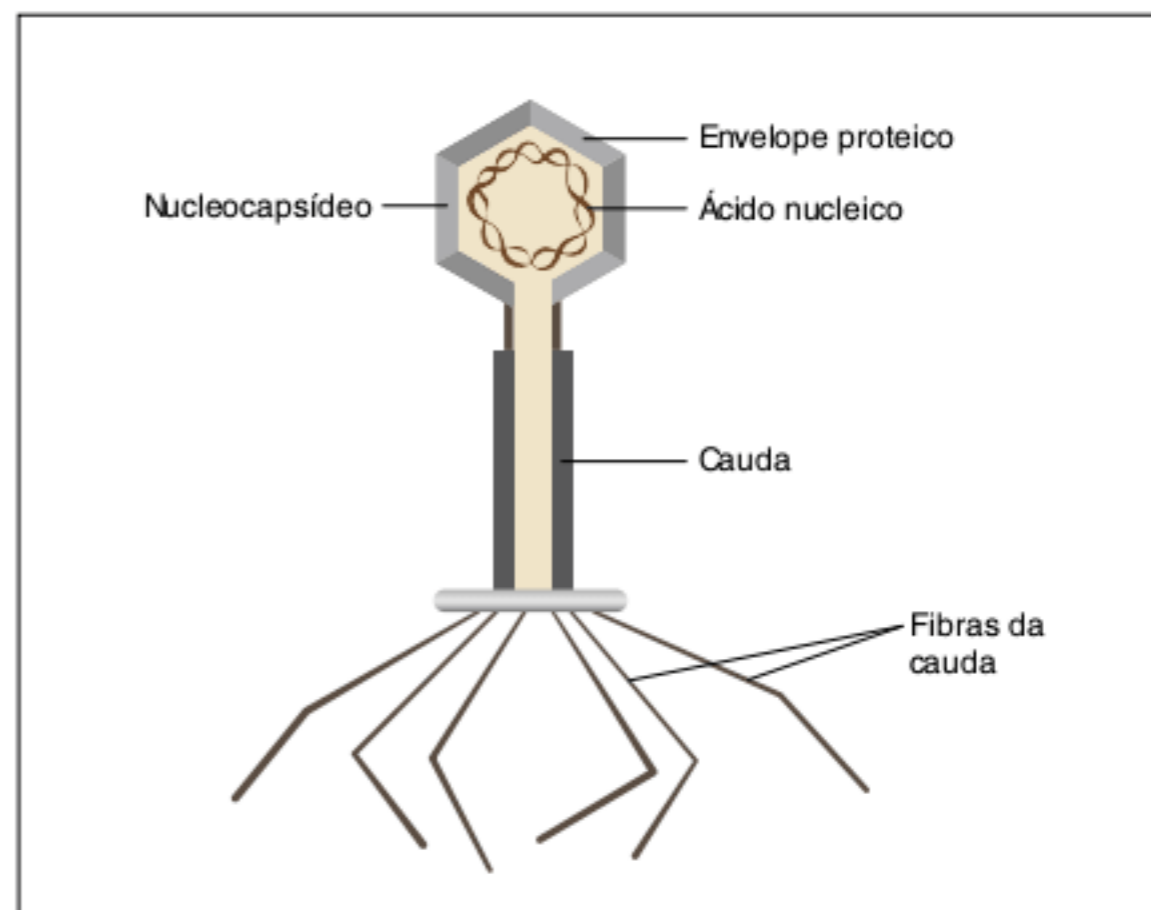


Fig. 1 Estrutura de um tipo de bacteriófago.

Alguns vírus, como os que causam herpes, apresentam ainda um envoltório denominado **envelope lipídico**. O vírus *Herpes simplex* causa pequenas lesões na região dos lábios e de órgãos genitais, podendo ter transmissão sexual (DST). O envelope viral é obtido na célula onde o vírus foi gerado; em sua superfície há glicoproteínas (associação entre proteínas e carboidratos) que facilitam a interação com uma célula que o vírus vai parasitar.

Podemos identificar duas categorias de vírus: envelopados e não envelopados. Muitos vírus parasitas de animais são **envelopados**, como o da herpes, o HIV (da AIDS) e o da influenza (gripe). Os **não envelopados** são, geralmente, vírus que parasitam plantas e bactérias (bacteriófagos). Alguns vírus de animais são dessa categoria, como o causador de poliomielite (paralisia infantil) e o HPV (Tab. 1).

Vírus envelopados (envelope membranoso + capsídeo proteico + ácido nucleico)	Vírus não envelopados (capsídeo proteico + ácido nucleico)
Em sua maioria, são vírus de animais. • Vírus da herpes • HIV • Influenza	Vírus que infectam diferentes tipos de organismos. • Vírus de plantas • Bacteriófagos • HPV • Vírus da poliomielite

Tab. 1 Características e exemplos de vírus envelopados e não envelopados.

## Penetração de vírus na célula hospedeira

A entrada de vírus na célula hospedeira pode ocorrer de três modos principais:

- injeção de ácido nucleico: apenas o ácido nucleico penetra na célula hospedeira; a carapaça fica do lado de fora da célula. Ex: bacteriófagos.
- fusão: o envelope viral funde-se com a membrana plasmática e ocorre a liberação do material genético. Ex.: HIV.
- endocitose: a célula engloba o vírus; o material genético é liberado. Ex: influenza (Fig. 2).



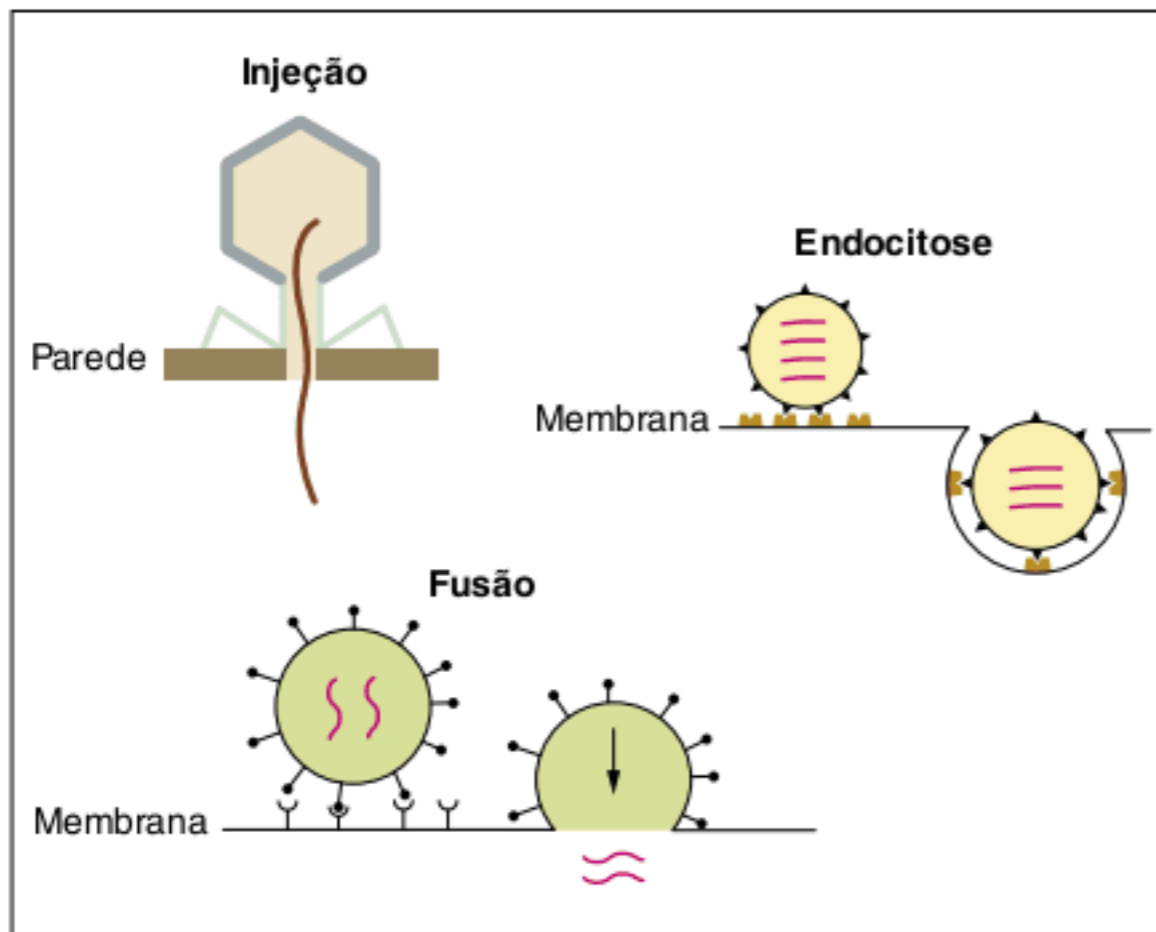


Fig. 2 Modos de entrada dos vírus na célula hospedeira.

### Transmissão de vírus

Com os casos mencionados, já foi possível perceber que a transmissão de vírus pode ocorrer através de relações sexuais, como nos casos de HIV, HPV e de herpes. No entanto, há outras formas de transmissão de doenças virais, listadas a seguir:

- ar (gotículas): influenza;
- lesões e sangue: HIV, hepatite B;
- água e alimento: hepatite A;
- animais: raiva (cães, gatos, morcegos), dengue e febre amarela (mosquito *Aedes aegypti*).

### Bacteriófagos

Bacteriófagos apresentam dois tipos de ciclo de infecção: lítico e lisogênico. No **ciclo lítico**, o vírus invade a célula, multiplica-se em seu interior e provoca a sua ruptura. Esse processo inicia-se com a ligação do vírus à parede da bactéria; depois o vírus libera de sua cauda certa quantidade da enzima lisozima, que digere parte da parede da bactéria e gera um orifício, por onde o fago introduz seu DNA na célula hospedeira. O DNA viral passa a comandar as atividades metabólicas da célula invadida. Utilizando o equipamento molecular da bactéria, o DNA viral promove sua replicação, gerando dezenas de cópias idênticas. Esse DNA passa a realizar transcrição, gerando moléculas de RNA mensageiro viral, que se unem a ribossomos bacterianos, orientando a síntese de proteínas virais. Quando há proteínas e DNA do vírus no citosol bacteriano, ocorre o processo de montagem das unidades virais, formando dezenas de vírions. A parede bacteriana sofre lise (com a atividade da lisozima) e ocorre a liberação de vírus que poderão infectar outras células bacterianas compatíveis (Fig. 3).

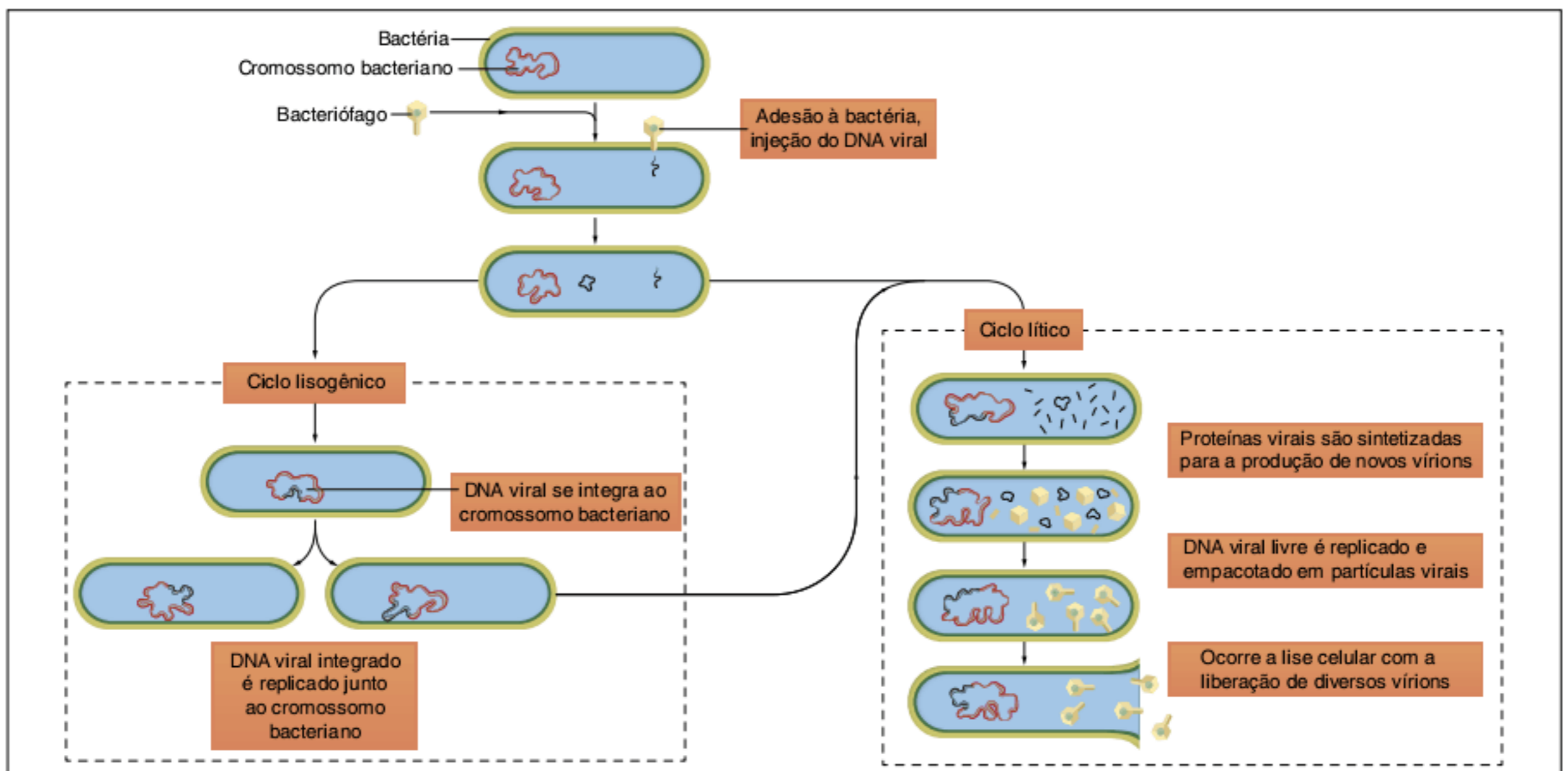


Fig. 3 Bacteriófagos podem ter ciclo lisogênico (representado à esquerda) ou ciclo lítico (mostrado à direita).

No ciclo **lisogênico**, o vírus invade uma célula e seu DNA liga-se ao DNA da célula, formando uma estrutura chamada **profago**. O DNA viral multiplica-se com o DNA bacteriano; são geradas muitas bactérias e todas têm DNA viral. O vírus na forma de profago não exerce efeito danoso no metabolismo bacteriano e permanece em latência. Em uma das descendentes da bactéria, o DNA viral inicia a formação de novas unidades virais inteiras, passando a apresentar caminho similar ao processo lítico. A célula é rompida e vírus inteiros são liberados, podendo infectar outras bactérias.

### HIV

HIV significa “vírus da imunodeficiência humana” e está relacionado com a **AIDS** ou **Sida** (Síndrome da imunodeficiência adquirida). O HIV é um vírus envelopado de **RNA**. Seu envoltório lipídico tem glicoproteínas na superfície, que permitem



a ligação com receptores da membrana da célula que vai ser parasitada. No interior do vírus há o capsídeo proteico, que envolve duas moléculas de **RNA**, junto ao qual encontram-se enzimas **transcriptase reversa** e **integrase** (Fig. 4).

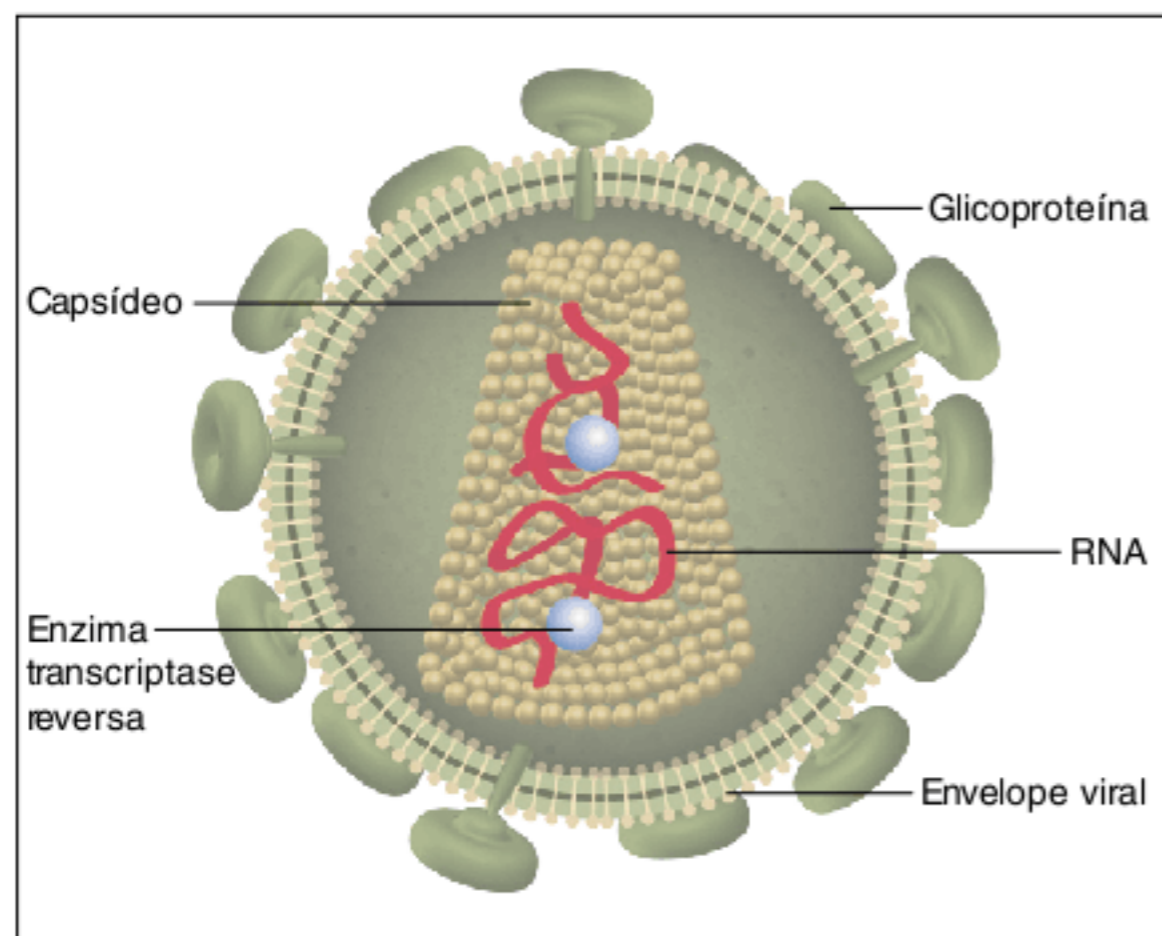


Fig. 4 Estrutura do vírus da imunodeficiência humana.

A veiculação do HIV pode ocorrer por relações sexuais, transfusão com sangue contaminado, seringas e equipamentos (cirúrgicos ou odontológicos) sem a esterilização adequada. Pode ocorrer transmissão de mãe para filho durante a gravidez (via placenta), no parto e depois do nascimento (pelo leite).

Esse vírus tem afinidade por células do sistema imunitário, como os linfócitos T4 ou CD4; essas células constituem um tipo de glóbulo branco ou leucócito. O sistema imunitário será posteriormente estudado em Fisiologia, e agora são apresentadas algumas noções. Os linfócitos T4 estimulam os linfócitos B do organismo, que se multiplicam e se diferenciam em células conhecidas como plasmócitos, responsáveis pela produção de anticorpos (proteínas de defesa).

Uma pessoa que contrai o HIV poderá ter redução do número de linfócitos T4 e isso compromete as defesas imunitárias, levando o indivíduo a um estado de imunodeficiência, isto é, a uma redução acentuada de sua capacidade de defesa contra qualquer microrganismo ou vírus (Fig. 5). Dessa maneira o indivíduo torna-se mais vulnerável a infecções bacterianas (tuberculose, meningite, pneumonia), por fungos (candidíase ou “sapinho”) ou por vírus. Assim, infecções comuns e que geralmente são facilmente combatidas pelo sistema imunológico humano passam a causar grandes transtornos e podem levar o indivíduo à morte.

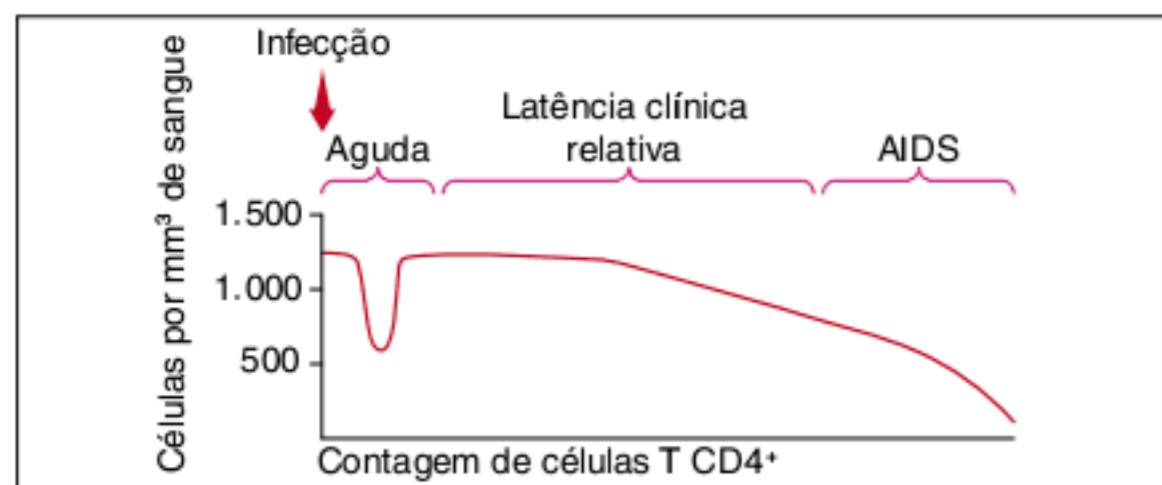


Fig. 5 Gráfico representativo do número de linfócitos CD4 em indivíduo portador de HIV.

O HIV é um retrovírus: possui RNA e, a partir dele, sintetiza DNA, em um processo de **transcrição ao contrário**, mediada pela enzima transcriptase reversa. O DNA viral une-se ao DNA humano no interior do núcleo, com o auxílio da proteína integrase, e o vírus fica em sua forma mais simplificada, conhecida como **provírus**. Do núcleo, o DNA viral realiza transcrição, servindo de molde para a produção de RNA mensageiro viral, que orienta os ribossomos dos linfócitos T4 à síntese proteica (Fig. 6).

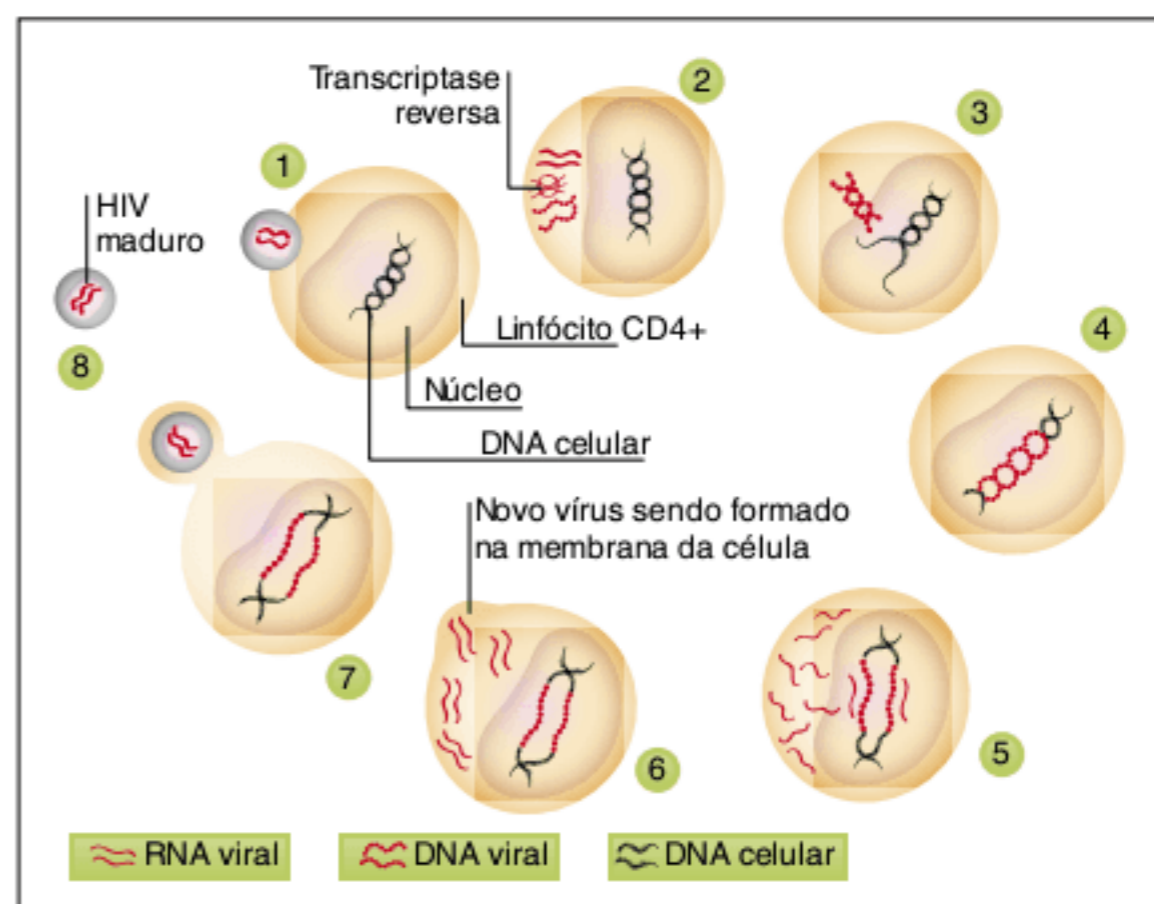


Fig. 6 O HIV consegue aderir à célula hospedeira e libera seu RNA. Por ação da transcriptase reversa é produzido DNA viral, que se liga ao DNA do núcleo da célula hospedeira (provírus). O provírus comanda a síntese de proteínas virais no interior do linfócito T4. Posteriormente ocorre a montagem de vírions e sua liberação da célula.

As proteínas produzidas nos ribossomos do linfócito são quebradas pela atividade das enzimas proteases, o que gera proteínas menores, cada uma com função específica: enzimas (transcriptase reversa, protease, integrase), componentes do envoltório lipídico e do capsídeo. O RNA viral é gerado por transcrição no núcleo do linfócito. RNA e proteínas virais agrupam-se em uma evaginação de parte da membrana plasmática do linfócito, gerando o envelope lipídico; os demais componentes são posicionados adequadamente e é gerado um novo vírion, que se desprende do linfócito de maneira similar a um processo de brotamento. Os vírions gerados poderão atacar outros linfócitos ou ser transmitidos a outras pessoas (Fig. 6).

Não há ainda uma vacina contra a AIDS capaz de assegurar proteção completa e segurança para os seres humanos. Por outro lado, estão disponíveis alguns medicamentos anti-HIV, que atuam no ciclo do vírus e impedem seu desenvolvimento. O “coquetel” anti-AIDS é uma associação de drogas antivirais. Cada medicamento age em um ponto diferente do metabolismo viral, por exemplo, impedindo a atuação da transcriptase reversa ou a ação das proteases. Inúmeros pacientes portadores de HIV e que foram medicados corretamente tiveram o bloqueio da multiplicação do vírus e recuperaram as boas condições de saúde. No entanto, a medicação não elimina os vírus, que se mantêm no portador, geralmente na forma de provírus, em células do organismo. Isso significa que AIDS não tem cura, mas é possível preveni-la e controlá-la.



## H1N1

Causador da gripe A, ou gripe suína, o vírus H1N1 é envelopado e dotado de RNA. O envelope de lipídeos apresenta glicoproteínas em sua superfície, que permitem a interação com a célula que o vírus parasita. Existem duas modalidades dessas glicoproteínas: **hemaglutinina (H)** e **neuraminidase (N)**. Abaixo do envelope encontra-se o capsídeo proteico, que contém 8 moléculas de RNA (Fig. 7). A diferença entre os diversos tipos de vírus da gripe (suína, aviária etc.) está nessas 8 moléculas, que determinam, entre outras características, o tipo de hemaglutinina e neuraminidase do vírus, que refletem em maior ou menor capacidade de infecção.

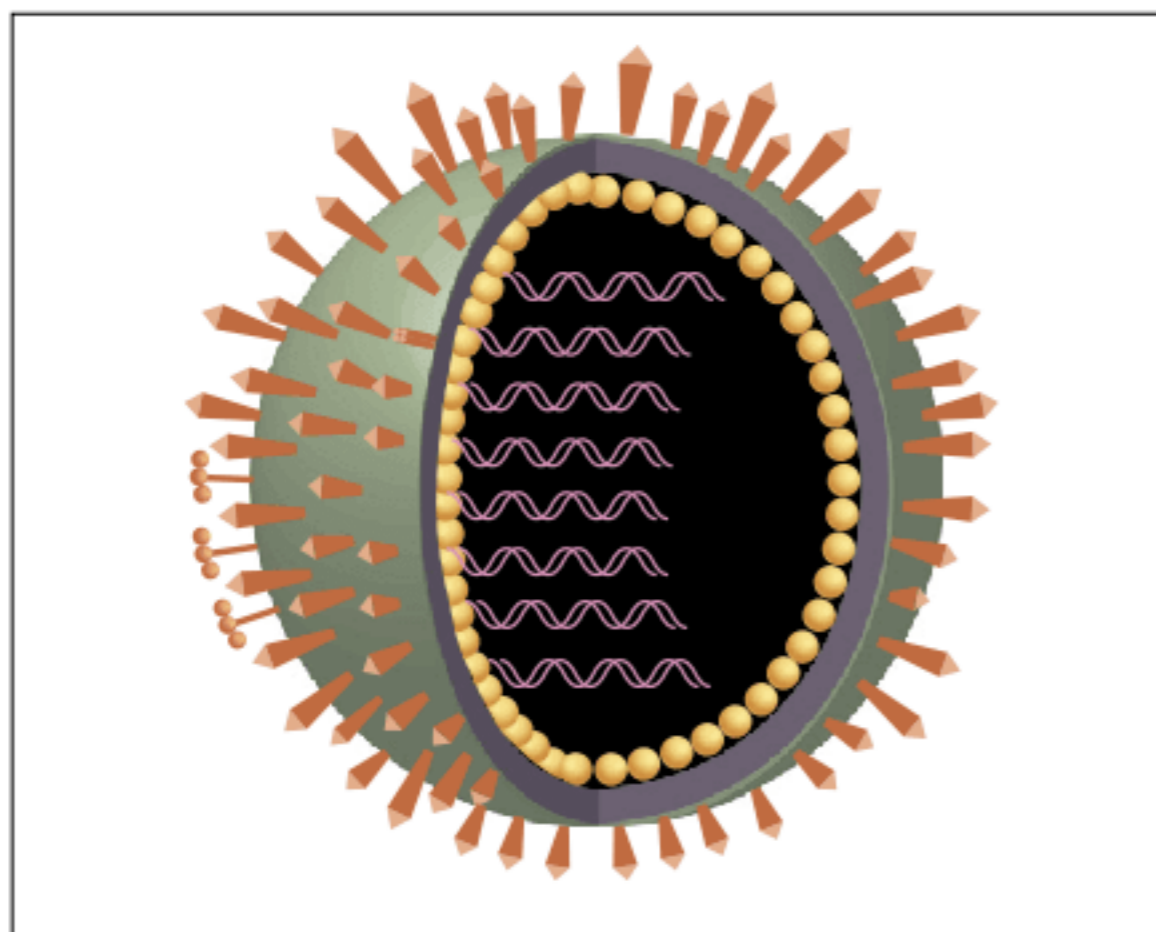


Fig. 7 Aspecto tridimensional do H1N1, com suas moléculas de RNA no interior dos envoltórios.

O H1N1 tem afinidade por células do trato respiratório, inclusive na área alveolar, o que pode prejudicar as trocas gasosas e levar o paciente à morte. Sua eliminação do portador é feita por gotículas (tosse, espirro) e o vírus pode permanecer no ambiente por muitas horas, mantendo sua capacidade infectante. Pode ser transmitido pelas mãos do portador para as mãos de outra pessoa, que pode se contaminar levando a mão aos olhos, nariz ou boca.

Há uma interação entre as glicoproteínas do envelope e os receptores da membrana da célula do trato respiratório. O vírus penetra por um processo de invaginação da membrana (endocitose); seus envoltórios são retirados no interior do citosol e o RNA viral é liberado (Fig. 8).

O RNA original do vírus vai para o núcleo da célula e serve de molde para a produção de RNA complementar, que atua como RNA mensageiro. Há dois destinos para o RNAm viral:

- Um grupo de moléculas vai para o citoplasma e liga-se a ribossomos, orientando a síntese de proteínas virais. Essas proteínas são de dois tipos: as componentes do capsídeo e as componentes das glicoproteínas, que aderem à superfície externa da membrana plasmática e serão empregadas na formação do envelope viral.
- Outro grupo de moléculas de RNAm viral serve de molde para a produção de moléculas complementares, que são do mesmo tipo do RNA original do vírus quando ele ingressou

na célula. Essas moléculas produzidas passam para o citoplasma e vão para um ponto da membrana plasmática, já dotada de glicoproteínas; para este ponto também se dirigem proteínas do capsídeo. Ocorre uma evaginação da membrana e um novo H1N1 é liberado (Fig. 8).

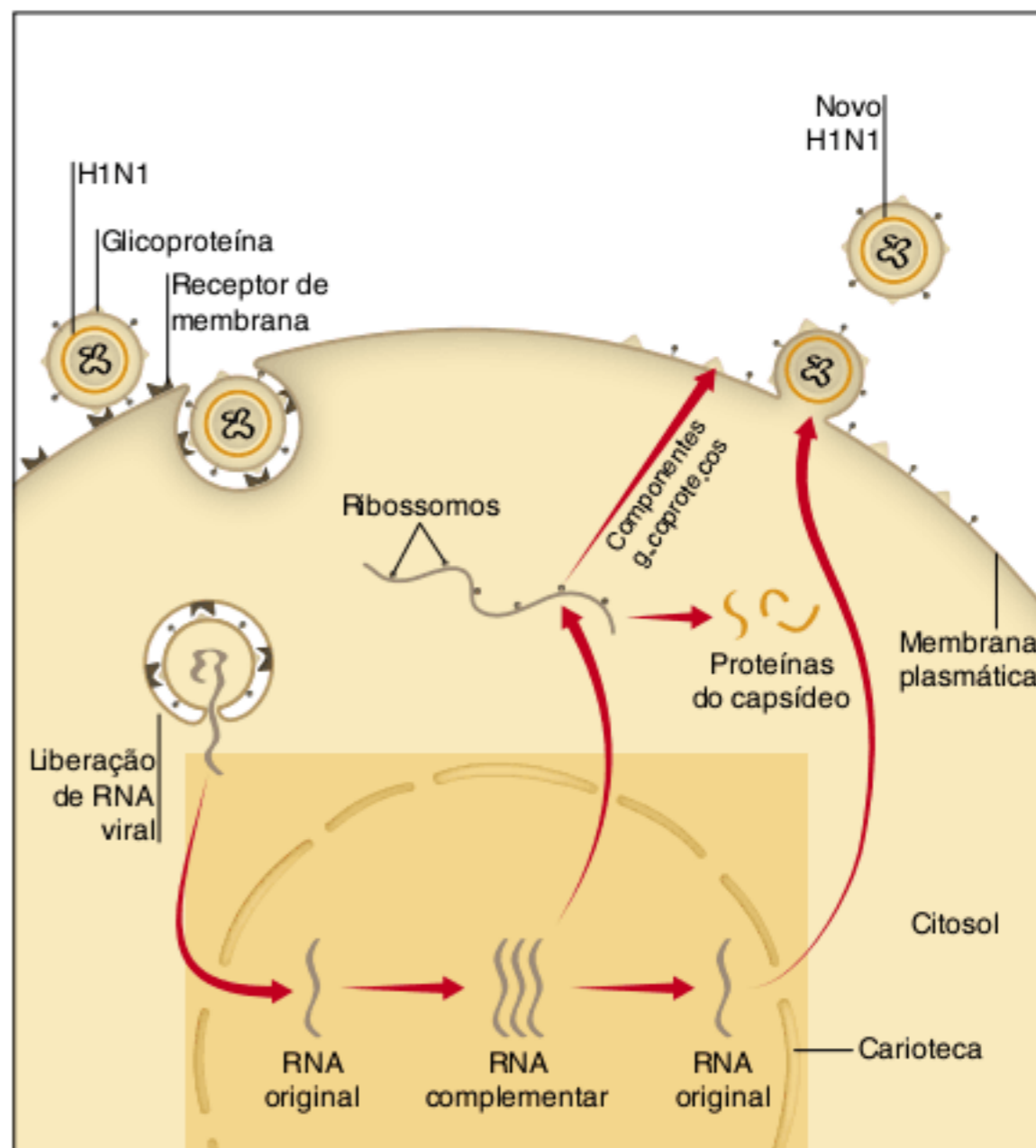


Fig. 8 Processo de entrada do H1N1 e produção de novos vírions.

Novos vírus podem atacar outras células do hospedeiro ou podem ser disseminados para o ambiente através de gotículas, podendo infectar outras pessoas. Como se vê, não ocorre a produção de DNA no ciclo reprodutivo do H1N1. Podemos notar que o RNA do vírion de H1N1 serve de molde para a produção de RNA mensageiro; por isso, o H1N1 é considerado como um vírus de **cadeia**, isto é, as bases nitrogenadas do seu RNA são complementares às bases do RNA mensageiro. Por outro lado, o vírus da dengue é classificado como vírus de **cadeia +**, ou seja, o RNA do vírion tem a mesma sequência de bases nitrogenadas do RNA mensageiro.

## Arbovírus

São vírus transmitidos por artrópodes, principalmente mosquitos. No Brasil, os casos principais são os vírus da dengue e febre amarela, pertencentes ao grupo dos *Flavivirus*, que são vírus de RNA envelopados. Em meio urbano, a dengue e a febre amarela são transmitidas pela picada do mosquito *Aedes aegypti*. A febre amarela tem transmissão, em regiões de floresta ou de cerrado, pelo mosquito *Haemagogus* sp. A dengue só ataca seres humanos, enquanto a febre amarela afeta também alguns macacos, os quais podem veicular ao homem o vírus por meio do *Haemagogus* sp.

São as fêmeas de *Haemagogus* sp. e de *Aedes aegypti* que transmitem os vírus da dengue e da febre amarela. Esses mosquitos possuem uma fase larval aquática. A prevenção dessas viroses envolve o combate aos mosquitos adultos, o uso de



repelentes e o cuidado para evitar acúmulos de água (em vasos de plantas, caixa-d'água exposta, pneus velhos, garrafas). Existe vacina contra a febre amarela, mas não há vacina contra a dengue. A vacina é feita com vírus vivos e atenuados, conferindo uma proteção de dez anos. Deve ser tomada por pessoas que vão viajar para áreas onde a febre amarela é endêmica, preferencialmente cerca de dez dias antes, para que o sistema imunitário da pessoa seja capaz de produzir anticorpos em níveis adequados. Mulheres grávidas e portadores de imunodeficiências não devem tomar a vacina.

O vírus da febre amarela atinge vasos sanguíneos, rins, pulmões, baço e coração. O indivíduo apresenta febre, dores de cabeça, vômito, diarreia, hemorragias e icterícia (acúmulo

do pigmento bilirrubina, de cor amarela). Não devem ser tomados medicamentos contendo ácido acetilsalicílico, pois podem acentuar as hemorragias.

Há quatro tipos de vírus da dengue: Den-1, Den-2, Den-3 e Den-4. O indivíduo que contrai um tipo não fica imune aos demais. A dengue clássica atinge baço, fígado, medula óssea e vasos sanguíneos. O indivíduo tem febre, dores musculares e manchas avermelhadas na pele. A forma mais severa é a dengue hemorrágica, que pode causar a morte do paciente. Ela provoca hemorragias e perda de plasma, tornando o sangue mais denso; isso gera queda de pressão arterial e dificulta as trocas gasosas nos pulmões. O paciente deve ser bem hidratado e receber medicação para dor e febre.

## Revisando

**1** Vírus não têm metabolismo próprio. Explique essa afirmação.

---

---

---

---

---

---

---

---

**2** Cite duas características que os vírus compartilham com seres vivos.

---

---

---

---

---

---

---

---

**3** O que é vírion?

---

---

---

---

---

---

---

---

**4** O que é o nucleocapsídeo dos vírus?

---

---

---

---

---

---

---

---



**5** Qual é a composição do envelope viral?

---

---

---

---

---

---

---

---

**6** Como se dá a entrada dos vírus nas células hospedeiras?

---

---

---

---

---

---

---

---

**7** Cite os modos de transmissão das doenças virais.

---

---

---

---

---

---

---

---

**8** Quais são os dois tipos de ciclos que os bacteriófagos apresentam? Em qual deles não há ruptura da célula que foi invadida?

---

---

---

---

---

---

---

---

**9** O que é prófago?

---

---

---

---

---

---

---

---

**10** Qual é o material genético do HIV? Cite duas enzimas presentes no nucleocapsídeo desse vírus.

---

---

---

---

---

---

---

---

**11** Por que o HIV é classificado como um retrovírus?

---

---

---

---

---

---

---

---



**12** Qual é o material genético do H1N1? Esse vírus forma outro tipo de ácido nucleico durante sua reprodução?

---

---

---

---

---

---

---

---

**13** Quais são os tipos de mosquitos transmissores de febre amarela? Qual deles é típico de ambiente urbano?

---

---

---

---

---

---

---

---

**14** Quais são os tipos de vírus causadores de dengue?

---

---

---

---

---

---

---

---

**15** Como é feita a prevenção da dengue?

---

---

---

---

---

---

---

---

## Exercícios propostos

**1 UFJF 2003** Os vírus não são considerados células porque:

- (a) possuem somente um cromossomo e são muito pequenos.
- (b) não possuem mitocôndrias e o retículo endoplasmático é pouco desenvolvido.
- (c) não têm membrana plasmática nem metabolismo próprio.
- (d) parasitam plantas e animais e dependem de outras células para sobreviver.
- (e) seu material genético sofre muitas mutações e é constituído apenas por RNA.

**2 Fuvest 2002** Os vírus:

- (a) possuem genes para os três tipos de RNA (ribossômico, mensageiro e transportador), pois utilizam apenas aminoácidos e energia das células hospedeiras.
- (b) possuem genes apenas para RNA ribossômico e para RNA mensageiro, pois utilizam RNA transportador da célula hospedeira.

- (c) possuem genes apenas para RNA mensageiro e para RNA transportador, pois utilizam ribossomos da célula hospedeira.
- (d) possuem genes apenas para RNA mensageiro, pois utilizam ribossomos e RNA transportador da célula hospedeira.
- (e) não possuem genes para qualquer um dos três tipos de RNA, pois utilizam toda a maquinaria de síntese de proteínas da célula hospedeira.

**3 Fuvest 2008** Um argumento correto que pode ser usado para apoiar a ideia de que os vírus são seres vivos é o de que eles:

- (a) não dependem do hospedeiro para a reprodução.
- (b) possuem número de genes semelhante ao dos organismos multicelulares.
- (c) utilizam o mesmo código genético das outras formas de vida.
- (d) sintetizam carboidratos e lipídeos, independentemente do hospedeiro.
- (e) sintetizam suas proteínas independentemente do hospedeiro.



**4 CEFET-CE 2007** É falso afirmar que:

- (a) os vírus não são considerados seres vivos, pois eles não são capazes de se reproduzir ou conduzir processos metabólicos sem uma célula hospedeira.
- (b) os vírus não conseguem sintetizar suas próprias proteínas, pois não possuem ribossomos, portanto os vírus utilizam os ribossomos das células hospedeiras para esta tarefa.
- (c) todos os vírus contêm RNA e DNA, além de proteínas.
- (d) os vírus possuem uma camada proteica protetora em torno do material genético, chamada de capsídeo.
- (e) muitos vírus possuem uma membrana lipoproteica, envolvendo o capsídeo, a qual é chamada de envelope.

**5 PUC-RS 2003** Ao contrário dos organismos compostos por células, os vírus não metabolizam energia, isto é, não produzem ATP nem realizam fermentação, respiração celular ou fotossíntese. Os vírus são parasitos intracelulares obrigatórios e têm como hospedeiras células de animais, de vegetais, de fungos, de protistas ou de bactérias. Com relação à constituição química, os vírus são formados por:

- (a) ácidos nucleicos e proteínas.
- (b) DNA, RNA e lipídeos.
- (c) carboidratos, DNA e proteínas.
- (d) carboidratos e ácidos nucleicos.
- (e) lipídeos e aminoácidos.

**6 Fuvest 2000** Os bacteriófagos são constituídos por uma molécula de DNA envolta em uma cápsula de proteína. Existem diversas espécies que diferem entre si quanto ao DNA e às proteínas constituintes da cápsula. Os cientistas conseguem construir partículas virais ativas com DNA de uma espécie e cápsula de outra. Em um experimento, foi produzido um vírus contendo DNA do bacteriófago T2 e cápsula do bacteriófago T4.

Pode-se prever que a descendência desse vírus terá:

- (a) cápsula de T4 e DNA de T2.
- (b) cápsula de T2 e DNA de T4.
- (c) cápsula e DNA, ambos de T2.
- (d) cápsula e DNA, ambos de T4.
- (e) mistura de cápsulas e DNA de T2 e de T4.

**7 UEL 2009** O vírus da imunodeficiência humana (HIV) infecta células do sistema imune e é o agente etiológico da AIDS. São características do HIV:

- I. Genoma constituído de RNA: presença de enzima transcriptase reversa.
- II. Presença de membrana citoplasmática; genoma constituído de DNA.
- III. Tropismo por células CD4; transmissão via sexual e via sangue contaminado.
- IV. Presença de ribossoma 80s; genoma constituído de RNA e DNA.

Assinale a alternativa correta.

- (a) Somente as afirmativas I e III são corretas.
- (b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.

- (c) Somente as afirmativas II e IV são corretas.
- (d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- (e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

**8 UFC 2004** Assinale a alternativa que traz, na sequência correta, os termos que preenchem as lacunas do texto:

“Os retrovírus, como o HIV, são partículas portadoras de RNA, que possuem a característica especial de ter a enzima 1 e cujo 2 comanda a síntese de 3. Este último, uma vez formado, passa a comandar a síntese de novas moléculas de 4, que irão constituir o material genético de novos retrovírus”.

- (a) 1–transcriptase reversa 2–DNA 3–RNA 4–RNA
- (b) 1–transcriptase reversa 2–RNA 3–DNA 4–RNA
- (c) 1–RNA polimerase 2–DNA 3–RNA 4–DNA
- (d) 1–DNA polimerase 2–DNA 3–RNA 4–RNA
- (e) 1–DNA ligase 2–RNA 3–DNA 4–RNA

**9 Ufes 2004** Atualmente, muitas doenças têm preocupado a população mundial, tais como a AIDS, a febre amarela, o possível retorno da varíola e, mais recentemente, a Sars. Todas elas são causadas por vírus, e sobre esses organismos é incorreto afirmar que:

- (a) são, estruturalmente, semelhantes às bactérias, podendo apresentar DNA ou RNA como material genético.
- (b) apresentam ciclos de vida lítico ou lisogênico. No ciclo lítico, determinam a destruição da célula infectada.
- (c) comandam o metabolismo celular do hospedeiro para a produção de proteínas de seu capsídeo e duplicação do seu material genético.
- (d) apresentam a enzima transcriptase reversa, quando têm RNA como material genético, que produz um DNA viral para ser integrado ao DNA do hospedeiro.
- (e) são parasitas obrigatórios, mas alguns podem sobreviver cristalizados por muitos anos.

**10 UFF 1999** Relativamente aos vírus afirma-se, corretamente, que:

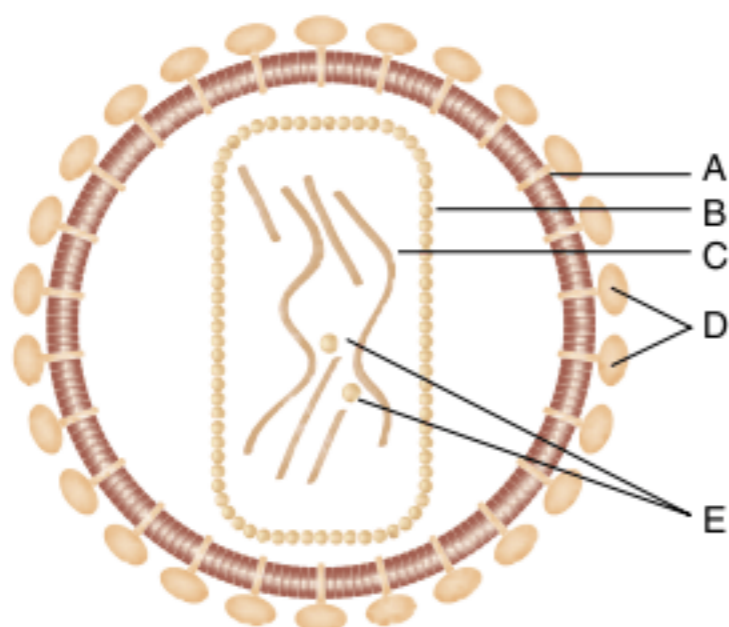
- (a) no caso dos retrovírus, que causam diversos tipos de infecções, a enzima transcriptase reversa catalisará a transformação do DNA viral em RNA mensageiro.
- (b) em qualquer infecção viral, o ácido nucleico do vírus tem a capacidade de se combinar quimicamente com substâncias presentes na superfície das células, o que permite ao vírus reconhecer e atacar o tipo de célula adequado a hospedá-lo.
- (c) no caso dos vírus que têm como material genético o DNA, este será transcrito em RNA mensageiro, que comandará a síntese de proteínas virais.
- (d) em qualquer infecção viral, é indispensável que o capsídeo permaneça intacto para que o ácido nucleico do vírus seja transcrito.
- (e) em todos os vírus que têm como material genético o RNA, este será capaz de se duplicar sem a necessidade de se transformar em DNA, originando várias cópias na célula hospedeira.



**11 UFPE 2000** Em relação aos vírus, analise as proposições a seguir.

- São agentes infecciosos específicos de células animais.
- Em laboratório, sobrevivem em meios de cultura artificiais.
- Causam doenças, tais como: gripe, sarampo, catapora, varíola, poliomielite, herpes.
- Crescem e se multiplicam apenas no interior das células que parasitam.
- Sintetizam proteína, usando seus próprios ribossomos.

**12 UFPE 2003** Observe a figura a seguir, onde está representado, esquematicamente, o HIV e analise as proposições quanto à sua correção.



- A – corresponde a uma camada lipídica do envoltório do vírus.
- B – indica o núcleo.
- C – assinala o DNA envolto por proteínas.
- D – mostra proteínas responsáveis pela adesão à célula hospedeira.
- E – indica moléculas da enzima transcriptase reversa.

**13 Unesp 2003** Os vírus são organismos obrigatoriamente parasitas, uma vez que só se reproduzem quando no interior de seus hospedeiros. Sobre os vírus, é correto afirmar que:

- (a) apresentam características fundamentais dos seres vivos: estrutura celular, reprodução e mutação.
- (b) são seres maiores que as bactérias, pois não atravessam filtros que permitem a passagem de bactérias.
- (c) são formados por uma carapaça proteica envolvendo o retículo rugoso com ribossomos utilizados na síntese de sua carapaça.
- (d) são todos parasitas animais, pois não atacam células vegetais.
- (e) podem desempenhar funções semelhantes aos antibióticos, ocasionando “o lise bacteriano”, e impedir a reprodução das bactérias.

**14 Unifesp 2006** Um pesquisador pretende manter uma cultura de células e infectá-las com determinado tipo de vírus, como experimento.

Assinale a alternativa que contém a recomendação e a justificativa corretas a serem tomadas como procedimento experimental.

- (a) É importante garantir que haja partículas virais (vírus) completas. Uma partícula viral completa origina-se diretamente de outra partícula viral preexistente.
- (b) Deve-se levar em conta a natureza da célula que será infectada pelo vírus: células animais, vegetais ou bactérias. Protistas e fungos não são hospedeiros de vírus.
- (c) Deve-se garantir o aporte de energia para as células da cultura na qual os vírus serão inseridos. Essa energia será usada tanto pelas células quanto pelos vírus, já que estes não produzem ATP.
- (d) Na análise dos dados, é preciso atenção para o ácido nucleico em estudo. Um vírus pode conter mais de uma molécula de DNA: a sua própria e a que codifica para a proteína da cápsula.
- (e) É necessário escolher células que tenham enzimas capazes de digerir a cápsula proteica do vírus. A partir da digestão dessa cápsula, o ácido nucleico viral é liberado.

**15 CEFET-MG 2004** Leia o trecho a seguir:

[...] O vírus bacteriófago é parasita de bactérias. Possui uma estrutura peculiar e exclusiva, formada por uma carapaça proteica de aspecto geométrico, dotada de uma cauda na qual há fibras de fixação, específicas da parede bacteriana. No interior da carapaça existe uma molécula de DNA e, na cauda, há uma proteína que fará contato com proteínas da membrana plasmática da bactéria [...]

Baseado no trecho, é correto afirmar que:

- (a) os bacteriófagos são seres unicelulares.
- (b) o procarionte citado possui ribossomos em seu citoplasma.
- (c) os bacteriófagos podem executar seu ciclo vital tanto no interior quanto no exterior da bactéria.
- (d) as bactérias podem ser classificadas como seres eucariotes devido à presença de carioteca em sua estrutura celular.

**16 Ufla 2006** O jornal *Folha de S. Paulo*, em 6/4/2006, noticiou que a AIDS (em português: Sida – síndrome da Imunodeficiência Adquirida), hoje em dia, já faz parte do grupo das doenças negligenciadas pelos países ricos. Estando 95% dos portadores dessa doença nos países pobres, o investimento em pesquisa é pequeno, ocasionando pouco avanço na descoberta de novos tratamentos.

Em relação a essa doença, afirma-se:

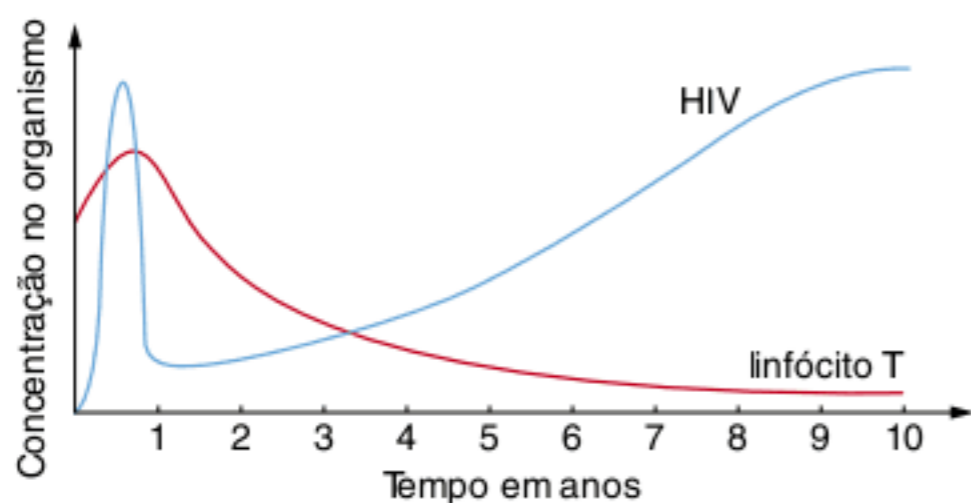
- I. A doença é causada por vírus.
- II. A doença provoca diminuição na produção de hemácias.
- III. Os sintomas iniciais são característicos, contribuindo para o diagnóstico.
- IV. A doença atua sobre o sistema imunológico, diminuindo a resistência do organismo.

De acordo com os conhecimentos atuais, assinale:

- (a) se apenas as afirmativas II, III e IV estão corretas.
- (b) se apenas as afirmativas I e II estão corretas.
- (c) se apenas as afirmativas I e III estão corretas.
- (d) se apenas as afirmativas I e IV estão corretas.

**17 Uerj 2002** O gráfico abaixo demonstra, no organismo humano, a relação entre os linfócitos T e o vírus da imunodeficiência humana (HIV), ao longo de dez anos de curso da síndrome da deficiência imunológica adquirida (Aids).





William K. Purves *et al.* *Life: the science of biology*. Massachusetts: W. H. Freeman and company, 1998.

Explique as razões das quedas das concentrações de:

- a) linfócitos T.
- b) HIV.

**18 Ufes 2008** Das doenças abaixo, a que não é causada por vírus é:

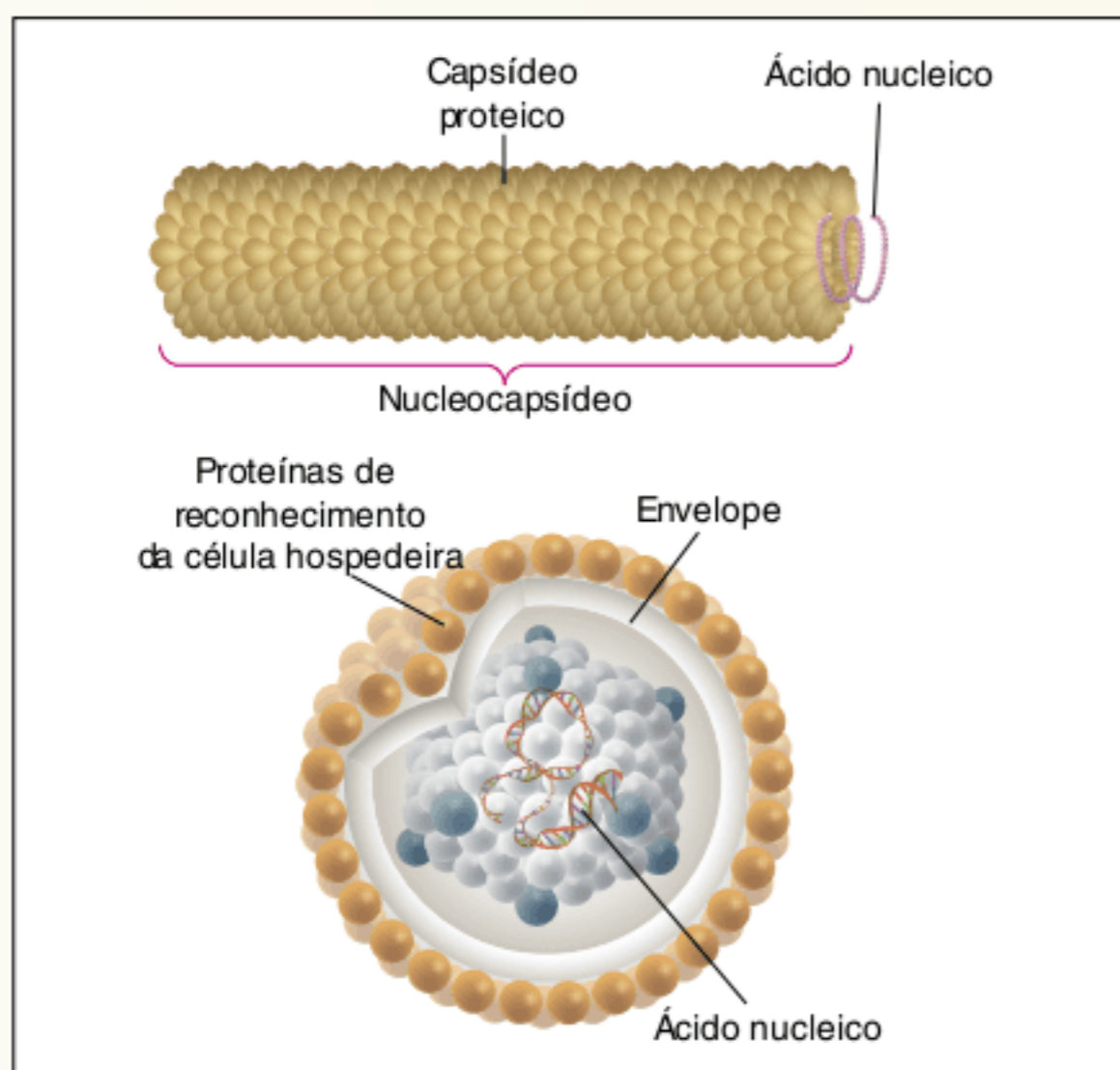
- (a) Síndrome da Imunodeficiência Adquirida.
- (b) Dengue.
- (c) Tétano.
- (d) Influenza.
- (e) Raiva.

## TEXTO COMPLEMENTAR

### Detalhes da estrutura e transmissão dos vírus

O material genético dos vírus pode ser DNA ou RNA. O DNA dos vírus geralmente apresenta cadeia dupla, assim, são iguais as quantidades de adenina e timina, bem como de citosina e guanina. No entanto, alguns bacteriófagos têm DNA de cadeia simples. Não há adenina e timina em quantidades iguais e o mesmo se dá entre citosina e guanina.

O RNA dos vírus geralmente tem cadeia simples; nesse caso, não são iguais as quantidades de adenina e uracila, nem de citosina e guanina. Há vírus com RNA de cadeia dupla, presente nos vírus de plantas, como no mosaico do tabaco. Vírus com RNA de cadeia dupla apresentam a mesma quantidade de adenina e uracila, bem como de citosina e guanina.



Aspecto externo e interno do vírus do mosaico do tabaco.

A tabela a seguir mostra os tipos de ácido nucleico presentes nos vírus.

Vírus de DNA		Vírus de RNA	
Cadeia dupla	Cadeia simples	Cadeia dupla	Cadeia simples
Maioria A=T G=C	Alguns bacteriófagos. A e T: diferentes quantidades. G e C: diferentes quantidades.	Vírus de plantas. A=T G=C	Maioria A e U: diferentes quantidades. G e C: diferentes quantidades.

Os vírus e seus ácidos nucleicos.

Podemos agora ampliar um pouco mais o conhecimento acerca dos vírus, relacionando o modo de transmissão de algumas viroses com o material genético que os vírus apresentam, observando algumas doenças virais, na próxima tabela.

Modo de transmissão	Vírus de DNA	Vírus de RNA
Sexo (DST)	HPV; herpes; hepatite B.	HIV; hepatite C.
Animais		Febre amarela e dengue: mosquito. Raiva: cães, gatos, morcegos.
Água/alimento		Hepatite (A, C, D, E); poliomielite, diarreias virais (rotavírus, reovírus).
Ferimentos/sangue	Varíola ou bexiga (erradicada); catapora ou varicela; hepatite B.	
Ar (gotículas)	Adenovírus (infecções respiratórias benignas); varíola; catapora (varicela).	Sarampo; caxumba; rubéola; influenza; resfriado (rinovírus, coronavírus – SARS). Sars: síndrome respiratória aguda severa (grave).

Os vírus e seus modos de transmissão.



## RESUMINDO

**Características gerais dos vírus**

Vírus são acelulares; não possuem citosol, membrana plasmática nem organelas, como ribossomos e mitocôndrias. Vírus são parasitas intracelulares específicos; os parasitas de bactérias são denominados fagos ou bacteriófagos. Não apresentam metabolismo próprio e não realizam nutrição, respiração nem excreção. Vírus têm as seguintes características apresentadas por seres vivos: mutações e reprodução. O cultivo dos vírus só é possível em meios que contêm células. Os vírus podem causar a ruptura de células ou induzir sua multiplicação; isso pode estar associado ao câncer. O HPV tem sido relacionado com casos de câncer de colo do útero.

**Estrutura dos vírus**

Vírião é uma unidade viral completa; o material genético é constituído por DNA ou RNA; raramente um vírus possui os dois tipos de ácido nucleico. Ele é envolvido pelo capsídeo proteico; nucleocapsídeo é o conjunto constituído por capsídeo e material genético. Alguns vírus têm um envelope lipídico; em sua superfície, há glicoproteínas (associação entre proteínas e carboidratos) que facilitam a interação com uma célula que o vírus vai parasitar. Há duas categorias de vírus: envelopados e não envelopados.

**Penetração de vírus na célula hospedeira**

A entrada de vírus na célula hospedeira pode ocorrer de três modos principais: injeção de ácido nucleico, fusão e endocitose.

**Transmissão de vírus**

A transmissão de vírus pode ocorrer de diversas maneiras: relações sexuais (DSTs), ar (gotículas), lesões, sangue, água e alimento contaminados ou animais.

**Bacteriófagos**

Apresentam dois tipos de ciclo: lítico e lisogênico. No ciclo lítico, o vírus invade a célula, multiplica-se em seu interior e provoca a ruptura da própria célula. No ciclo lisogênico, o vírus invade uma célula e seu DNA liga-se ao DNA da célula; o DNA do bacteriófago ligado ao DNA da célula é o prófago. O DNA viral multiplica-se com o DNA bacteriano; são geradas muitas bactérias e todas têm DNA viral. Em uma das descendentes da bactéria, o DNA viral inicia a formação de novas unidades virais inteiras, apresentando um caminho similar ao processo lítico; a célula é rompida e vírus inteiros são liberados, podendo infectar outras bactérias.

**HIV**

O HIV está relacionado com a AIDS. Ele é um vírus envelopado de RNA. Seu envoltório lipídico tem glicoproteínas na superfície. No interior do vírus, há o capsídeo proteico, que envolve duas moléculas de RNA e as enzimas transcriptase reversa e integrase. Esse vírus tem afinidade por linfócitos T4 ou CD4, um tipo de glóbulo branco (leucócito). Os linfócitos T4 estimulam células do sistema imunitário a produzir anticorpos (proteínas de defesa).

A veiculação do HIV por ser feita por relações sexuais, transfusão com sangue contaminado ou por seringas e equipamentos (cirúrgicos ou odontológicos) sem a esterilização adequada. Pode ocorrer transmissão de mãe para filho durante a gravidez (via placenta), no parto e depois do nascimento (pelo leite).

Uma pessoa que contrai o HIV poderá ter redução do número de linfócitos T4, comprometendo as defesas imunitárias e levando o indivíduo a um estado de imunodeficiência; por isso, indivíduo torna-se mais vulnerável a infecções.

O HIV é um retrovírus: possui RNA e a partir dele sintetiza DNA em um processo de transcrição ao contrário, mediada pela enzima transcriptase reversa. O DNA viral une-se ao DNA humano no interior do núcleo e o vírus fica em sua forma mais simplificada, o provírus. A ligação do DNA viral ao cromossomo humano depende da enzima integrase. Do núcleo, o DNA viral realiza transcrição, servindo de molde para a produção de RNA mensageiro viral, que orienta nos ribossomos a síntese proteica.

Não há ainda uma vacina segura e eficiente contra a AIDS; há medicamentos anti-HIV, que atuam no ciclo do vírus e impedem seu desenvolvimento. O “coquetel” anti-AIDS é uma associação de drogas antivirais; cada medicamento age em um ponto diferente do metabolismo viral. No entanto, a medicação não elimina os vírus, muitos dos quais se encontram na forma de provírus em células do organismo.

**H1N1**

Causador da gripe A ou gripe suína, o vírus H1N1 é envelopado e dotado de RNA. O envelope de lipídeos apresenta glicoproteínas: hemaglutinina (H) e neuraminidase (N). Abaixo do envelope, encontra-se o capsídeo proteico, que contém 8 moléculas de RNA.

O H1N1 tem afinidade por células do trato respiratório. Sua eliminação do portador é feita por gotículas (tosse, espirro) e o vírus pode permanecer no ambiente por muitas horas, mantendo sua capacidade infectante. Há uma interação entre as glicoproteínas do envelope e os receptores da membrana da célula do trato respiratório. O vírus penetra na célula por endocitose. O RNA original do vírus vai para o núcleo da célula e serve de molde para a produção de mais RNA viral; que orienta a síntese de proteínas na célula hospedeira. Não ocorre a produção de DNA no ciclo do H1N1.

**Arbovírus**

São vírus transmitidos por artrópodes (como mosquitos). Os principais casos são de dengue e febre amarela, causadas por *Flavivirus*, que são vírus envelopados de RNA. Em meio urbano, a dengue e a febre amarela são transmitidas pela picada do mosquito *Aedes aegypti*; a febre amarela tem transmissão em regiões de floresta ou de cerrado pelo mosquito *Haemagogus* sp.; ela afeta alguns macacos, os quais podem veicular ao homem o vírus por meio do *Haemagogus* sp.

São as fêmeas do *Haemagogus* sp. e do *Aedes aegypti* que transmitem os vírus da dengue e da febre amarela. Esses mosquitos



possuem uma fase larval aquática. A prevenção dessas viroses envolve o combate aos mosquitos adultos, o uso de repelentes e o cuidado para evitar acúmulos de água. Existe vacina contra a febre amarela, mas não há vacina contra a dengue. A vacina é feita com vírus vivos. Mulheres grávidas e portadores de imunodeficiências não devem tomar a vacina.

Há quatro tipos de vírus da dengue: Den-1, Den-2, Den-3 e Den-4. O indivíduo que contrai um tipo não fica imune aos demais tipos. A dengue e a febre amarela provocam hemorragias. O paciente deve ser bem hidratado e receber medicação para dor e febre, porém não deve ser tratado com ácido acetil salicílico.

## ■ QUER SABER MAIS?



SITE

- Informações sobre AIDS e outras DSTs  
<<http://portalsaude.saude.gov.br/portalsaude/>>.

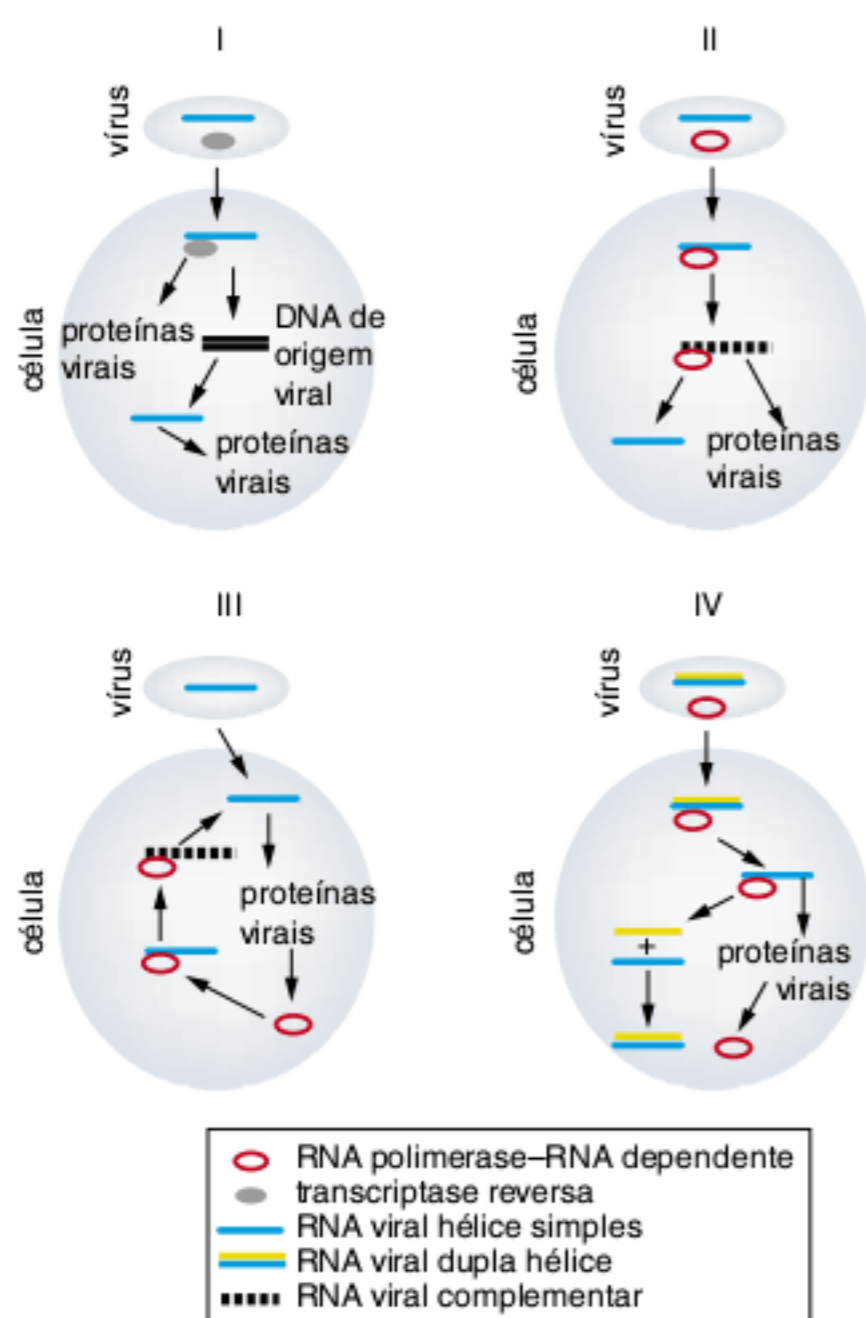
## Exercícios complementares

**1 Uerj 2010** A gripe conhecida popularmente como gripe suína é causada por um vírus influenza A.

Esse tipo de vírus se caracteriza, dentre outros aspectos, por:

- ser formado por RNA de fita simples (-), incapaz de atuar como RNA mensageiro ou de sintetizar DNA nas células parasitadas;
- os RNA complementares do RNA viral poderem ser traduzidos em proteínas pelo aparelhamento celular.

Os esquemas a seguir apresentam um resumo de etapas dos processos de replicação de alguns dos vírus RNA, após penetrarem nas células.



O tipo de replicação encontrado no vírus influenza A está representado no esquema de número:

- (a) I.
- (b) II.
- (c) III.
- (d) IV.

**2 UEPB 2009** Sobre os vírus, podemos afirmar que:

- (a) a transmissão dos vírus das plantas ocorre exclusivamente por difusão mecânica, ou seja, quando uma pessoa manipula uma planta infectada e, a seguir, uma sadia.
- (b) são estruturalmente simples, sendo formados por uma ou mais cápsulas proteicas, que envolvem o DNA e o RNA, compondo o nucleocapsídeo. Alguns vírus apresentam ainda um envoltório externo ao nucleocapsídeo denominado envelope.
- (c) se reproduzem sempre no interior de uma célula hospedeira, exceto os bacteriófagos, por terem dois tipos de ciclos de replicação: o ciclo lítico e o ciclo lisogênico.
- (d) a infecção viral é específica, sendo esta especificidade decorrência do fato de que para um vírus penetrar em uma célula deve haver uma interação das proteínas virais com as proteínas receptoras existentes na membrana plasmática das células.
- (e) os retrovírus podem apresentar DNA ou RNA, mas obrigatoriamente apresentam a transcriptase reversa.

**3 UTFPR 2008** Em 25 anos o HIV matou 25 milhões de pessoas e está presente em outros 40 milhões. É a segunda doença infecciosa que mais faz vítimas no mundo, logo atrás da tuberculose. Em 2005, 3 milhões de pessoas morreram devido à AIDS; dessas vítimas, 570 mil eram crianças. Dentre as características biológicas citadas a seguir, a única que pode ser encontrada no vírus da AIDS é:

- (a) parede celular formada por substâncias mucocomplexas.
- (b) DNA de fita simples.
- (c) pequenos anéis de DNA, os plasmídeos, dispersos no capsídeo.
- (d) membrana externa lipoproteica.
- (e) enzima especial, a transcriptase reversa, para produzir DNA.



**4 PUC-Rio 2008** A dengue continua sendo um problema de saúde pública para o estado do Rio de Janeiro. Assim, conhecendo-se o causador da dengue e seu vetor, podemos usar como medidas profiláticas a:

- (a) vacinação em massa da população contra a bactéria causadora dessa doença.
- (b) extermínio de ratos vetores do vírus causador dessa doença.
- (c) eliminação dos insetos vetores da bactéria causadora dessa doença.
- (d) eliminação dos insetos vetores do vírus causador dessa doença.
- (e) distribuição de antibióticos contra a bactéria causadora dessa doença.

**5 UFSCar 2006** “Nesta cidade, vacinação antirrábica. Não deixe de levar seus cães e gatos”.

A Vigilância Sanitária promove, ao longo do ano, campanha para a vacinação antirrábica de cães e gatos. Nessas campanhas, as pessoas não são vacinadas porque:

- (a) com os animais vacinados, é menor a probabilidade dos humanos contraírem a doença.
- (b) a raiva só ocorre em humanos quando contraída através da mordida de morcegos.
- (c) ainda não existe uma vacina específica para os humanos.
- (d) a raiva é uma doença exclusiva de cães e gatos.
- (e) já foram imunizadas com a vacina tríplice tomada quando criança.

**6 Univasf 2008** Da tabela abaixo constam distintas doenças virais, juntamente com alguns de seus mecanismos de transmissão e de prevenção. A esse propósito, assinale a alternativa incorreta.

	Doenças	Transmissão	Prevenção
(a)	Hepatite A	Água ou alimentos contaminados pelo vírus	Saneamento básico, vacinação.
(b)	Rubéola, sarampo e toxoplasmose	Gotículas eliminadas por tosse, espirro e fala.	Vacinação e fuga ao contato com doentes.
(c)	Hepatite B	Transfusão de sangue, contato sexual, materiais contaminados	Evitar contágio por sangue e materiais contaminados e vacinação.
(d)	Dengue e febre amarela urbana	Picada de mosquito <i>Aedes aegypti</i> .	Combate ao mosquito e vacinação (quando existente).
(e)	Raiva	Mordedura por animais, principalmente, gatos e cães infectados pelo vírus.	Vacinação de animais transmissores.

**7** Os meios de comunicação têm veiculado inúmeras reportagens em que equipes de saúde visitam borracharias, depósitos de ferro-velho e até cemitérios, eliminando recipientes que possam reter água de chuva. Essa condição propicia o aparecimento das seguintes doenças:

- (a) doença de Chagas, encefalite e dengue.
- (b) dengue, malária e esquistossomose.
- (c) febre amarela, doença de Chagas e giardíase.
- (d) malária, giardíase e amarelão.
- (e) dengue, febre amarela e malária.

**8** A AIDS, ou Síndrome da Imunodeficiência Adquirida, é uma doença causada pelo HIV ou Vírus da Imunodeficiência Humana. Pergunta-se:

- a) O que significa cada uma das palavras: Síndrome, Imunodeficiência, Adquirida?
- b) Cite duas maneiras pelas quais se pode adquirir AIDS.

**9** Através do contato sexual, diversas doenças são transmitidas. Entre as de maior importância epidemiológica, podem ser citadas a (I), que é causada por vírus; a (II), que é causada por bactéria e a (III), que é causada por protozoário. Relacione a seguir as moléstias que preencham as colunas I, II e III do texto, respectivamente.

**10** A pessoa infectada pelo vírus da AIDS apresenta queda acentuada de imunidade devido à redução do número de:

- (a) linfócitos.
- (b) neutrófilos.
- (c) macrófagos.
- (d) monócitos.
- (e) hemácias.

**11** Entre as doenças a seguir citadas, assinale aquela que não é causada por vírus:

- (a) gripe.
- (b) caxumba.
- (c) AIDS (Sida).
- (d) varíola.
- (e) botulismo.

**12** Considere a tabela a seguir.

Doença	Agente causador	Transmissor
A	Nematoide	B
Doença de chagas	C	“Barbeiro”
D	Vírus	Mosquito

As letras A, B, C e D correspondem, respectivamente, a:

- (a) febre amarela, mosquito, bactéria, febre tifoide.
- (b) febre amarela, pulga, vírus, peste bubônica.
- (c) filariose, mosquito, protozoário, febre tifoide.
- (d) filariose, mosquito, protozoário, febre amarela.
- (e) filariose, piolho, bactéria, febre amarela.



**13** Com relação à AIDS (Síndrome de Imunodeficiência Adquirida), analise as proposições a seguir.

1. É causada por um retrovírus.
2. Pode ser transmitida pelo leite materno das mães contaminadas pelo HIV.
3. O uso de preservativos (camisinha) durante as relações sexuais é uma das principais medidas profiláticas.
4. A transmissão é frequente pelo contato de mãos.

Considerando o estágio atual de conhecimentos, estão corretas:

- (a) 1, 3 e 4, apenas.
- (b) 2 e 4, apenas.
- (c) 1, 2 e 3, apenas.
- (d) 2 e 3, apenas.
- (e) 1, 2, 3 e 4.

**14** Uma das estratégias mais eficientes de que os órgãos de saúde dispõem no combate às doenças infecciosas é a prevenção através da vacinação em massa da população. Esse combate só é possível quando se conhece o agente causal da doença. Entre as doenças ocasionadas por vírus, podemos relacionar as seguintes:

- 01 Gonorreia.
- 02 Raiva ou hidrofobia.
- 04 Cólera.
- 08 Meningite meningocócica.
- 16 Poliomielite.

Soma =

**15** Que doenças poderiam ser evitadas com a eliminação de reservatórios de água parada onde se reproduzem insetos vetores?

- (a) Cólera, dengue e esquistossomose.
- (b) Cólera, dengue e malária.
- (c) Cólera, esquistossomose e febre amarela.
- (d) Dengue, febre amarela e malária.
- (e) Esquistossomose, febre amarela e malária.

**16** O vírus da AIDS é formado por uma cápsula esférica contendo em seu interior o material genético. Esse tipo de vírus é chamado retrovírus porque:



- (a) o RNA produz um “molde” de molécula de DNA.
- (b) o RNA torna-se uma molécula autoduplicável.
- (c) o DNA possui cadeia simples sem timina.
- (d) o DNA possui mecanismos de retroação.
- (e) o DNA e o RNA não se pareiam.

**17** Considere as seguintes possibilidades de transmissão de um agente patogênico:

- I. transfusão de sangue
- II. aperto de mão e abraço
- III. uso de banheiros públicos
- IV. relações sexuais
- V. uso de seringas, material cirúrgico e agulhas

O vírus da AIDS pode ser transmitido, comprovadamente, através de apenas:

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

**18** A maioria dos morcegos que vemos voando durante a noite, na cidade, são completamente inofensivos ao homem. São morcegos frugívoros, ou seja, que se alimentam de frutos. Existem também aqueles que são nectívoros, ou seja, se alimentam do néctar das flores. No entanto, no meio rural, ocorrem morcegos-vampiros, atraídos pela existência de bois, vacas e cavalos, dos quais sugam o sangue; eventualmente, esses morcegos podem sugar sangue do homem. Tal fato é preocupante, pois os morcegos hematófagos são, conhecidamente, transmissores de uma doença virótica e fatal, se não tratada a tempo.

A doença à qual o texto se refere é:

- (a) Caxumba.
- (b) Hepatite.
- (c) Rubéola.
- (d) Raiva.
- (e) Sarampo.

**19 Uece** Com relação ao vírus da AIDS, as pesquisas científicas revelam que:

- I. ele infecta linfócitos.
- II. o seu RNA tem capacidade de associar-se a uma enzima – transcriptase reversa e “produzir” um molde de DNA.
- III. ele é um retrovírus que debilita drasticamente o sistema imunológico.

Assinale a opção se:

- (a) apenas I e III estiverem corretas.
- (b) I, II e III estiverem corretas.
- (c) apenas II e III estiverem corretas.
- (d) apenas III estiver correta.

**20** Assinale a alternativa que associa corretamente o tipo de doença, o agente causador e seu respectivo modo de transmissão.

- (a) Botulismo, vírus, ingestão de alimentos enlatados, em conserva ou defumados contaminados com a toxina botulínica.
- (b) Sarampo, vírus, contato direto com pessoas doentes ou pelo ar e utensílios contaminados.
- (c) Cólera, vírus, ingestão de água ou de alimentos contaminados.
- (d) Dengue, bactéria, através de picada do mosquito *Aedes aegypti*, contaminado.
- (e) Leptospirose, bactéria, contaminação pelo sêmen, pelo sangue, ou por secreções dos olhos.



**21 Fatec-SP** Os vírus são minúsculos “piratas” biológicos, porque invadem as células, saqueiam seus nutrientes e utilizam as reações químicas destas para se reproduzir. Logo em seguida os descendentes dos invasores transmitem-se a outras células, provocando danos devastadores. A estes danos dá-se o nome de virose, como a raiva, a dengue hemorrágica, o sarampo, a gripe etc.

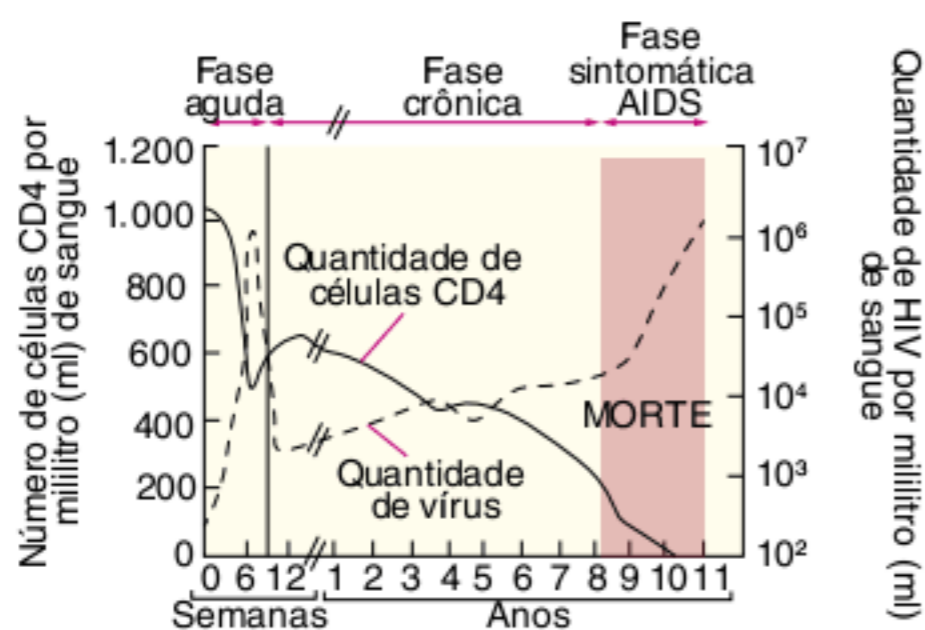
Andrew Scott. *Piratas da célula*. (Adapt.).

De acordo com o texto, é correto afirmar que:

- (a) os vírus utilizam o seu próprio metabolismo para destruir células, causando viroses.
- (b) os vírus utilizam o DNA da célula hospedeira para produzir outros vírus.
- (c) os vírus não têm metabolismo próprio.
- (d) as viroses resultam sempre das modificações genéticas da célula hospedeira.
- (e) as viroses são transcrições genéticas induzidas pelos vírus que degeneram a cromatina na célula hospedeira.

**22 Fuvest** O HIV, causador da AIDS, é transmitido de pessoa a pessoa através de relações sexuais, por exposição direta a sangue contaminado ou da mãe para o filho, durante a vida intrauterina ou através da amamentação. No corpo, o vírus invade certas células do sistema imunitário – incluindo os linfócitos T auxiliares, ou CD4 –, multiplica-se dentro delas e se espalha para outras células. [...]

John G. Bartlett; Richard D. Moore. *Scientific American*, n. 279, p. 64-7, 1998.



O gráfico indica as quantidades de células CD4 (linha cheia, com escala à esquerda) e de vírus (linha interrompida, com escala à direita) no sangue de um paciente que não recebeu tratamento algum no curso de uma infecção pelo HIV. Esse gráfico mostra que:

- (a) a partir do momento da infecção, a quantidade de vírus aumentou continuamente até a morte do paciente.
- (b) no início da infecção, o sistema imunitário foi estimulado, o que provocou aumento na quantidade de células CD4.
- (c) a quantidade de vírus aumentou sempre que ocorreu aumento de células CD4, onde eles se reproduzem.
- (d) os sintomas típicos da doença apareceram quando a quantidade de células CD4 caiu abaixo de 200 por mL de sangue.
- (e) não existiu relação entre a quantidade de vírus e a quantidade de células CD4 no sangue do paciente infectado pelo HIV.

**23** Parte da comunidade científica mundial está mobilizada na busca da cura da Síndrome da Imunodeficiência Adquirida, conhecida como AIDS.

Considere as afirmativas a seguir, relacionadas ao vírus causador da AIDS.

- I. A AIDS é causada por um vírus caracterizado como um retrovírus.
- II. Os vírus parasitam as células transportadoras de oxigênio do hospedeiro.
- III. Os antibióticos são efetivos no combate a esse vírus.
- IV. Os genes que codificam a cápsula proteica externa do vírus sofrem mutações.
- V. Os genes dos vírus ficam ligados ao DNA da célula.

Quais estão corretas?

- (a) Apenas I, II e IV.
- (b) Apenas I, III e V.
- (c) Apenas I, IV e V.
- (d) Apenas II, III e IV.
- (e) Apenas II, III e V.

**24** Relativamente aos vírus afirma-se, corretamente, que:

- (a) no caso dos retrovírus, que causam diversos tipos de infecções, a enzima transcriptase reversa catalisará a transformação do DNA viral em RNA mensageiro.
- (b) em qualquer infecção viral, o ácido nucleico do vírus tem a capacidade de se combinar quimicamente com substâncias presentes na superfície das células, o que permite ao vírus reconhecer e atacar o tipo de célula adequado a hospedá-lo.
- (c) no caso dos vírus que têm como material genético o DNA, este será transcrito em RNA mensageiro, que comandará a síntese de proteínas virais.
- (d) em qualquer infecção viral, é indispensável que o capsídeo permaneça intacto para que o ácido nucleico do vírus seja transcrito.
- (e) em todos os vírus que têm como material genético o RNA, este será capaz de se duplicar sem a necessidade de se transformar em DNA, originando várias cópias na célula hospedeira.

**25** Dengue é uma doença limitada a certas áreas geográficas. Essa limitação deve-se:

- (a) ao fato de a doença não ser contagiosa.
- (b) à falta de combate adequado ao transmissor.
- (c) à distribuição geográfica do inseto transmissor.
- (d) à inexistência do agente patogênico em regiões tropicais.
- (e) à ausência de alimento para o agente patogênico em certos ambientes.

**26** Considere as quatro afirmações seguintes.

- I. O uso de preservativos é dispensável nas relações sexuais entre duas pessoas já infectadas pelo HIV.
- II. O diafragma usado com espermicida é um método eficiente para se evitar o contágio pelo HIV.



- III. Uma mulher HIV positiva pode transmitir o vírus ao seu filho durante a gravidez e o parto e pela amamentação.
- IV. Nem todo portador do HIV tem a Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS).

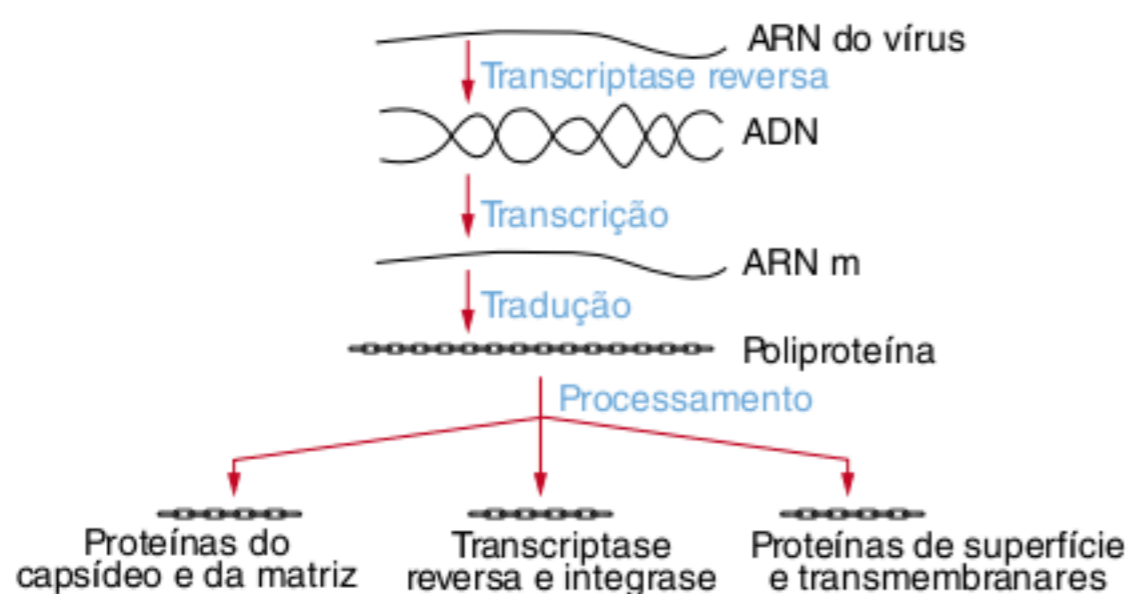
Das afirmações apresentadas, são corretas:

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

**27** A revista *Ciência Hoje* (n. 140, 1998) publicou um artigo relatando que pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz desenvolveram uma vela preparada com o bagaço da semente de andiroba, cuja queima é capaz de inibir o apetite das fêmeas do mosquito *Aedes aegypti*.

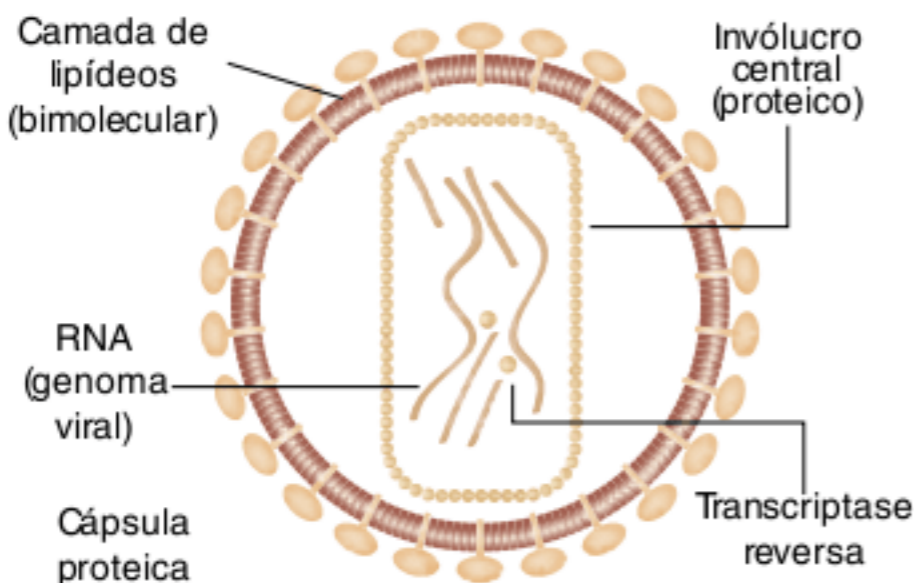
- a) Cite uma doença transmitida por este mosquito.  
 b) Explique, através do mecanismo de contágio, como a vela de andiroba pode colaborar na diminuição da proliferação desta doença.

**28** A figura a seguir mostra o ciclo de replicação do HIV (um retrovírus).



Para o tratamento dos portadores de HIV administra-se um coquetel de medicamentos que, além do inibidor de transcriptase reversa, contém inibidores de proteases. Explique de que forma os compostos inibidores de proteases possuem atividade terapêutica naqueles indivíduos portadores do HIV.

**29** Observe o vírus da AIDS representada a seguir:



“O vírus da AIDS é classificado como **retrovírus** e pode ser disseminado no organismo na forma de um **provírus**”.

Os dois termos destacados referem-se às características do vírus da AIDS. Descreva, de modo resumido, o significado destas duas características.

- a) Retrovírus.  
 b) Provírus.

**30** Até o ano 2008, o número de pessoas contaminadas com o vírus da AIDS chegou a 33 milhões. Em média, cinco pessoas, no mundo, são infectadas a cada minuto, e calcula-se que, na próxima década, cerca de 20 milhões de pessoas morram por causa da AIDS.

Dentre as diversas maneiras pelas quais a AIDS tem sido disseminada, não foi comprovado que o vírus seja transmitido por:

- (a) relação sexual.  
 (b) uso comum de seringas.  
 (c) aperto de mão e beijo social.  
 (d) transfusão de sangue.  
 (e) gestação envolvendo mãe aidética.

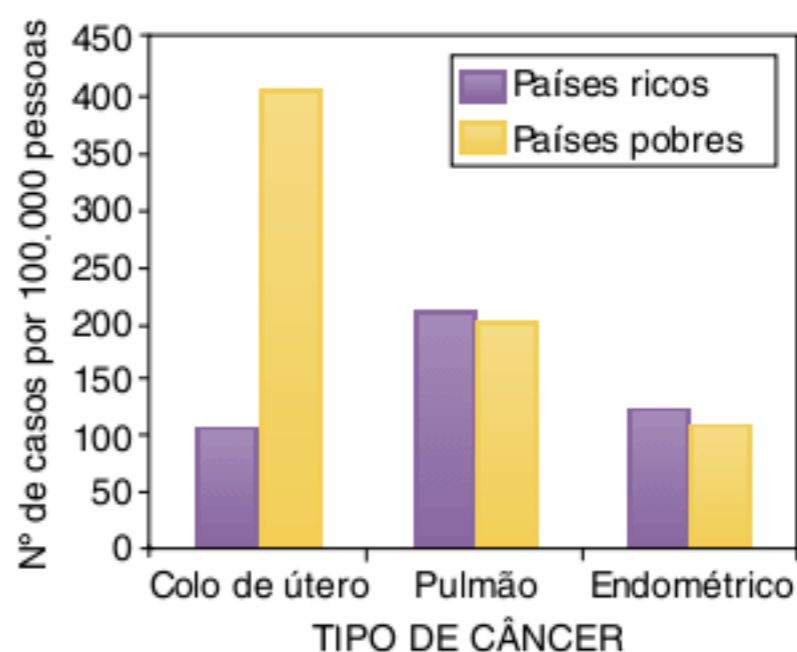
**31** Determinado medicamento tem o seguinte modo de ação: suas moléculas interagem com uma determinada proteína desestabilizando-a e impedindo-a de exercer sua função como mediadora da síntese de uma molécula de DNA, a partir de um molde de RNA. Este medicamento:

- (a) é um fungicida.  
 (b) é um antibiótico com ação sobre alguns tipos de bactérias.  
 (c) impede a reprodução de alguns tipos de vírus.  
 (d) impede a reprodução de alguns tipos de protozoários.  
 (e) inviabiliza a mitose.

**32** O HPV (papiloma vírus humano) é um vírus sexualmente transmitido, causador do aparecimento de verrugas genitais em homens e mulheres. A infecção pelo HPV em mulheres está diretamente relacionada à incidência de um tipo de câncer que pode ser diagnosticado precocemente por meio de um teste histológico simples e barato, o teste de Papanicolau.

Após a puberdade, esse teste é realizado regularmente pela maioria das mulheres em países ricos, o que não ocorre nos países pobres. Um resultado positivo no teste permite tratamento precoce e é importante para que as mulheres possam evitar a transmissão posterior do HPV.

O gráfico a seguir mostra a incidência de três tipos de câncer em mulheres de países ricos e pobres.









- a) Identifique o tipo de câncer causado por infecção pelo HPV. Justifique sua resposta.
- b) Indique um método eficaz para evitar a transmissão do HPV por indivíduos sexualmente ativos. Justifique sua resposta.

**33** Pandemias graves de gripe por vírus influenza repetem-se, no mundo, a determinados intervalos de tempo, causando milhões de mortes. Cientistas da OMS alertam para o fato de que a gripe aviária, surgida no sudeste asiático, pode provocar uma nova pandemia. O controle do alastramento desse vírus é problemático, não só devido às facilidades de transporte no mundo, mas, também, porque as vacinas produzidas para combatê-lo podem perder a sua eficácia com o tempo.

Essa perda de eficácia está associada à seguinte característica dos vírus influenza:

- (a) sofrer alterações em seu genoma com certa frequência.
- (b) inibir com eficiência a produção de anticorpos pelo hospedeiro.
- (c) destruir um grande número de células responsáveis pela imunidade.
- (d) possuir cápsula protetora contra a maioria das defesas do hospedeiro.

**34** Os quatro artrópodes (1, 2, 3 e 4) a seguir podem transmitir algumas doenças para o homem.

1	2	3	4
			
<i>Triatoma infestans</i> (Barbeiro hematófago)	<i>Aedes aegypti</i> (Mosquito tigre-asiático)	<i>Culex fatigans</i> (Pernilongo noturno)	<i>Xenopsylla cheopis</i> (Pulga-de-rato)

A respeito dos animais apresentados e das doenças que eles transmitem, assinale a afirmativa incorreta.

- (a) O artrópode 1, através de suas fezes, transmite ao homem um protozoário flagelado.
- (b) O mosquito 2 pode transmitir ao homem duas viroses, malária e febre amarela.
- (c) O mosquito 3 transmite uma verminose que se instala nos vasos sanguíneos do homem.
- (d) O inseto 4 é transmissor da bactéria causadora da peste bubônica ou peste negra.

**35** O *Aedes aegypti* é vetor transmissor da dengue. Uma pesquisa feita em São Luís – MA, de 2000 a 2002, mapeou os tipos de reservatório onde esse mosquito era encontrado. A tabela adiante mostra parte dos dados coletados nessa pesquisa.

Tipos de reservatórios	População de <i>A. aegypti</i>		
	2000	2001	2002
pneu	895	1.658	974
tambor/tanque/depósito de barro	6.855	46.444	32.787
vaso de planta	456	3.191	1.399
material de construção/peça de carro	271	436	276
garrafa/lata/plástico	675	2.100	1.059
poço/cisterna	44	428	275
caixa-d'água	248	1.689	1.014
recipiente natural, armadilha, piscina e outros	615	2.658	1.178
Total	10.059	58.604	38.962

Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, out. 2005. (Adapt.).

De acordo com essa pesquisa, o alvo inicial para a redução mais rápida dos focos do mosquito vetor da dengue nesse município deveria ser constituído por:

- (a) pneus e caixas-d'água.
- (b) tambores, tanques e depósitos de barro.
- (c) vasos de plantas, poços e cisternas.
- (d) materiais de construção e peças de carro.
- (e) garrafas, latas e plásticos.

**36** A dengue continua sendo um problema de saúde pública para o estado do Rio de Janeiro. Assim, conhecendo-se o causador da dengue e seu vetor, podemos usar como medidas profiláticas a:

- (a) vacinação em massa da população contra a bactéria causadora dessa doença.
- (b) exterminação de ratos vetores do vírus causador dessa doença.
- (c) eliminação dos insetos vetores da bactéria causadora dessa doença.
- (d) eliminação dos insetos vetores do vírus causador dessa doença.
- (e) distribuição de antibióticos contra a bactéria causadora dessa doença.



# 9

FRENTE 2

## Fungos e algas

Líquens são formados por fungos em associação com cianobactérias ou algas. Os fungos são heterótrofos e as algas são autótrofas fotossintetizantes. Algas e fungos desempenham papéis opostos nos ecossistemas: algas atuam como produtores, enquanto os fungos são decompositores ou consumidores, mas ambos são fundamentais para a manutenção do equilíbrio da natureza.



## Reinos *Fungi* e *Protoctista*

O domínio *Eukarya* é constituído pelos seres eucariontes, que incluem fungos, plantas, animais e protistas. Neste capítulo, serão estudados os reinos *Fungi* e *Protoctista*. O Reino *Protoctista* é polifilético, constituído por seres que descendem de ancestrais diferentes; isso significa que o Reino *Protoctista* foi artificialmente elaborado. Neste reino estão as algas, os protozoários (já estudados na Frente 3, no volume 1) e os mixomicetos, que serão estudados no Texto Complementar desse capítulo.

A partir de certos grupos de *protoctistas*, surgiram organismos pertencentes aos reinos *Fungi*, *Animalia* e *Plantae*. Os protozoários, por exemplo, estão relacionados à origem evolutiva dos animais, enquanto as plantas originaram-se de algas verdes. Muitos cientistas consideram que os fungos foram gerados a partir de certos protistas, que até pouco tempo atrás eram classificados como “fungos primitivos” (Fig.1).

## Fungos

A variedade de fungos é enorme, compreendendo cogumelos, bolores, orelhas-de-pau, leveduras (o fermento biológico) e organismos causadores de micoses, como o “sapinho” e o pé de atleta (Fig. 2).

### Características dos fungos

Todos os fungos são **eucariontes**; podem ser **unicelulares** (como as leveduras) ou **pluricelulares**, como o cogumelo e a orelha-de-pau. As células dos fungos têm reserva constituída por **glicogênio** (células musculares e do fígado também acumulam glicogênio) e sua parede celular é constituída por **quitina** (também presente no exoesqueleto de artrópodes).

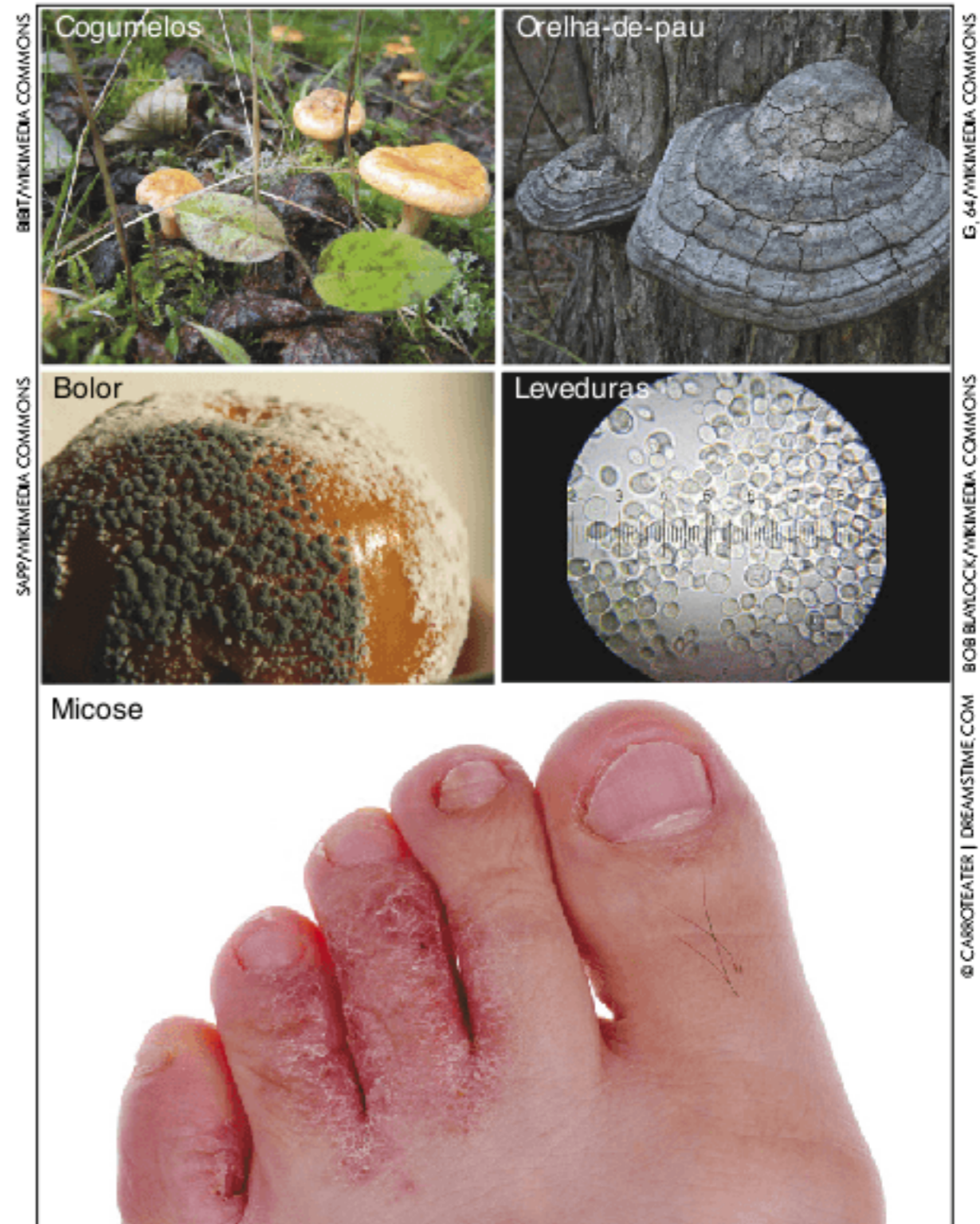


Fig. 2 Fungos representativos: cogumelo, orelha-de-pau, bolor e levedura (observada ao microscópio). A pele humana também pode ser afetada por fungos causadores de micoses.

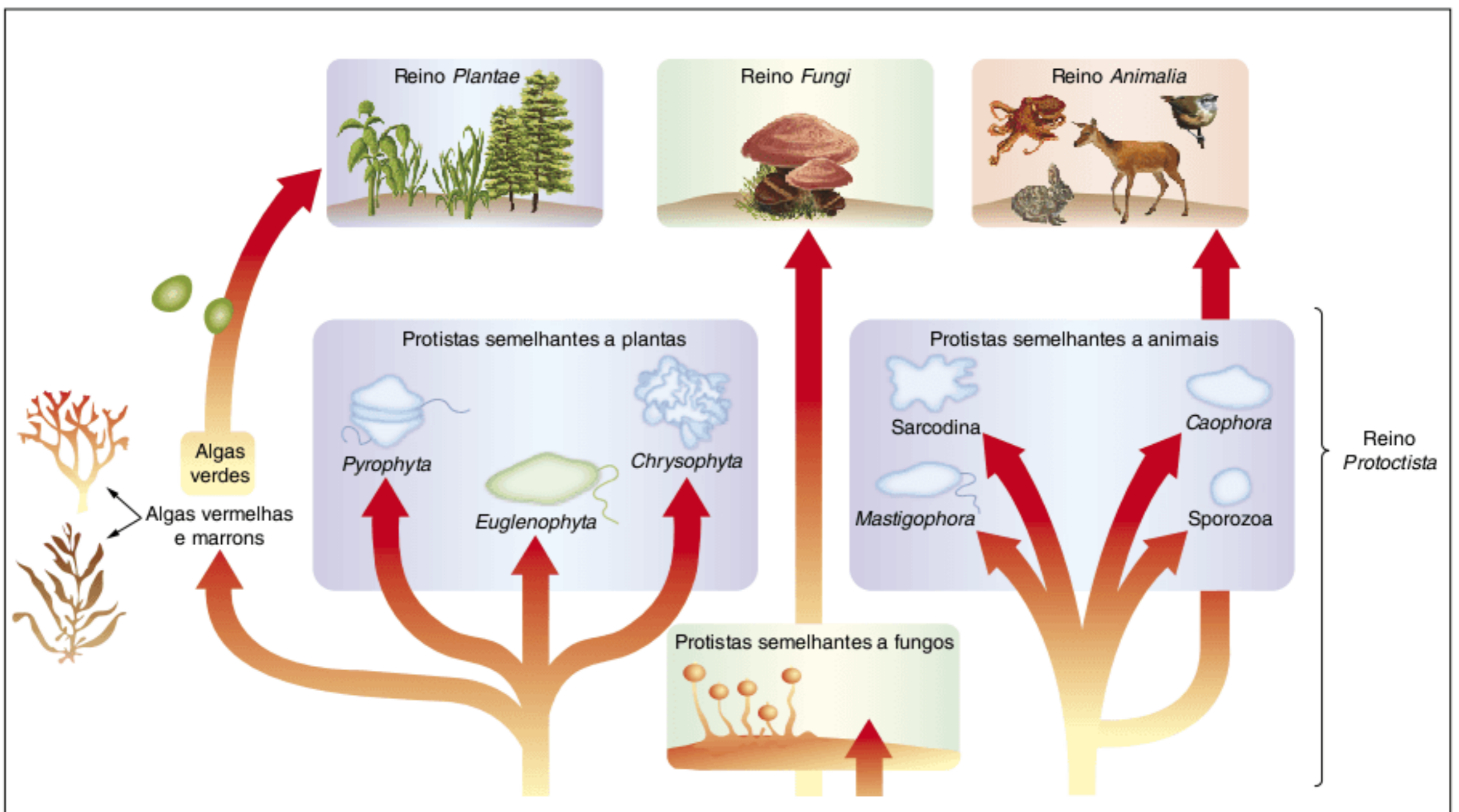


Fig. 1 O reino *Protoctista* tem grande diversidade em relação à origem evolutiva de seus integrantes. Nesse reino estão incluídos os vários grupos de algas. A partir de certos *protoctistas* formaram-se plantas, animais e fungos.



Fungos são aclorofilados e não realizam fotossíntese ou quimiossíntese. Todos são **heterótrofos** e muitos deles se comportam como **parasitas**; inúmeros atuam como **saprobílicos** (decompositores).

Fungos pluricelulares têm o organismo constituído por filamentos denominados **hifas** cujo conjunto forma o **micélio**. As hifas ficam imersas no alimento utilizado pelo fungo, que se desenvolve em local que apresente água e seja rico em matéria orgânica como esterco, madeira, frutas ou o organismo de eventuais hospedeiros. Os fungos realizam **digestão extracorpórea**, desprendendo enzimas digestivas para o ambiente, onde é realizada a digestão do alimento. Os produtos da digestão são absorvidos e empregados em seu metabolismo (Fig. 3).

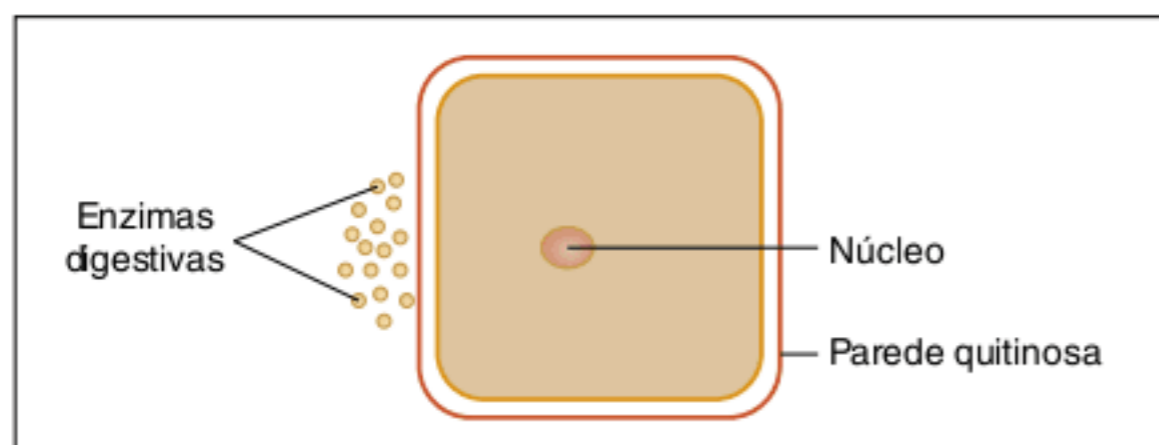


Fig. 3 Representação esquemática de célula componente de fungo. A liberação de enzimas digestivas relaciona-se com a ocorrência de digestão extracorpórea.

Quando o micélio se desenvolve bastante no substrato, muitas hifas emergem, constituindo a estrutura conhecida como **corpo de frutificação**. No caso de um cogumelo, o corpo de frutificação é a parte visível de seu organismo, formada por um pilar e um chapéu. Sob o chapéu, há placas denominadas **lamelas**, em cujas laterais se formam minúsculos **esporângios**, que são estruturas produtoras de **esporos** (Fig. 4).

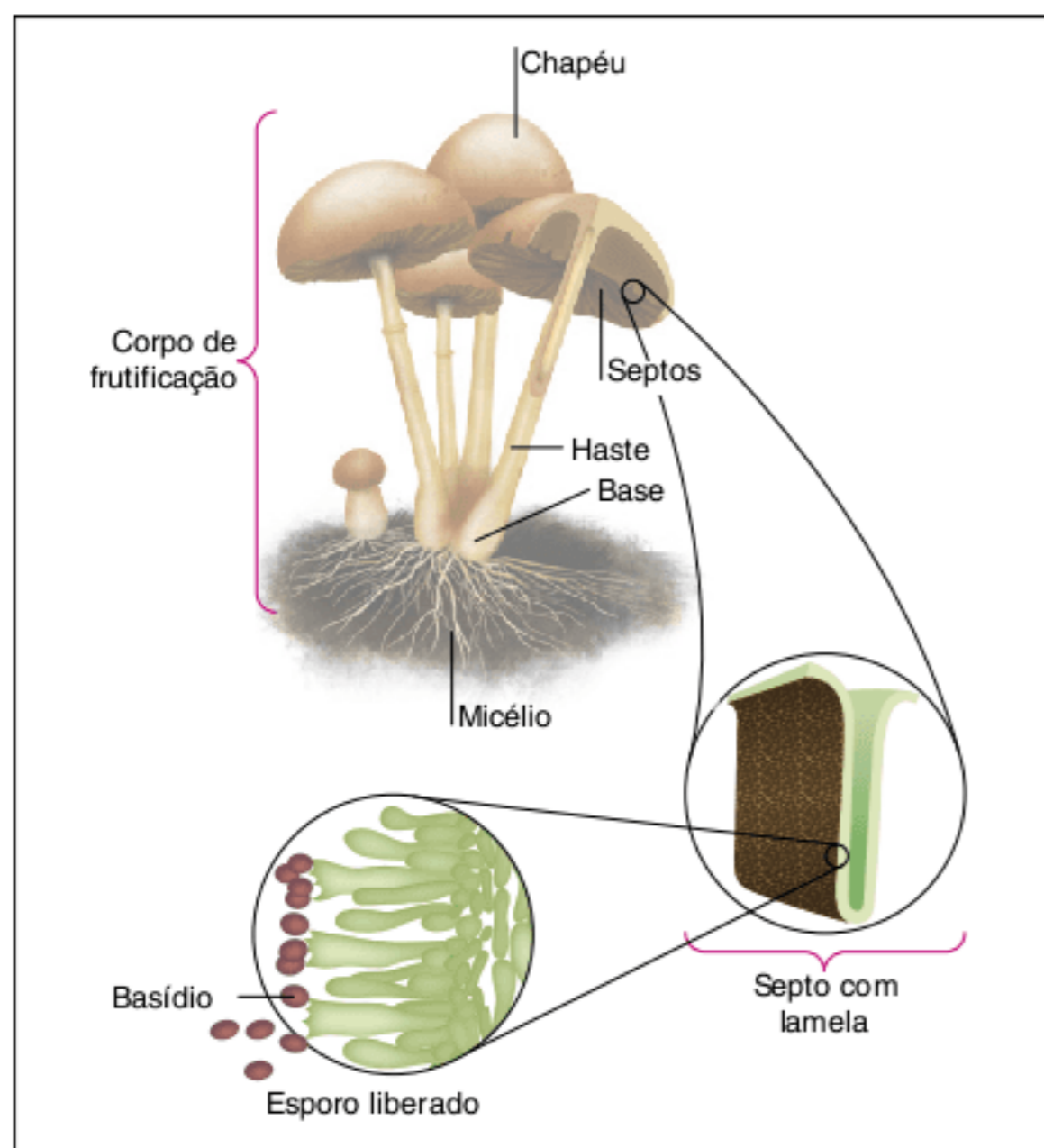


Fig. 4 Organização de um cogumelo. Corpo de frutificação é a parte externa do cogumelo; ele contém esporângios que produzem esporos.

Os esporos do cogumelo são células reprodutoras, que, carregadas pelo vento, se dispersam pelo ambiente. Se o esporo cair em um substrato adequado, ele absorverá água e iniciará a formação de novas hifas. A reprodução dos cogumelos é **sexuada**, e ocorre quando hifas compatíveis se unem, formando um novo cogumelo.

As hifas dos fungos podem apresentar separação com paredes transversais, denominadas **septos** (são **hifas septadas**). Em certos fungos, como no bolor preto de pão, as hifas não apresentam septos; são denominadas **hifas cenocíticas** e seu interior é ocupado por **protoplasma** (matéria viva), com inúmeros núcleos imersos (Fig. 5).

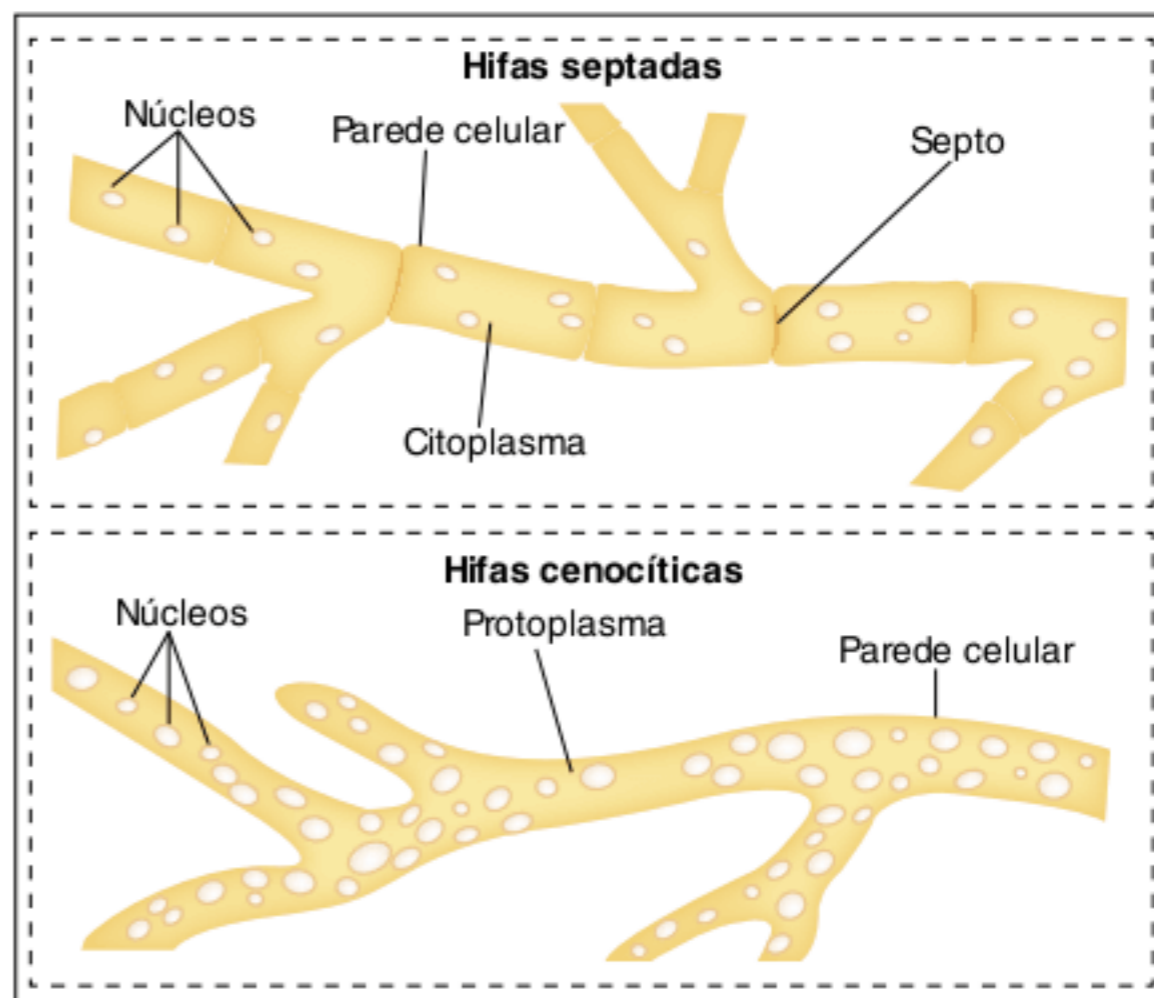


Fig. 5 Tipos de hifas: septadas (com parede divisória) e cenocítica (sem parede divisória).

A reprodução das leveduras pode ocorrer por meio de esporos e também por um processo de **brotamento (reprodução assexuada)**, em que um indivíduo gera um organismo idêntico, porém de menor tamanho, que pode se destacar e formar um organismo independente (Fig. 6).

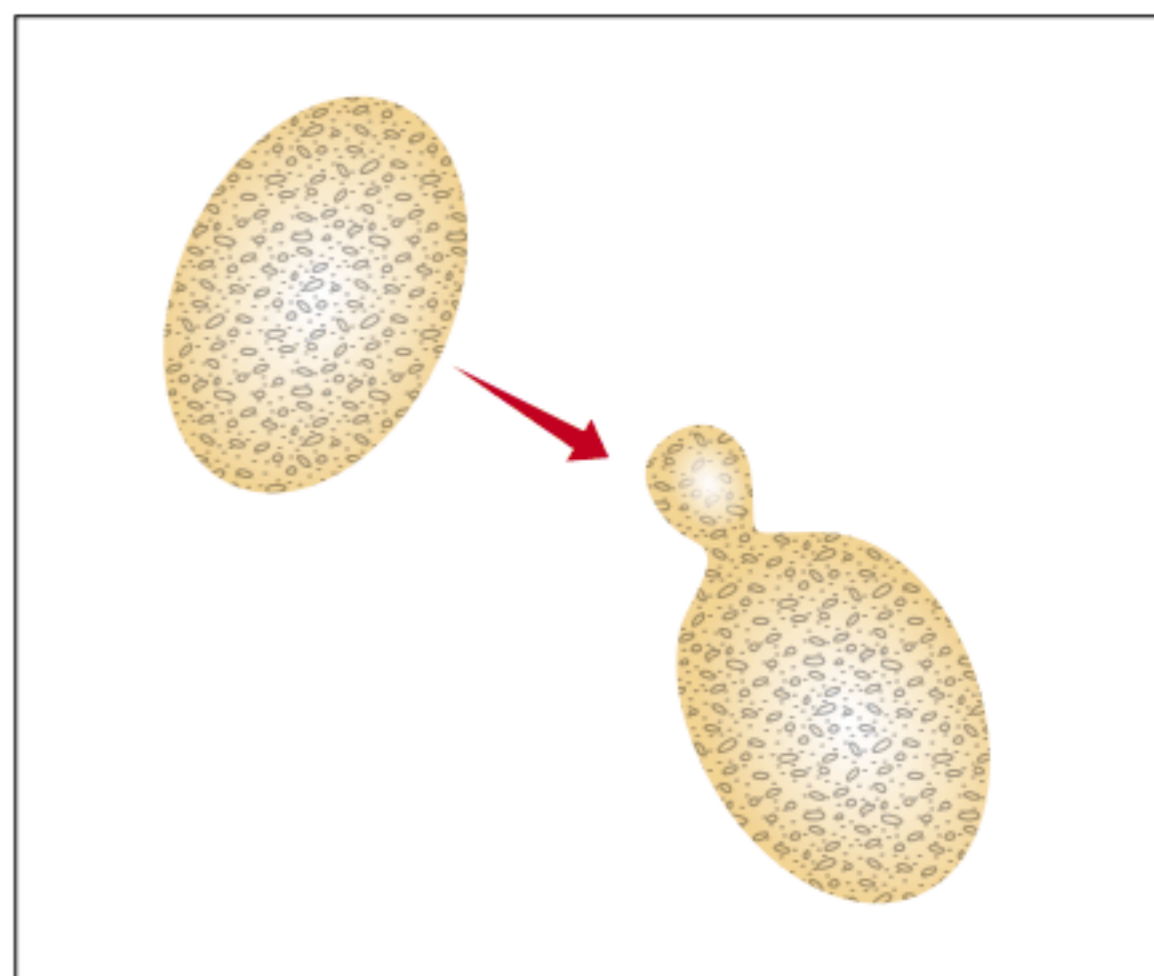


Fig. 6 Reprodução de levedura por brotamento.



## Importância dos fungos

Há quatro aspectos da importância dos fungos: alimentar, industrial, ecológica e as doenças que podem causar.

### Importância alimentar

Existem diversos cogumelos comestíveis, como o champinhom, o shitake e a trufa. No entanto, alguns cogumelos são venenosos e, outros, alucinógenos.

### Importância industrial

Certos fungos, como o bolor do gênero *Penicillium*, são empregados na produção de antibióticos, como a penicilina. Os antibióticos são utilizados no tratamento de doenças bacterianas. As leveduras, como o *Saccharomyces* sp., são empregadas, pela sua atividade fermentativa, na produção de álcool e de pães. A conhecida levedura de cerveja é um fungo do gênero *Saccharomyces*.

### Importância ecológica

Muitos fungos atuam como **decompositores**, degradando matéria orgânica morta e contribuindo para a reciclagem de matéria na natureza. Há fungos que participam de associações do tipo mutualismo, como micorrizas e líquens. **Micorrizas** são constituídas por fungos associados a raízes de inúmeras espécies de plantas; os fungos absorvem água e nutrientes do solo e os transferem para as raízes, que fornecem a eles alimento orgânico. **Líquens** são associações de algas e fungos que possuem grande importância como espécies pioneiras. A alga fornece matéria orgânica ao fungo, que, por sua vez, dá à alga proteção e um ambiente úmido.

### Importância patológica

Alguns fungos causam doenças em seres humanos, genericamente denominadas **micoses**. Há micoses que atingem diferentes partes do organismo, como pele, unhas, cabelos, pulmões, sistema nervoso central e órgãos genitais. A **candidíase** ou **sapinho** é causada pelo fungo *Candida albicans* e pode provocar infecções nos órgãos genitais masculino e feminino. Existem doenças conhecidas como **ferrugens**, que afetam muitas variedades de plantas e que causam prejuízos em importantes culturas no Brasil, como a da soja, do cacau (a vasoura-de-bruxa) e da banana.

## Algas

Há uma grande variedade de algas, incluindo os seguintes grupos:

**Clorofíceas:** são as algas verdes. A maioria das espécies vive em água doce, mas há representantes marinhos e de solo úmido. São consideradas ancestrais das plantas. Incluem a *Ulva* sp. (alface-do-mar), o *Volvox* sp. (que forma colônias microscópicas e esféricas) e a *Acetabularia* sp., uma alga unicelular, mas visível a olho nu (Fig. 7).

**Euglenofíceas:** também conhecidas como algas euglenoides; a euglena é seu representante mais conhecido. Esses organismos são fotossintetizantes, mas, quando são colocados em ambiente sem luz, passam a consumir matéria orgânica do ambiente, comportando-se como heterótrofos (Fig. 8).

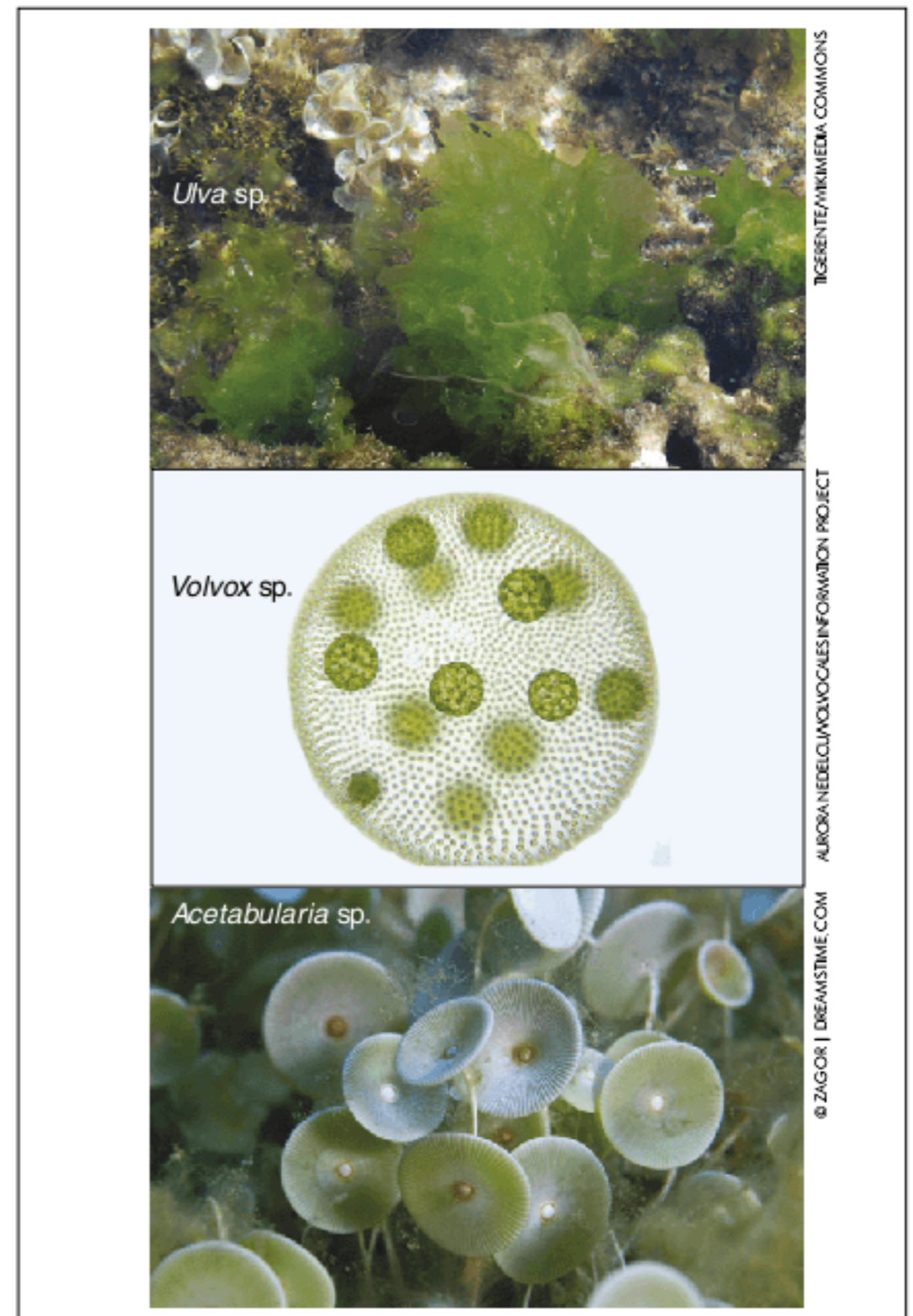


Fig. 7 Algumas clorofíceas: *Ulva* sp., também conhecida como alface-do-mar, é comum em nossas praias; *Volvox* sp. é uma colônia microscópica esférica; *Acetabularia* sp. é macroscópica, porém unicelular.

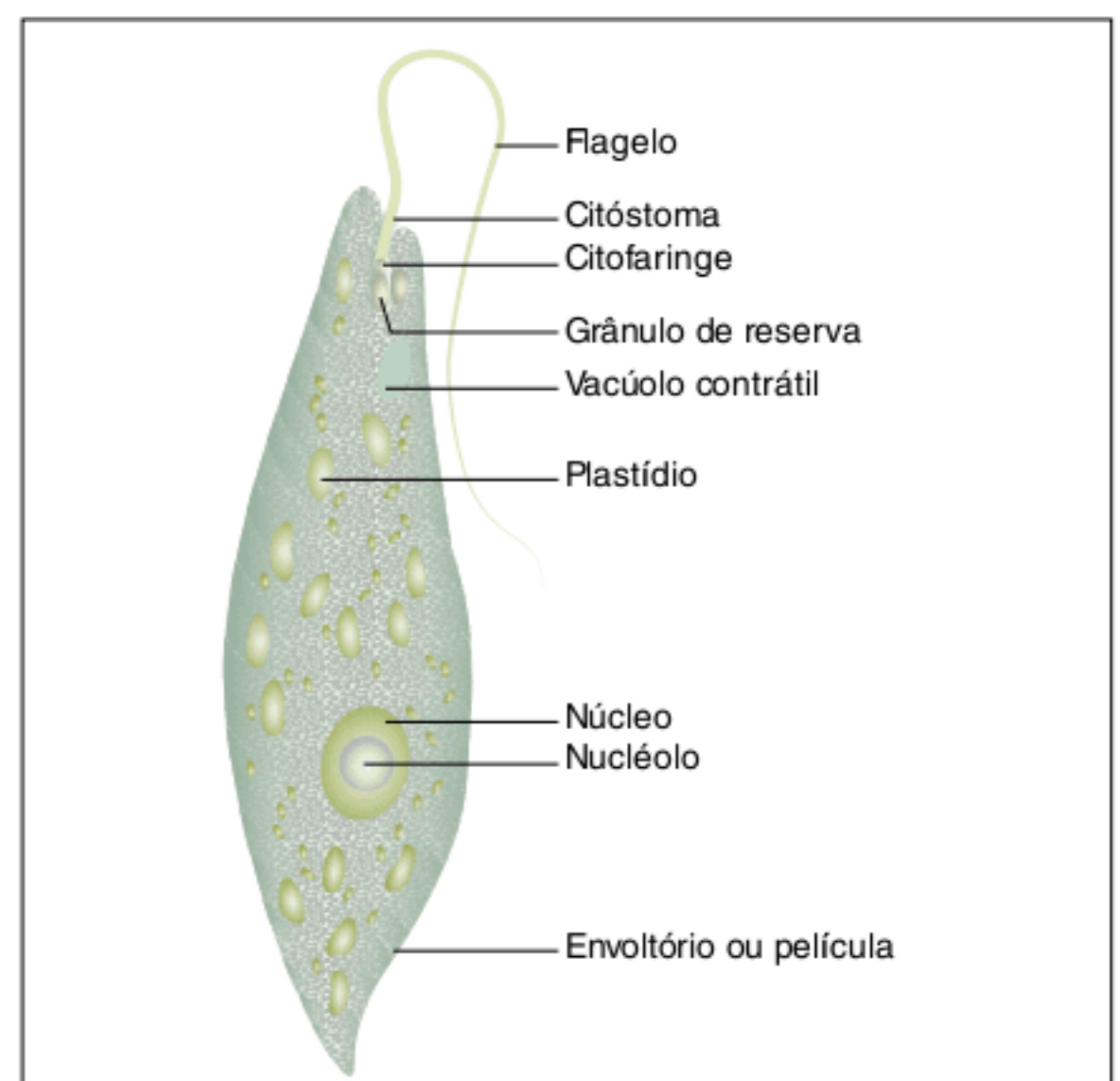


Fig. 8 As euglenofíceas são envolvidas por uma película e não possuem parede celular.



**Feofíceas:** são as algas pardas; apresentam o porte mais avantajado entre todas as algas. Incluem o sargaço e a *Laminaria sp.*, comuns no Brasil (Fig. 9).



Fig. 9 Algas pardas representativas: sargaço à esquerda e *Laminaria sp.* à direita.

**Rodofíceas:** são as algas vermelhas. Há várias de interesse alimentar e algumas são produtoras de ágar, substância utilizada para fazer meios de cultura de bactérias (Fig. 10).



Fig. 10 Rodofíceas destacam-se pela sua coloração.

**Diatomáceas:** abundantes no fitoplâncton; apresentam envoltório de sílica (Fig. 11).

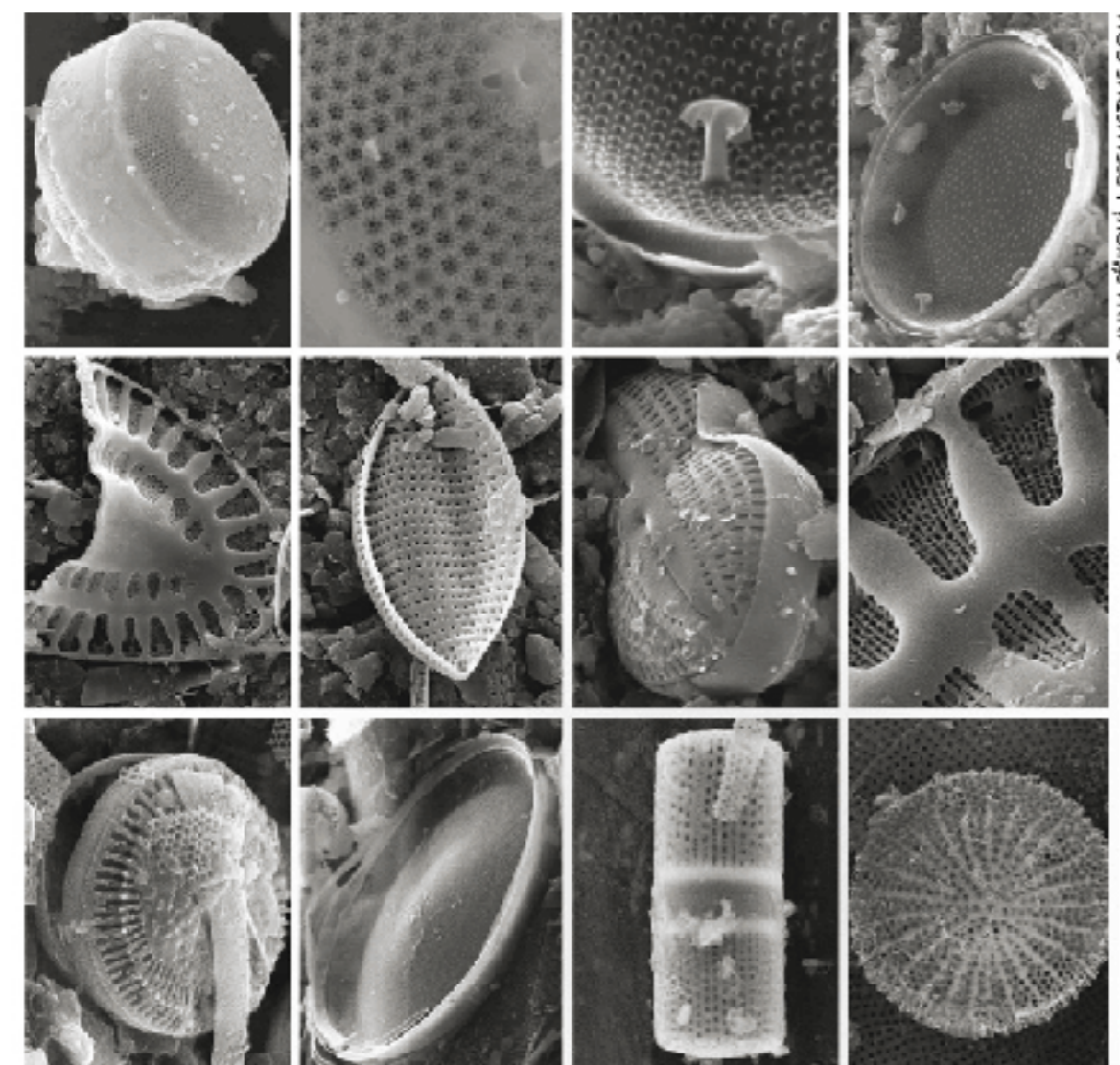


Fig. 11 As células de diatomáceas têm uma carapaça silicosa dotada de orifícios; isso permite sua proteção e a realização de trocas de materiais com o ambiente.

**Pirrofíceas:** são frequentemente denominadas dinoflagelados e também abundantes no fitoplâncton. Algumas causam a **maré vermelha**, uma liberação de toxinas devido a estresse ambiental, que mata diversos organismos marinhos (Fig. 12).



Fig. 12 Dinoflagelados são abundantes na superfície do mar; algumas espécies emitem luz (apresentam bioluminescência).

Atualmente, a classificação das algas passa por mudanças. Alguns autores consideram que as diatomáceas pertencem ao filo *Bacillariophyta* e que as algas douradas são do filo *Crysophyta*.

### Características das algas

Todas as algas são **eucariontes**; podem ser **unicelulares** ou **pluricelulares**. Entre as unicelulares encontram-se euglenofíceas, clorofíceas, diatomáceas e dinoflagelados. Entre as pluricelulares há clorofíceas, feofíceas e rodofíceas (em sua maioria). Todas as algas apresentam **plastos**, que contêm clorofila e outros pigmentos (carotenoides ou xantofilas). Assim, as algas são **autótrofas fotossintetizantes**. Com exceção das euglenofíceas, as algas apresentam **parede celular** (Fig. 13). Nas diatomáceas, a parede (ou



carapaça) é constituída por **silica** e nos demais grupos, a parede possui **celulose**, que em alguns grupos está associada a outra substância: alginato (nas feofíceas) ou ágar (nas rodofíceas).

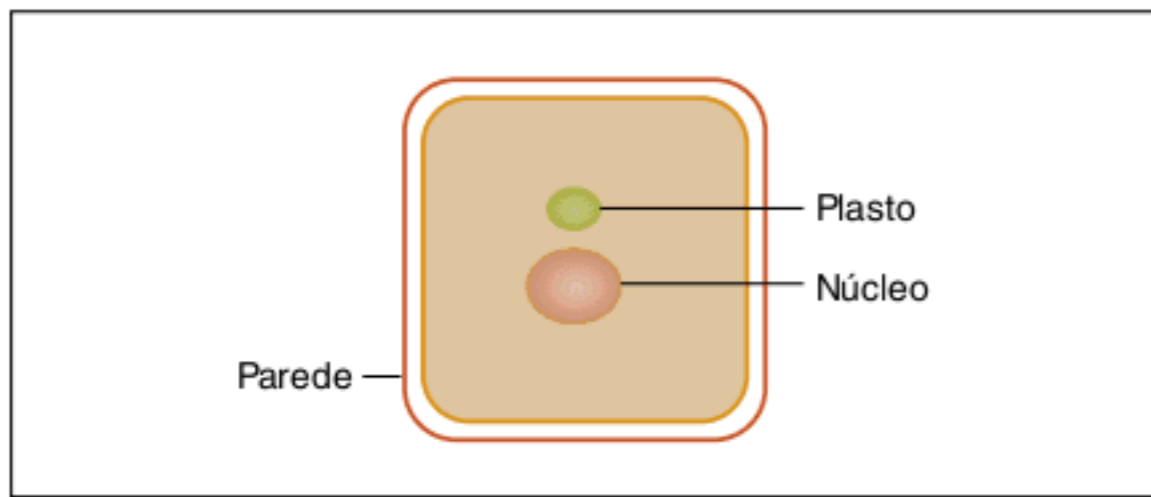


Fig. 13 Representação esquemática de célula de alga.

Algas ocupam ambientes que apresentam umidade e luz. Isso inclui o solo úmido (ocupado por algumas clorofíceas) e o meio aquático (mar e água doce). Algas aquáticas podem ocupar a superfície, constituindo o fitoplâncton, como ocorre com muitas clorofíceas, diatomáceas e dinoflagelados. Certas algas estão presas ao leito do meio aquático, fazendo parte do bento. São algas bentônicas certas clorofíceas, feofíceas e rodofíceas.

As algas apresentam diversas modalidades de reprodução (esse assunto será aprofundado mais adiante). No entanto, muitas algas unicelulares reproduzem-se assexuadamente, por **bipartição**. Um caso peculiar é o das diatomáceas, que apresentam a carapaça constituída por duas partes (chamadas valvas), uma maior e uma menor. Com a mitose, as valvas separam-se e, nas células-filhas, sempre é produzida uma valva menor, que se encaixa na maior; com isso, há uma redução de tamanho ao longo de algumas gerações. Posteriormente, ocorre reprodução sexuada, gerando indivíduos com o maior tamanho possível para a espécie (Fig.14).

### Importância das algas

Há três aspectos relacionados com a importância das algas: alimentar, industrial e ecológico.

#### Importância alimentar

Muitas algas podem servir de alimento para o ser humano e para o gado. Elas têm nutrientes minerais, vitaminas e proteínas. Entre as algas comestíveis encontram-se espécies de clorofíceas, feofíceas e rodofíceas.

#### Importância industrial

Algas representam fontes importantes de certas matérias-primas para a indústria. O **ágar** é obtido a partir de rodofíceas, sendo empregado na produção de alimentos e de meios de cultura para bactérias. O **alginato** é extraído de certas feofíceas, sendo utilizado na produção de sorvete e de diversos tipos de cosméticos.

O **diatomito** é uma rocha silicosa produzida no leito dos oceanos pela agregação de carapaças de diatomáceas. Tem textura porosa, sendo empregado na fabricação de filtros. Blocos de diatomito são usados para a fabricação de bananas de dinamite. O diatomito também é usado para a produção de polidores de metal e de dentifrícios. Em alguns lugares do Nordeste brasileiro, os blocos de diatomito são usados para construir casas.

Dentistas empregam uma mistura de diatomito com alginato para fazer a massa empregada em moldes dentários.

#### Importância ecológica

Juntamente com as cianobactérias, as algas são componentes do **fitoplâncton**, grupo de organismos responsável pela maior parte da fotossíntese no planeta. Alguns dinoflagelados (pirrofíceas) podem causar o fenômeno conhecido como **maré vermelha**. Sob certas condições, há uma intensa proliferação de alguns dinoflagelados (floração da água), os quais liberam uma toxina na água que pode causar a morte de diversos animais, como peixes, crustáceos, golfinhos e até mesmo seres humanos. Esse fenômeno caracteriza uma relação ecológica do tipo **amensalismo** ou **antibiose**. Os dinoflagelados matam animais que competem com eles por gás oxigênio, principalmente durante a noite (Fig. 15).



Fig. 15 Área afetada por maré vermelha.

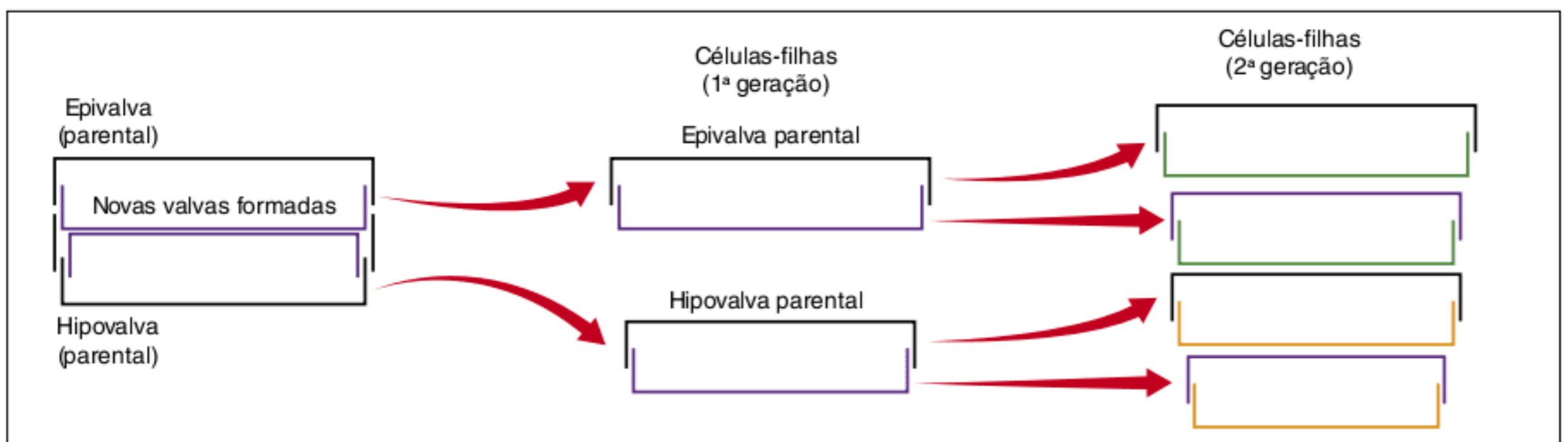


Fig. 14 Bipartição em diatomáceas. A carapaça tem duas metades silicosas (valvas) que se separam; cada metade é ocupada por outra valva menor.



# Revisando

**1** Cite exemplos de fungos utilizando nomes populares.

---

---

---

---

---

---

---

---

**2** Caracterize os fungos quanto à presença de carioteca, ao número de células e à presença de clorofila.

---

---

---

---

---

---

---

---

**3** Qual é a composição da parede celular dos fungos? Qual é a reserva alimentar dos fungos?

---

---

---

---

---

---

---

---

**4** Como ocorre a digestão nos fungos?

---

---

---

---

---

---

---

---

**5** O que é micélio?

---

---

---

---

---

---

---

---

**6** O que é corpo de frutificação?

---

---

---

---

---

---

---

---



**7** Cite a importância industrial dos fungos.

---

---

---

---

---

---

**8** Qual é a importância ecológica dos fungos?

---

---

---

---

---

---

---

---

**9** Cite doenças causadas por fungos.

---

---

---

---

---

---

---

---

**10** Caracterize as algas quanto à presença de carioteca, ao número de células e à presença de clorofila.

---

---

---

---

---

---

---

---

**11** Quais são os ambientes em que as algas são encontradas?

---

---

---

---

---

---

---

---

**12** Cite os materiais derivados de algas que têm utilidade na indústria.

---

---

---

---

---

---

---

---







os fungos em um reino à parte, Reino *Fungi*, que difere dos vegetais não apenas por não realizarem fotossíntese, mas também porque os fungos:

- (a) são procariontes, uni ou pluricelulares, enquanto os vegetais são eucariontes pluricelulares.
- (b) são exclusivamente heterótrofos, enquanto os vegetais são autótrofos ou heterótrofos.
- (c) não apresentam parede celular, enquanto todos os vegetais apresentam parede celular formada por celulose.
- (d) têm o glicogênio como substância de reserva energética, enquanto nos vegetais a reserva energética é o amido.
- (e) reproduzem-se apenas assexuadamente, enquanto nos vegetais ocorre reprodução sexuada ou assexuada.

**8 UFRN 2005** Uma das doenças do algodoeiro é provocada pelo acúmulo de micélios e esporos de um fungo do gênero *Fusarium* no interior dos vasos da planta, prejudicando o fluxo de seiva. Para o fungo, essas estruturas são importantes, pois estão relacionadas, respectivamente, com:

- (a) fixação e digestão.
- (b) crescimento e reprodução.
- (c) dispersão e toxicidade.
- (d) armazenamento e respiração.

**9 PUC-Rio 2008** Assinale a opção que não apresenta uma característica dos seres pertencentes ao Reino *Fungi*

- (a) São autotróficos e realizam fotossíntese.
- (b) Produzem antibióticos.
- (c) São capazes de realizar fermentação.
- (d) Realizam decomposição de matéria orgânica.
- (e) Suas células não possuem cloroplastos.

**10 PUC-PR 2004** Analise as afirmações relacionadas a seres dos Reinos Monera, Protista e *Fungi*

- I. A associação das bactérias do gênero *Rhizobium* com as leguminosas dá origem a uma simbiose de alto valor econômico e ecológico.
- II. *Penicillium notatum* é um representante do Reino *Fungi*, do qual Alexander Fleming extraiu um importante antibiótico, conhecido por penicilina.
- III. As micorrizas constituem um grupo de bactérias que realizam a fixação do nitrogênio da atmosfera.
- IV. O Reino *Fungi* apresenta espécies comestíveis e espécies tóxicas para o homem.
- V. As bactérias são seres procariontes, portanto classificadas no Reino Monera.

Estão corretas:

- (a) apenas I, II e III.
- (b) apenas I, II, IV e V.
- (c) apenas I, II, III e V.
- (d) todas.
- (e) apenas II e IV.

**11 PUC-MG 2007** Um grupo de organismos apresenta as seguintes características entre seus representantes:

- secretam enzimas digestivas que degradam grandes moléculas de alimento do ambiente, depois absorvem os produtos de degradação;
- muitos são sapróbios, absorvendo nutrientes da matéria morta;
- outros são parasitas absorvendo nutrientes de hospedeiros vivos;
- e outros ainda podem manter relações mutualísticas ou simbióticas com outros organismos.

Assinale o grupo que apresenta as características mencionadas.

- (a) Algas.
- (b) Fungos.
- (c) Briófitas.
- (d) Protistas.

**12 CEFET-SC 2008** Os fungos são organismos eucariontes, unicelulares ou pluricelulares, de vida livre ou não, encontrados nos mais variados ambientes, preferencialmente, em lugares úmidos e ricos em matéria orgânica.

Em qual das atividades humanas listadas a seguir não há participação de fungos?

- (a) Produção de álcool combustível.
- (b) Produção industrial de iogurte.
- (c) Fabricação de certos antibióticos.
- (d) Indústria da cerveja e do vinho.
- (e) Pesquisas em controle biológico.

**13 PUC-PR 1999** Algumas espécies do gênero *Penicillium* desempenham um papel importante na obtenção de antibióticos, utilizados no preparo de medicamentos importantes para o combate de certas doenças. O *Penicillium* é:

- (a) fungo.
- (b) alga.
- (c) vírus.
- (d) bactéria.
- (e) protozoário.

**14 CEFET-CE 2004** A fermentação é uma rota metabólica utilizada por alguns microrganismos na produção de substâncias que podem ter interesse econômico para o homem, como o álcool. Estão relacionados como agentes fermentadores nas indústrias de vinho e cerveja:

- (a) bactérias.
- (b) leveduras.
- (c) protozoários.
- (d) vírus.
- (e) algas.



**15 UFPel 2005** O Reino Fungi abrange organismos eucariontes, aclorofilados, que incorporam alimentos por absorção. Popularmente, são conhecidos como bolores, mofo, fermentos, levedos, orelhas-de-pau, trufas e cogumelos-de-chapéu (*Champignon*).

Sônia Lopes. Bio, 1994. v. único.

Os exemplos citados ilustram vários tipos e formas de fungos que podem estar voltados diretamente à saúde humana, à produção de alimentos, ao combate a pragas de lavouras, dentre muitos outros usos.

Em termos ecológicos, quanto aos fungos, é correto afirmar que:

- (a) obtêm seu alimento autotroficamente, ao decomporem organismos mortos, uma condição que os remete à classificação de saprófagos.
- (b) podem ser organismos anaeróbicos, por realizarem a fermentação, sendo úteis para o homem na produção de vinho, cerveja e pães.
- (c) são predadores, por se alimentarem de substâncias que derivam da biocenose, ou seja, dos restos orgânicos de organismos mortos.
- (d) são mutualísticos, ao estabelecerem associações com outros organismos, das quais ambos se beneficiam, como no caso das leveduras, que produzem açúcares por intermédio de processos fotossintéticos.
- (e) são parasitas, ao obterem seu alimento por decomposição de restos orgânicos de indivíduos mortos.

**16 PUC-Rio 2006** Líquens são considerados colonizadores de superfícies inóspitas porque são basicamente autossuficientes em termos nutricionais. Isso se deve, entre outros, ao fato de os líquens serem compostos de uma associação entre:

- (a) cianobactérias fotossintetizantes e fungos com grande capacidade de absorção de água e sais minerais.
- (b) bactérias anaeróbicas e fungos filamentosos com grande atividade fotossintetizante.
- (c) vegetais fotossintetizantes e fungos com grande capacidade de absorção de água e sais minerais.
- (d) bactérias anaeróbicas heterotróficas e cianobactérias que fazem fotossíntese.
- (e) protistas heterotróficos por absorção e protistas autotróficos por fotossíntese.

**17 Fuvest 2001** Os líquens da tundra ártica constituem a principal fonte de alimento para renas e caribus durante o inverno. As substâncias orgânicas do alimento desses animais, portanto, são primariamente produzidas por um dos organismos componentes do líquen. Qual é esse organismo e que processo ele utiliza para produzir substâncias orgânicas?

- (a) Um fungo; fermentação.
- (b) Um fungo; fotossíntese.
- (c) Um protozoário; fermentação.
- (d) Uma alga; fotossíntese.
- (e) Uma cianobactéria; quimiossíntese.

**18 UFC 1999** A grande importância ecológica das algas planctônicas é devida ao fato de elas proporcionarem:

- (a) o equilíbrio da temperatura dos oceanos.
- (b) a produção de oxigênio na Terra.
- (c) a ciclagem do nitrogênio nos oceanos.
- (d) o equilíbrio da salinidade dos oceanos.
- (e) o equilíbrio da temperatura na Terra.

**19 UFSCar 2000** Pode-se afirmar que fitoplâncton:

- (a) é constituído por organismos heterótrofos.
- (b) representa a comunidade dos produtores do plâncton.
- (c) não depende da presença de luz para se desenvolver.
- (d) representa a comunidade dos consumidores do plâncton.
- (e) é representado por organismos que se deslocam ativamente na água.

**20 Fuvest 2006** Nos ambientes aquáticos, a fotossíntese é realizada principalmente por:

- (a) algas e bactérias.
- (b) algas e plantas.
- (c) algas e fungos.
- (d) bactérias e fungos.
- (e) fungos e plantas.

**21 UFC 2008** Dentre a imensa diversidade de organismos presentes no ambiente, são apresentados a seguir três importantes grupos. Relacione as colunas de acordo com as características e a utilização dos organismos citados.

Coluna I

- I. Bactérias
- II. Protistas
- III. Fungos

Coluna II

- Pluricelulares, eucarióticos, heterotróficos e utilizados em biotecnologia.
- Unicelulares, sem separação física entre o material genético e o citoplasma e utilizados na limpeza de ambientes degradados.
- Unicelulares, eucarióticos, heterotróficos e utilizados como indicativos de possível presença de petróleo.
- Unicelulares, eucarióticos, autotróficos e utilizados na produção de abrasivos.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta:

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

**22 UFPE 2001** Em certas regiões do Nordeste brasileiro são utilizados, na construção de habitações rurais, tijolos de diatomitos constituídos por carapaças compactadas de diatomáceas. Esse material corresponde a:

- (a) algas feofíceas ou algas pardas (marrons).
- (b) algas crisofíceas ou douradas.
- (c) artrópodos (quilópodos e diplópodos).
- (d) poríferos ou esponjas.
- (e) moluscos gastrópodos.



23 Unesp 2003

**Maré vermelha deixa litoral em alerta**

Uma mancha escura formada por um fenômeno conhecido como “maré vermelha” cobriu ontem uma parte do canal de São Sebastião [...] e pode provocar a morte em massa de peixes. A Secretaria de Meio Ambiente de São Sebastião entrou em estado de alerta. O risco para o homem está no consumo de ostras e moluscos contaminados.

Vale Paraibano, 1 fev. 2003.

A maré vermelha é causada por:

- (a) proliferação de algas macroscópicas do grupo das rodófitas, tóxicas para consumo pelo homem ou pela fauna marinha.
- (b) proliferação de bactérias que apresentam em seu hialoplasma o pigmento vermelho ficoeritrina. As toxinas produzidas por essas bactérias afetam a fauna circunvizinha.
- (c) crescimento de fungos sobre material orgânico em suspensão, material este proveniente de esgotos lançados ao mar nas regiões das grandes cidades litorâneas.
- (d) proliferação de líquens, que são associações entre algas unicelulares componentes do fitoplâncton e fungos. O termo maré vermelha decorre da produção de pigmentos pelas algas marinhas associadas ao fungo.
- (e) explosão populacional de algas unicelulares do grupo das pirrófitas, componentes do fitoplâncton. A liberação de toxinas afeta a fauna circunvizinha.

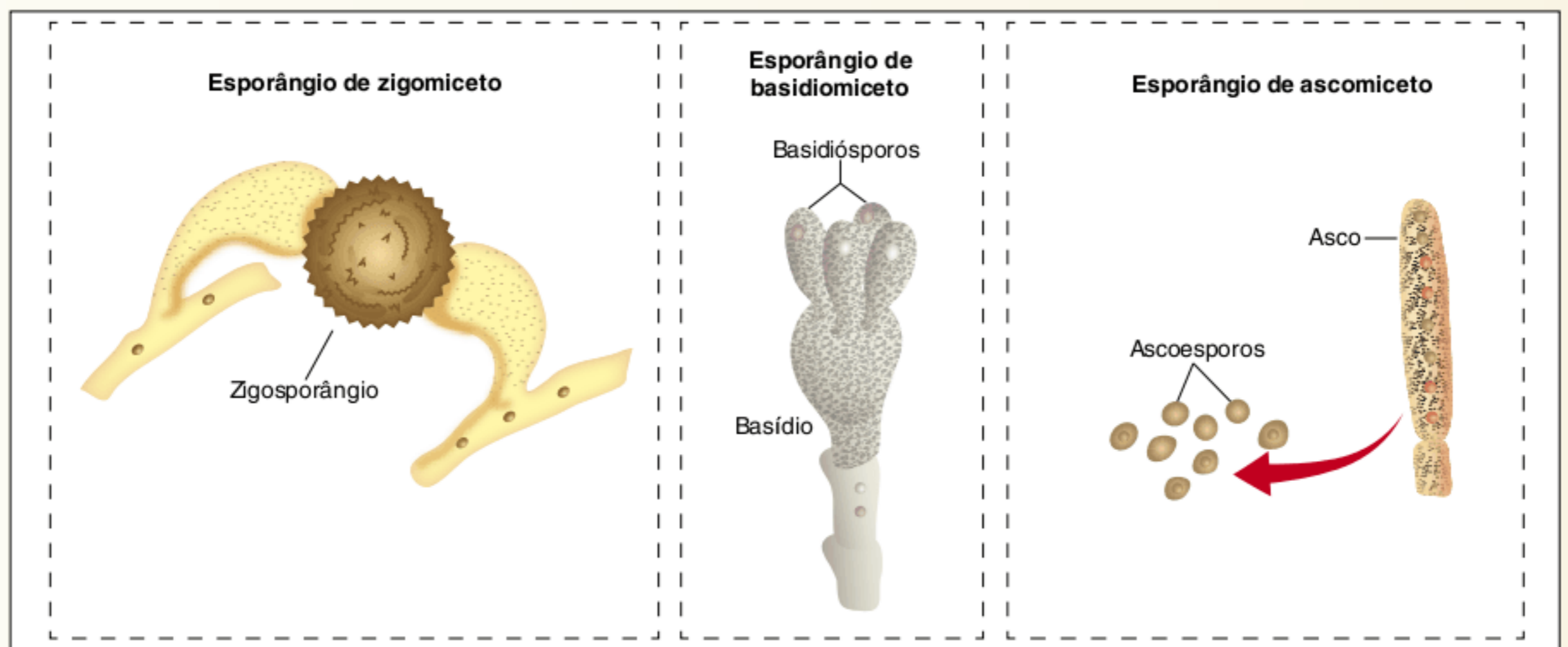
**TEXTOS COMPLEMENTARES**

**A classificação dos fungos**

Os fungos são divididos em quatro classes: zigomicetos, basidiomicetos, ascomicetos e deuteromicetos. Os **zigomicetos** apresentam hifas cenocíticas, enquanto os demais grupos têm hifas septadas. Além disso, a classificação é baseada no tipo de esporângios que os fungos formam.

Os zigomicetos, como o bolor preto de pão (*Rhizopus* sp.), formam hifas que se encontram, gerando um tipo de esporângio conhecido como zigosporângio. Os **basidiomicetos**, como cogumelo e orelha-de-pau, têm esporângio conhecido como basídio; trata-se de uma “base” sobre a qual são gerados quatro esporos (basidiósporos). Os **ascomicetos**, como o bolor rosado de pão e as leveduras, formam esporângio denominado asco, que tem o aspecto de uma bolsa; no interior do asco normalmente são gerados 4 ou 8 esporos (ascósporos). Os **deuteromicetos**, como a *Candida albicans*, constituem uma classe artificial de fungos, cuja reprodução sexuada ainda não é conhecida. Anualmente, várias espécies de deuteromicetos são “retiradas” dessa categoria e colocadas em outra classe, geralmente ascomicetos ou basidiomicetos, com a elucidação da sua reprodução sexuada.

Quatro grupos de organismos eram classificados como fungos: Oomycota, Chytridiomycota, Acrasiomycota e Myxomycota (mixomicetos). A tendência atual é classificá-los como integrantes do Reino Protocista.



Algumas classes de fungos e seus esporângios.



## Mixomicetos

Atualmente esses organismos são classificados como *protocistas*. São semelhantes a amebas gigantes e se desenvolvem em ambientes ricos em matéria orgânica. Resultam de um processo de fecundação, com um zigoto crescendo e dividindo o núcleo várias vezes, sem a ocorrência de separação do citoplasma. Depois de atingir certo tamanho, a estrutura forma um esporângio que produz e dispersa esporos pelo ambiente.



Exemplar de mixomiceto crescendo sobre tronco de árvore.

## RESUMINDO

O Reino *Protocista* inclui algas, protozoários e mixomicetos. A partir de certos grupos de protocistas, surgiram organismos pertencentes aos reinos *Fungi*, *Animalia* e *Plantae*.

### Fungos

São exemplos de fungos: cogumelo, bolor, orelha-de-pau, leveduras (o fermento biológico) e organismos causadores de micoses.

### Características dos fungos

Todos os fungos são eucariontes; podem ser unicelulares (como as leveduras) ou pluricelulares. A reserva dos fungos é de glicogênio e sua parede celular é de quitina. Fungos são aclorofilados e heterótrofos. Há parasitas e inúmeros são saprofágicos (decompositores).

Fungos pluricelulares têm o organismo constituído por filamentos denominados hifas; o conjunto das hifas forma o micélio. Os fungos realizam digestão extracorpórea: liberam enzimas digestivas para o ambiente onde é realizada a digestão do alimento, cujos produtos são absorvidos e empregados em seu metabolismo.

O corpo de frutificação de um cogumelo é a parte visível de seu organismo, formado por um pilar e um chapéu. Sob o chapéu, há placas denominadas lamelas, em cujas laterais se formam minúsculos esporângios, estruturas produtoras de esporos. Esporos são células reprodutoras; podem cair em um substrato adequado e formar novas hifas. A reprodução das leveduras também pode ocorrer por brotamento.

### Importância dos fungos

Importância alimentar: há muitos cogumelos comestíveis.

Importância industrial: certos fungos, como o bolor do gênero *Penicillium*, são empregados na produção de antibióticos, como a penicilina. As leveduras, como o *Saccharomyces* sp., são empregadas na produção de álcool e de pães.

Importância ecológica: muitos fungos atuam como decompositores. Há fungos que participam de associações do tipo mutualismo (micorrizas e líquens).

Importância patológica: há fungos que causam doenças em seres humanos, genericamente denominadas micoses. A candidíase, ou sapinho, é causada pelo fungo *Candida albicans* e pode provocar infecções nos órgãos genitais. Existem doenças, conhecidas como ferrugens, que afetam muitas variedades de plantas, como soja, cacau (a vassoura-de-bruxa), banana etc.

### Algas

Há uma grande variedade de algas, incluindo os seguintes grupos:

Clorófitas: são as algas verdes.

Euglenófitas: também conhecidas como algas euglenoides.

Feófitas: são as algas pardas.

Rodófitas: são as algas vermelhas.

Diatomáceas: abundantes no fitoplâncton; apresentam envoltório de sílica.

Pirófitas: são frequentemente denominadas dinoflagelados e são abundantes no fitoplâncton.

### Características das algas

Todas as algas são eucariontes; podem ser unicelulares ou pluricelulares. Todas apresentam plastos, que contêm clorofila e outros pigmentos (carotenoides ou xantofilas). As algas são autótrofas fotossintetizantes. Com exceção das euglenófitas, apresentam



parede celular. Nas diatomáceas, a parede (ou carapaça) é constituída por sílica e, nos demais grupos, a parede possui celulose. Em alguns grupos, a celulose está associada a outra substância, como alginato (nas feofíceas) e ágar (nas rodofíceas). Muitas algas unicelulares reproduzem-se assexuadamente por bipartição.

Algas são encontradas em solo úmido e meio aquático (água salgada ou doce). Algas aquáticas podem ocupar a superfície, constituindo o fitoplâncton. Certas algas estão presas ao leito do meio aquático, fazendo parte do bento.

### Importância das algas

Importância alimentar: há muitas algas que podem servir de alimento para o ser humano e para o gado.

Importância industrial: algas representam fontes importantes de certas matérias-primas para a indústria: ágar, alginato e diatomito.

Importância ecológica: juntamente com as cianobactérias, as algas são componentes do fitoplâncton, o responsável pela maior taxa de fotossíntese no planeta. Alguns dinoflagelados (pirrófíceas) podem causar o fenômeno conhecido como maré vermelha.

## ■ QUER SABER MAIS?



### SITES

- Informações sobre algas  
<[www.bcb.uwc.ac.za/algae](http://www.bcb.uwc.ac.za/algae)>.
- Fungos  
<[www.uwlax.edu/biology/volk/fungi3/index.htm](http://www.uwlax.edu/biology/volk/fungi3/index.htm)>.

## Exercícios complementares

**1 UFRRJ 2004** Um dos armários do laboratório da escola apareceu com pontos e fios brancos em suas portas, do lado interno. Um dos alunos identificou os pontos e os fios brancos como sendo um tipo de mofo. Para eliminá-lo, passou um pano embebido em álcool na porta, até limpá-la totalmente. Na semana seguinte, para surpresa do aluno, os pontos e fios reapareceram.

A partir dos seus conhecimentos a respeito da estrutura e biologia dos fungos, explique por que o mofo reapareceu.

**2 Unicamp 2004** O impressionante exército de argila de Xian, na China, enfrenta finalmente um inimigo. O oponente é um batalhão composto de mais de quarenta tipos de fungos, que ameaça a integridade dos 6.000 guerreiros e cavalos moldados em tamanho natural. Os fungos que agora os atacam se alimentam da umidade provocada pela respiração das milhares de pessoas que visitam a atração a cada ano.

Veja, 27 set. 2000. (Adapt.).

- a) Ao contrário do que está escrito no texto, a umidade não é suficiente para alimentar os fungos. Explique como os indivíduos do Reino *Fungi* se alimentam.
- b) Os fungos são encontrados em qualquer ambiente. Como se explica essa grande capacidade de disseminação?

**3 UFRGS 2008** Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações que seguem, referentes aos fungos.

- Sua reprodução se dá mediante a formação de esporos, que são células haploides.
- Suas paredes celulares são formadas por quitina.
- Sua substância de reserva é o amido.

Seu alimento é obtido por absorção de nutrientes do meio.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- (a) V – V – F – V.
- (b) F – F – V – V.
- (c) F – V – V – F.
- (d) V – F – F – V.
- (e) V – V – F – F.

**4 Fuvest 2003** Considere uma levedura, que é um fungo unicelular, multiplicando-se num meio nutritivo, onde a única fonte de carbono é a sacarose, açúcar que não atravessa a membrana celular.

- a) De que processo inicial depende o aproveitamento da sacarose pela levedura?
- b) Que composto de carbono é eliminado pela levedura caso ela utilize os produtos originados da sacarose nas reações de oxidação que ocorrem em suas mitocôndrias?

**5 UFC 2002** O Reino *Fungi* possui cerca de 70.000 espécies, entre elas fungos de importância ecológica e/ou econômica.

- a) Explique, sucintamente, por que os fungos, juntamente com as bactérias heterotróficas, são ecologicamente tão importantes?
- b) Por que alguns fungos como *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*, que crescem em sementes estocadas de milho, trigo e amendoim, são danosos à saúde humana mesmo depois de o fungo ter sido eliminado dessas sementes?
- c) Planta ou animal? Os fungos não são nem uma coisa nem outra. Cite uma característica dos fungos que se assemelha aos animais e uma outra que se assemelha às plantas.



**6 Unifesp 2004** Suponha que você queira inventar uma pomada que elimine, ao mesmo tempo, as bactérias saprófitas e os fungos que existem na sola do pé e tenha, para combinar nessa pomada, os princípios ativos e seus modos de ação discriminados no quadro.

Princípio	Modo de ação
M	Destrói polissacarídeos compostos (como do exoesqueleto dos artrópodes).
N	Fragmenta moléculas circulares de DNA.
O	Impede a formação de membranas tilacoides.
P	Impede a síntese de celulose na parede celular.
Q	Degrada o glicogênio presente na célula.

Das combinações relacionadas, aquela que contém somente princípios ativos eficientes para você atingir seu objetivo é:

- (a) M, N e P. (d) M, N e Q.  
 (b) N, O e P. (e) M, O e Q.  
 (c) O, P e Q.

**7 PUC-SP 2009** Foram feitas três afirmações a respeito dos líquens.

- I. São organismos pioneiros em um processo de sucessão ecológica.  
 II. Os dois tipos de organismos que constituem um líquen são capazes de produzir glicose e oxigênio utilizando gás carbônico, água e energia luminosa.  
 III. Os organismos que constituem um líquen apresentam uma relação mutualística.

Assinale:

- (a) se apenas uma das afirmações estiver correta.  
 (b) se apenas as afirmações I e II estiverem corretas.  
 (c) se apenas as afirmações I e III estiverem corretas.  
 (d) se apenas as afirmações II e III estiverem corretas.  
 (e) se as afirmações I, II e III estiverem corretas.

**8 Mackenzie 2009**

### Alga deixa água com gosto ruim

Lavar as mãos, tomar banho, beber água ou um simples cafezinho virou um tormento para quase 4 milhões de moradores das regiões sul e leste de São Paulo.

[...] O desconforto é recorrente. Basta chegar a época de estiagem e as algas proliferam "por causa do excesso de nutrientes nas águas". Tais "nutrientes" são, na realidade, esgoto.

[...] O problema está localizado na Represa do Guarapiranga (zona sul).

[...] A alga é uma cianobactéria, que libera uma toxina chamada geosmina.

[...] "cheiro e o sabor aparecem após o tratamento com aplicação de carvão ativado em pó e permanganato de potássio", explicou o gerente da Unidade de Tratamento de Água.

*Jornal da Tarde*, 19 set. 2008.

Algas e cianobactérias são bem diferenciadas evolutivamente, mas têm algumas características comuns, dentre as quais:

- (a) a presença de clorofila e, portanto, capacidade de realizar a fotossíntese.  
 (b) a presença de organelas citoplasmáticas como cloroplastos.  
 (c) parede celular, basicamente constituída de celulose e hemicelulose.  
 (d) organização filamentosa pluricelular com divisão de trabalho.  
 (e) capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico.

**9 PUC-RS 2004** Responder à questão com base nas afirmações abaixo, sobre as algas verdes do grupo *Chlorophyta*.

- I. São organismos autotróficos que possuem clorofila a e b.  
 II. A substância de reserva é o amido.  
 III. A maioria é aquática.  
 IV. Todas são unicelulares.  
 V. As algas marrons e vermelhas não são os seus parentes mais próximos.

Estão corretas todas as afirmativas exceto a:

- (a) I. (d) IV.  
 (b) II. (e) V.  
 (c) III.

**10 UEL 1999** Clorófitas, feofíceas e rodófitas ocorrem tanto em água doce como no mar, mas cada um desses grupos é mais abundante em um dos ambientes citados. Assinale a alternativa que contém os principais ambientes nos quais esses diferentes tipos de algas predominam.

- (a) Clorófitas: água doce; Feofíceas: água doce; Rodófitas: água doce.  
 (b) Clorófitas: água doce; Feofíceas: água doce; Rodófitas: mar.  
 (c) Clorófitas: água doce; Feofíceas: mar; Rodófitas: mar.  
 (d) Clorófitas: mar; Feofíceas: mar; Rodófitas: água doce.  
 (e) Clorófitas: mar; Feofíceas: mar; Rodófitas: mar.

**11 Udesc 2009** O artigo "Algas que movem motores", publicado na revista *SuperInteressante*, edição 256 de setembro de 2008, registra que as microalgas de águas salinas do Nordeste brasileiro estão sendo estudadas como possíveis biocombustíveis. [...] as microalgas que nem sequer são visíveis a olho nu, quando coletadas e tratadas, podem gerar biodiesel com alta produtividade.

Com base na informação acima:

- a) descreva as três principais características das algas.  
 b) qual é o papel ecológico das algas?  
 c) cite duas outras matérias-primas utilizadas na produção de biocombustíveis.

**12 UFPE 2006** As algas podem viver fixas, sobre rochas submersas, ou livres, tanto no fundo das águas quanto flutuando. Com relação às algas, analise-as a seguir.

- A *Ulva* (alface-do-mar) ocorre no litoral brasileiro aderida às rochas; são algas verdes pertencentes ao filo *Chlorophyta*.  
 De algas vermelhas (*Rhodophyta*) podem ser extraídas substâncias utilizáveis em culinária e no preparo de meios de cultura.



- As algas pardas (*Phaeophyta*), como por exemplo o *Sargassum*, além da fucoxantina, podem apresentar outros pigmentos.
- A alternância de gerações é observada em algas verdes, vermelhas e pardas.
- As diatomáceas são algas rodofíceas, das quais se extrai o ágar. Elas compõem os bentos marinhos.

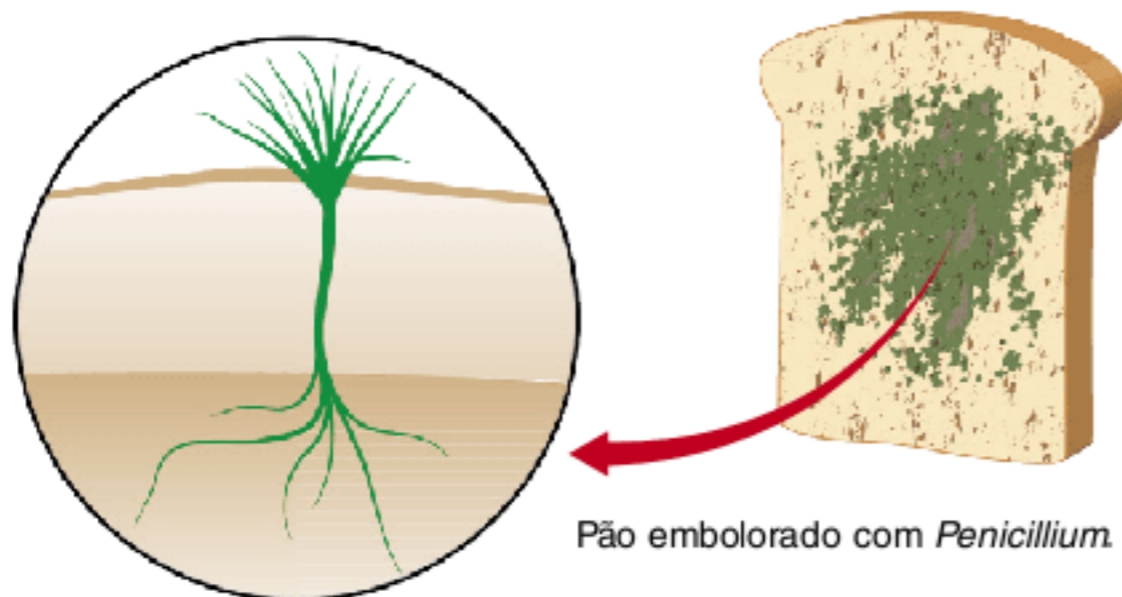
**13 UFRGS 2000** Considere as afirmações a seguir sobre os grupos das algas e dos líquens.

- I. As algas planctônicas marinhas constituem a principal fonte alimentar para a maioria dos animais que habitam as águas profundas.
- II. O fitoplâncton é responsável por grande parte do oxigênio produzido pelos vegetais.
- III. As algas e os líquens podem ser excelentes bioindicadores, respectivamente, da qualidade das águas e da qualidade do ar.

Quais estão corretas?

- (a) Apenas I.
- (b) Apenas II.
- (c) Apenas III.
- (d) Apenas I e II.
- (e) Apenas II e III.

**14 UEG 2005** Observe a figura a seguir e faça o que se pede.



Pão embolorado com *Penicillium*.

Uzunian; Birner. *Biologia*. São Paulo: Harbra, 2002. p. 95. v. 2.

- a) O organismo representado na figura pertence ao Reino *Fungi*. Cite duas características que são fundamentais para a sua inclusão nesse reino.
- b) Qual é a forma de reprodução apresentada pelo “bolor do pão”?

**15 UFPE 2003** Sobre os fungos, pode-se afirmar que:

- assemelham-se às células animais, por apresentarem quitina na parede da maior parte de suas espécies.
- não realizam o ciclo de Krebs.
- são heterotróficos e nutrem-se de matéria orgânica morta ou viva.
- armazenam amido como substância de reserva.
- apenas os fungos deuteromicetos são capazes de sintetizar clorofila, constituindo-se num elo evolutivo com os vegetais.

**16 UFV 2000** A figura a seguir exemplifica um fungo do grupo basidiomiceto. Alguns representantes desse grupo são comestíveis, enquanto outros produzem substâncias alucinógenas, além daqueles que podem ser letais se ingeridos. Embora a classificação dos fungos ainda mereça mais estudos, os basidiomicetos, ascomicetos, deuteromicetos e ficomicetos apresentam algumas características em comum. Assinale a alternativa em que se fez incorretamente a caracterização destes fungos.



- (a) São organismos heterótrofos.
- (b) Incorporam alimentos por absorção.
- (c) Reproduzem-se com a formação de esporos.
- (d) Armazenam substâncias de reserva na forma de glicogênio.
- (e) São produtores na cadeia alimentar.

**17 Puccamp 2004** A levedação do pão e a fermentação alcoólica são as primeiras tecnologias de que se têm notícia. Um suco de uva transforma-se em vinho e um repelente mingau de cevada e centeio torna-se uísque ou cerveja. Em todos esses casos o “trabalho” é feito por uma levedura (um tipo de fungo), em um processo usado há milênios pela humanidade para obter alimento e prazer.

As leveduras mais usadas hoje, na fabricação tanto de pães quanto de vinhos, são as do gênero *Saccharomyces*.

Anita D. Panek. *Ciência Hoje*. v. 33, n. 195, jul. 2003, p. 62. (Adapt.).

As leveduras pertencem ao Reino dos fungos, organismos com características altamente peculiares. Possuem uma parede celular composta de I e são II. As leveduras pertencem à classe dos III.

Para completar corretamente a frase acima, I, II e III devem ser substituídos, respectivamente, por:

- (a) quitina – heterotróficos – ascomicetos
- (b) celulose – decompositores – ficomicetos
- (c) queratina – heterotróficos – basidiomicetos
- (d) quitina – quimiotróficos – deuteromicetos
- (e) queratina – autotróficos – sacaromicetos



# 10

FRENTE 2

## Plantas e ciclos reprodutivos



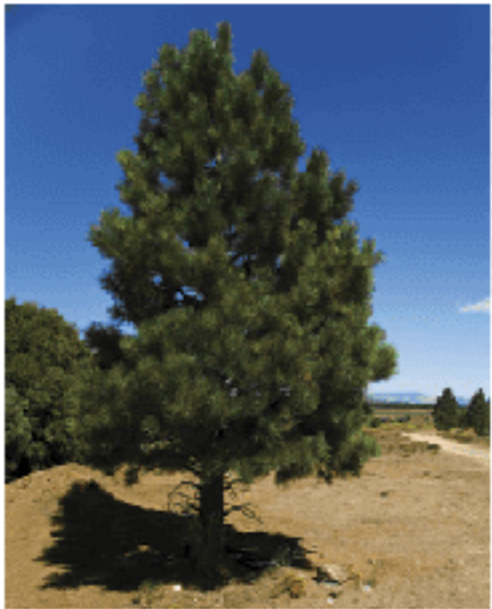

Os animais são diploides e geram descendentes também diploides. Nas plantas, ocorre a alternância de gerações: um indivíduo haploide gera um descendente diploide.





## Classificação básica das plantas

Há quatro grupos principais de plantas: briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. **Briófitas** incluem musgos e hepáticas. **Pteridófitas** têm como representantes a samambaia, o xaxim e a avenca. São exemplos de **gimnospermas** o pinheiro, a sequoia e o cipreste. **Angiospermas** são plantas dotadas de frutos, como a goiabeira, o abacateiro e a laranjeira (Tab. 1).

Grupos de plantas	Exemplos
Briófitas Ex.: Musgo e hepática.	 Musgo, uma briófitas.
Pteridófitas Ex.: Samambaia, xaxim e avenca.	 Samambaia, uma pteridófitas.
Gimnospermas Ex.: Pinheiro, sequoia e cipreste.	 Pinheiro, uma gimnospermas.
Angiospermas (plantas com fruto) Ex.: Limoeiro, videira, pessegueiro.	 Laranjeira, uma angiospermas.

Tab. 1 Os principais grupos de plantas e alguns exemplos significativos.

Todos esses grupos de plantas apresentam o mesmo tipo fundamental de ciclo reprodutivo, com diferenças marcantes em relação ao ciclo dos animais.

## Ciclos reprodutivos

Nos ciclos reprodutivos de eucariontes, ocorrem dois tipos de divisão celular: mitose e meiose. Na mitose geram-se duas células-filhas com o mesmo número de cromossomos da célula-mãe. Logo, na mitose, uma célula diploide gera duas células diploides e uma célula haploide forma duas células haploides. Já a meiose é um tipo de divisão celular em que uma célula diploide produz quatro células-filhas haploides (Fig. 1).

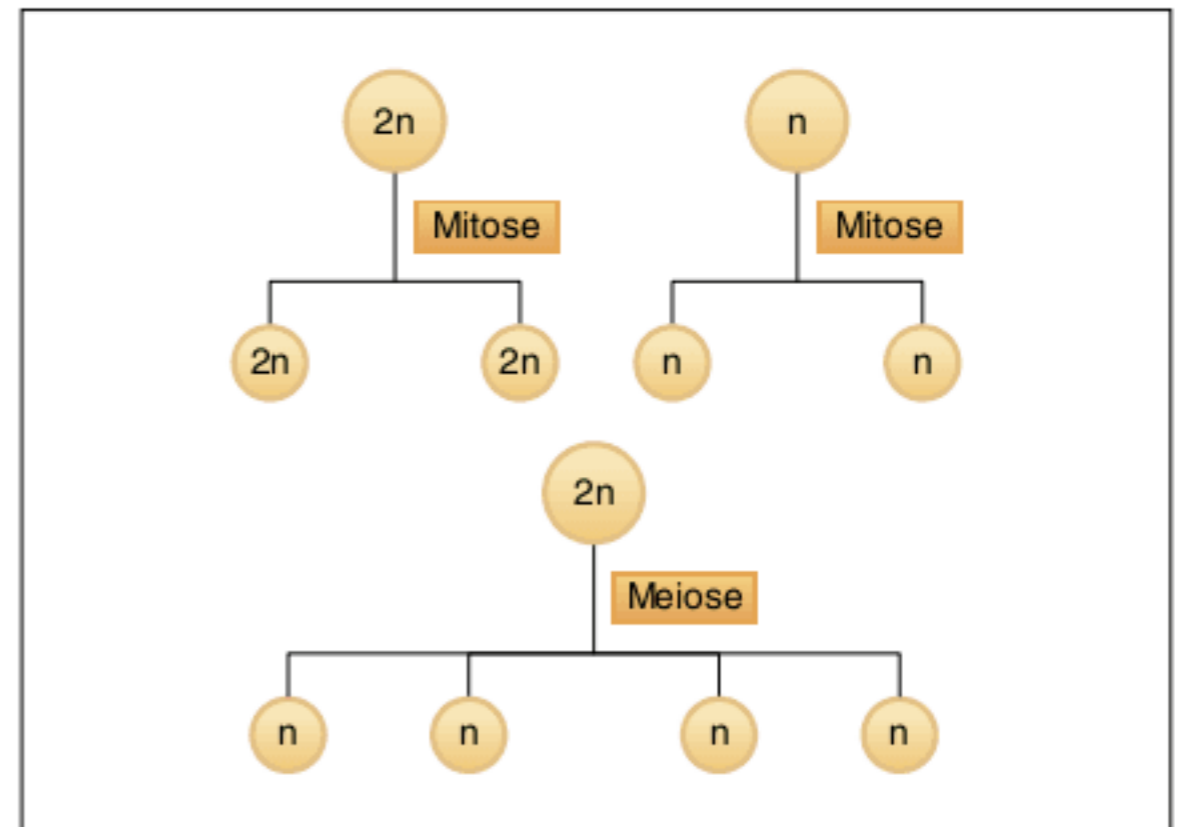


Fig. 1 As duas modalidades de divisão celular. Mitose pode ocorrer em células haploides (n) e diploides (2n). Meiose ocorre em células diploides.

Há três tipos principais de ciclos reprodutivos em eucariontes, os quais serão detalhados a seguir.

### Ciclo dos animais e de algumas algas

Tomaremos os animais como modelo desse tipo de ciclo. Um indivíduo diploide produz gametas haploides por meiose; o gameta masculino é o **espermatozoide** e o feminino é o **óvulo**. A meiose é conhecida como gamética. Os gametas se unem em um processo denominado fecundação, formando um **zigoto**, que sofre mitoses e gera um embrião. O embrião, após divisões mitóticas, dá origem a um organismo adulto diploide (Fig. 2).

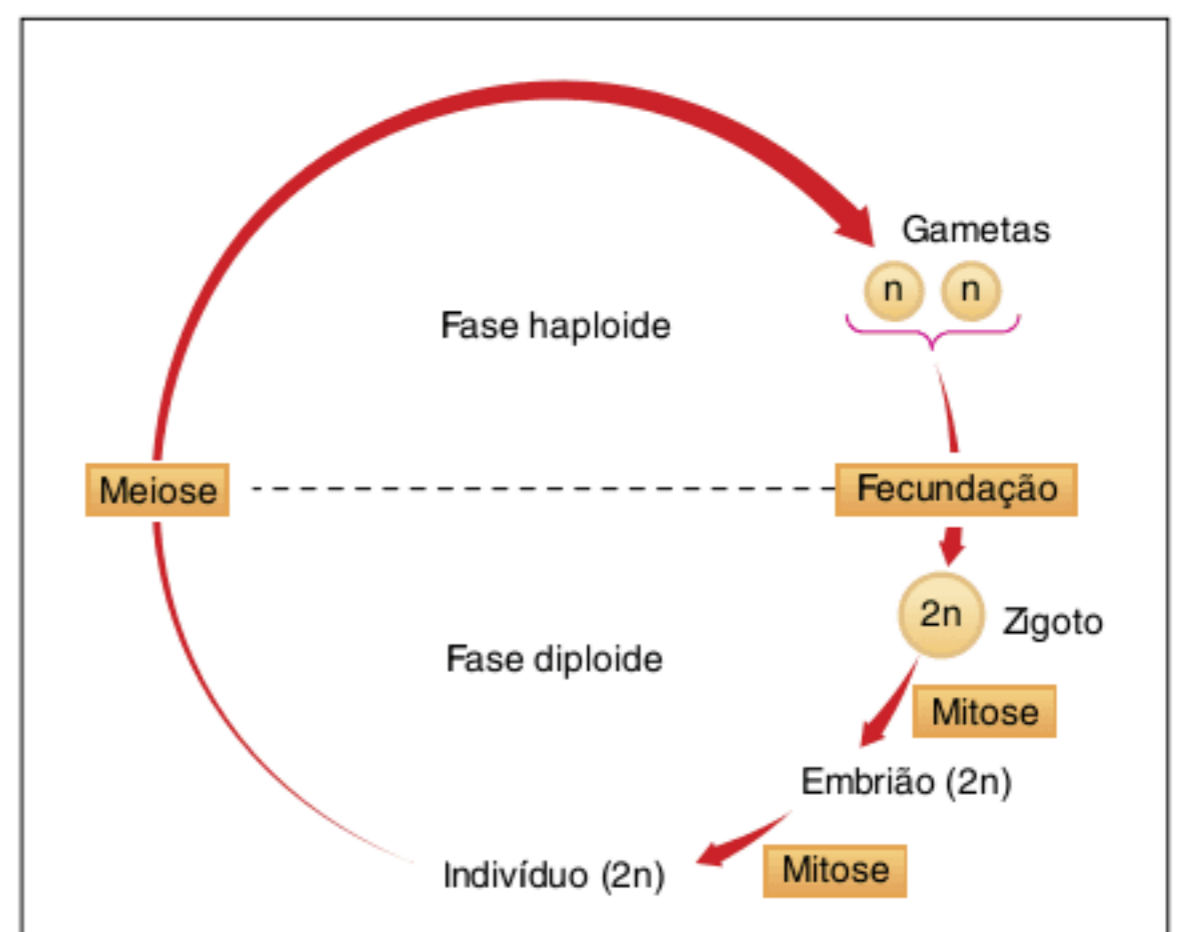


Fig. 2 Representação esquemática do ciclo reprodutivo de animais e de algumas algas – haplobionte diplonte.



O ciclo dos animais apresenta apenas indivíduos diploides. Esse tipo de ciclo é denominado **haplobionte diplonte**; o termo haplobionte significa “ser vivo único” e diplonte quer dizer que o organismo é diploide.

### Ciclo das plantas e de algumas algas

Plantas apresentam dois tipos de indivíduos em seu ciclo de vida, um é haploide e o outro diploide, sendo que um origina o outro, por isso, as plantas têm ciclo **diplôntico**. Trata-se, portanto, de um caso de **alternância de gerações**, ou **metagênese** (Fig. 3).

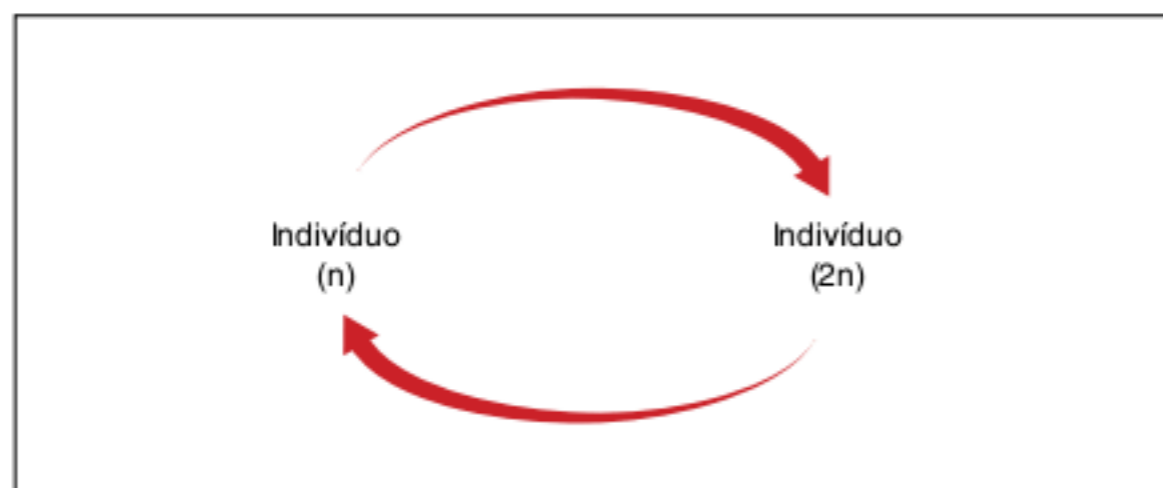


Fig. 3 A alternância de gerações, ou metagênese, envolve a presença de dois tipos de indivíduos, um haploide e outro diploide.

Musgos possuem esses dois tipos de organismos, que podem ser vistos juntos em uma fase de sua vida (Fig. 4). O indivíduo da base é haploide e se reproduz através de gametas, sendo denominado **gametófito**. Sobre esse indivíduo pode se desenvolver seu descendente diploide. O indivíduo diploide é denominado **esporófito**, pois produz esporos.

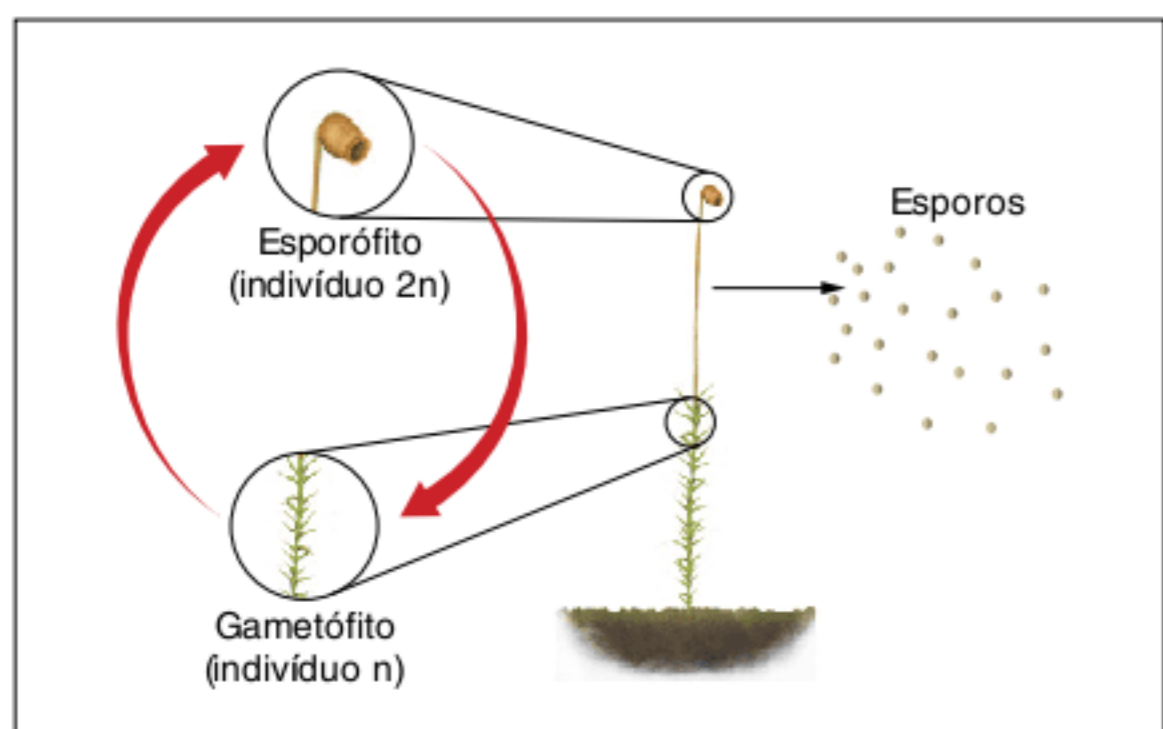


Fig. 4 À esquerda, representação esquemática da metagênese vegetal. À direita, os dois tipos de indivíduos existentes em musgos: o esporófito que se desenvolve sobre o gametófito e produz esporos por meiose. Quando um esporo cai em solo úmido, pode sofrer mitoses e gerar novos gametófitos.

No ciclo das plantas há, portanto, dois tipos de indivíduos: o gametófito e o esporófito. O gametófito é haploide e forma gametas por mitose; os gametas são produzidos em estruturas denominadas **gametângios**. Os gametas unem-se e formam um zigoto, que gera um embrião, o qual sofre mitoses e origina um esporófito. O gameta masculino de um musgo é denominado **anterozóide**; o gameta feminino é a **oosfera**.

O esporófito é diploide e possui **esporângios**, estruturas produtoras de esporos. Os esporos são produzidos por meiose; trata-se de **meiose espórica**. Cada esporo pode sofrer mitoses e originar um gametófito (Fig. 5).



Fig. 5 Representação esquemática do ciclo de vida de um musgo ou de uma samambaia – diplobionte. O zigoto de plantas sofre mitoses e origina um embrião, que forma um esporófito.

### Ciclo de algas haploides

Há espécies de algas que apresentam apenas indivíduos haploides em seu ciclo de vida, denominado **haplobionte haplôntico**. Os indivíduos haploides geram gametas por mitose. Com a fecundação é gerado um zigoto (2n), o qual sofre meiose e produz esporos (n); trata-se de **meiose zigótica**, uma vez que ocorre no zigoto. Cada esporo divide-se por mitose e gera um indivíduo haploide (Fig. 6). Algas não possuem gametângios nem formam embrião.

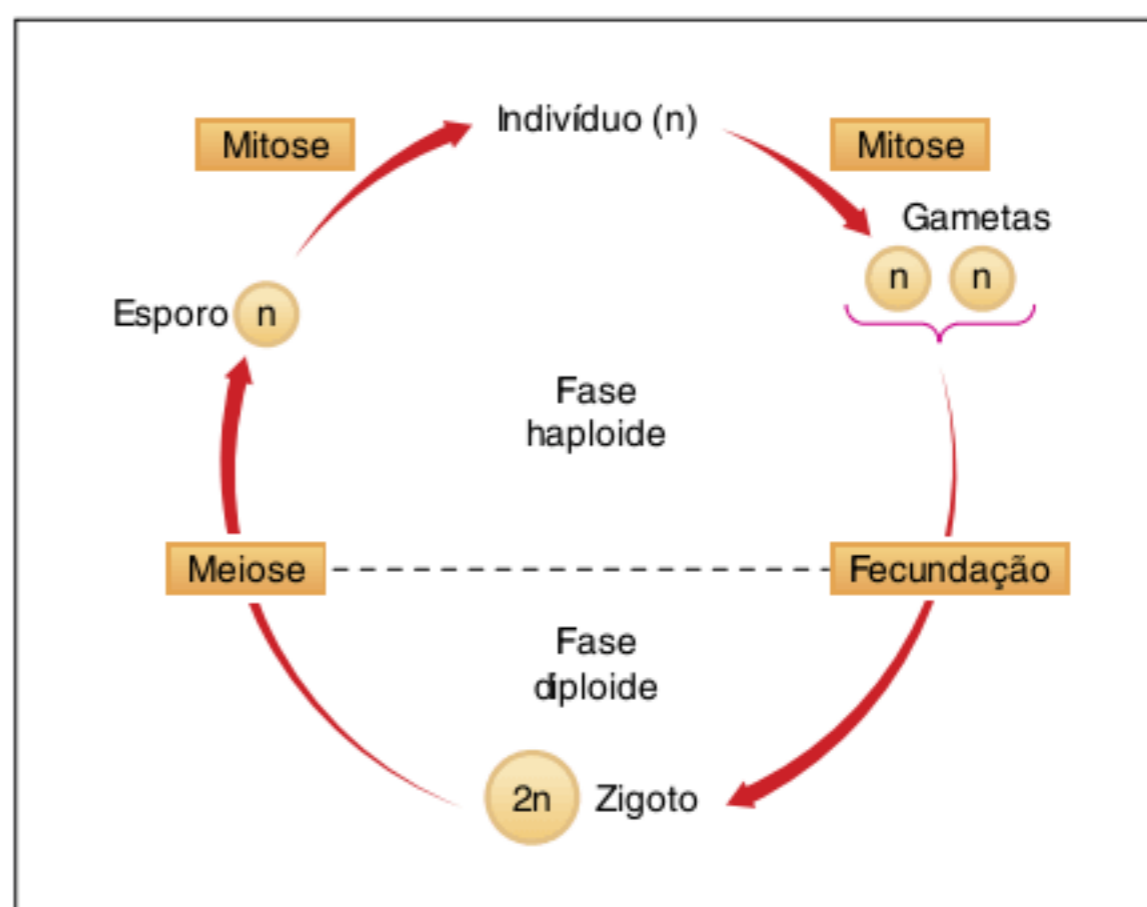


Fig. 6 Representação esquemática do ciclo de vida de uma alga haploide – haplobionte haplonte.



## Revisando

**1** Cite os quatro principais grupos de plantas e dê um exemplo de cada.

---

---

---

**2** O que é mitose?

---

---

---

**3** O que é meiose?

---

---

---

**4** Como é denominado o tipo de ciclo de vida típico dos animais? Nesse ciclo, a meiose gera que tipo de células?

---

---

---

**5** O que é metagênese nas plantas?

---

---

---

**6** Sobre o gametófito, indique sua carga cromossômica, suas estruturas reprodutoras e as células reprodutoras que ele gera.

---

---

---

**7** Sobre o esporófito, indique sua carga cromossômica, suas estruturas reprodutoras e as células reprodutoras que ele gera.

---

---

---

**8** Como é denominado o tipo de ciclo de vida típico das plantas? Nesse ciclo, a meiose gera que tipo de células?

---

---

---

**9** Como são denominados os gametas masculino e feminino do musgo?

---

---

---

**10** Como é denominado o tipo de ciclo de vida das algas haploides? Nesse ciclo, a meiose gera que tipo de células? Em que célula ocorre meiose? Como é denominada a meiose nesse ciclo?

---

---

---

---

---

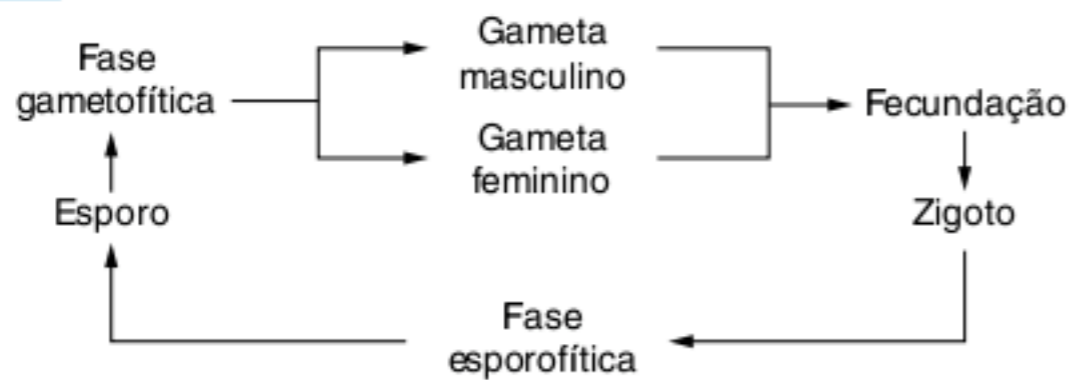


# Exercícios propostos

**1 Mackenzie** Nos vegetais, tanto os esporos como os gametas:

- (a) são células haploides.
- (b) vão dar origem a gerações haploides.
- (c) vão dar origem a gerações diploides.
- (d) são produzidos por meiose.
- (e) são produzidos por mitose.

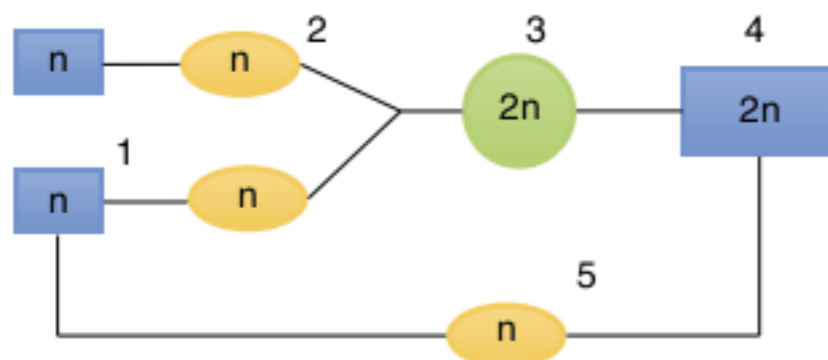
**2 Mackenzie 2002**



O esquema acima é válido:

- (a) para todas as plantas e muitas algas.
- (b) somente para briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.
- (c) somente para angiospermas e gimnospermas.
- (d) somente para as angiospermas.
- (e) para todas as plantas e todas as algas.

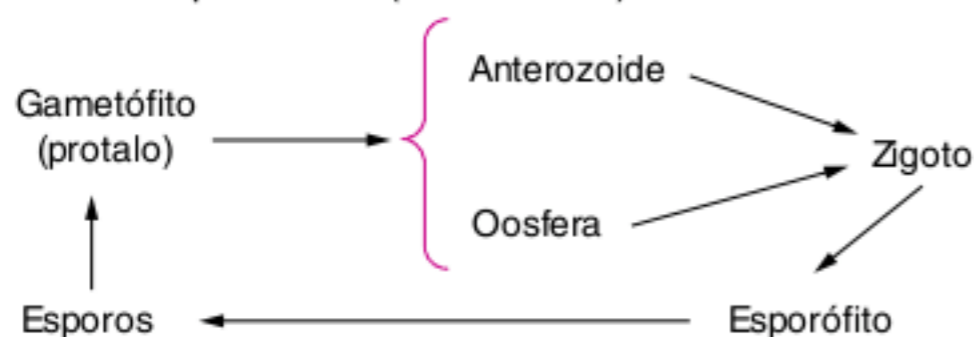
**3 FGV** O esquema abaixo representa o ciclo de vida de um vegetal.



As estruturas 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem, respectivamente, a:

- (a) esporófito, espora, zigoto, gametófito, gameta.
- (b) esporófito, gameta, zigoto, gametófito, espora.
- (c) gametófito, espora, zigoto, esporófito, gameta.
- (d) gametófito, gameta, zigoto, esporófito, espora.
- (e) gametófito, espora, esporófito, zigoto, gameta.

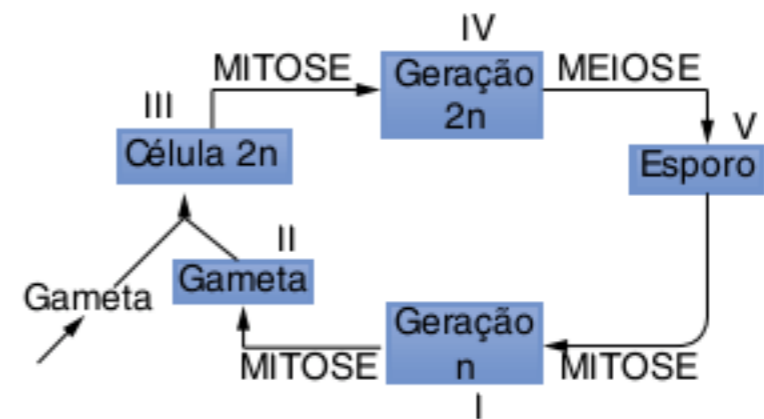
**4 UFPR 2006** O esquema a seguir representa o ciclo reprodutivo de uma pteridófito (samambaia).



Nesse ciclo reprodutivo, a meiose ocorre:

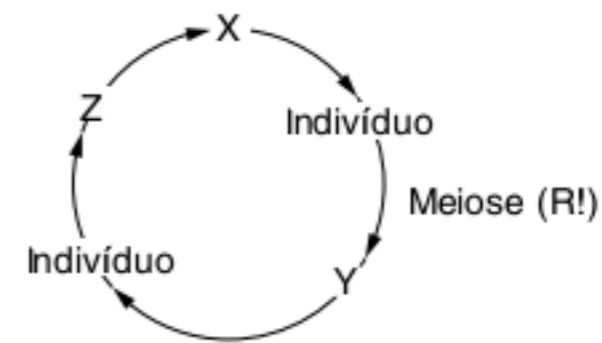
- (a) no gametófito, para a formação de gametas.
- (b) no esporófito, para a formação dos esporos.
- (c) logo após a fecundação.
- (d) durante o desenvolvimento do zigoto.
- (e) durante a germinação dos esporos.

**5 PUC-SP** Temos esquematizado a seguir o ciclo de vida de uma determinada planta terrestre. Analisando esse ciclo e desprezando a ocorrência de mutações, pode-se prever que os componentes com a mesma constituição genética são indicados por:



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

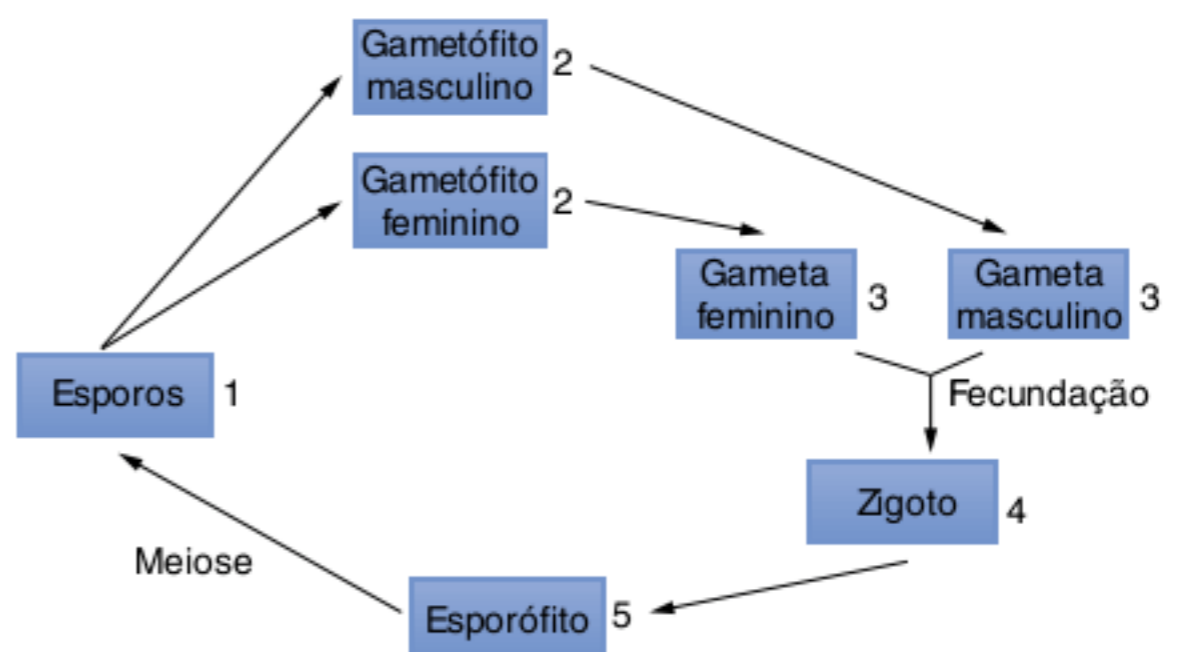
**6 Fuvest** Considere o diagrama a seguir, representativo do ciclo de vida de uma planta.



Qual alternativa completa corretamente o diagrama?

	X	Y	Z
(a)	Esporo	Zigoto	Gameta
(b)	Esporo	Gameta	Zigoto
(c)	Gameta	Esporo	Zigoto
(d)	Gameta	Zigoto	Esporo
(e)	Zigoto	Esporo	Gameta

**7 Fuvest 2006** O ciclo de vida de uma planta de feijão pode ser representado pelo esquema a seguir.



Um conjunto haploide de genes é encontrado em células do:

- (a) embrião que se forma a partir de 4.
- (b) endosperma que se forma em 1.
- (c) endosperma que se forma em 5.
- (d) tubo polínico que se forma em 2.
- (e) tubo polínico que se forma em 5.



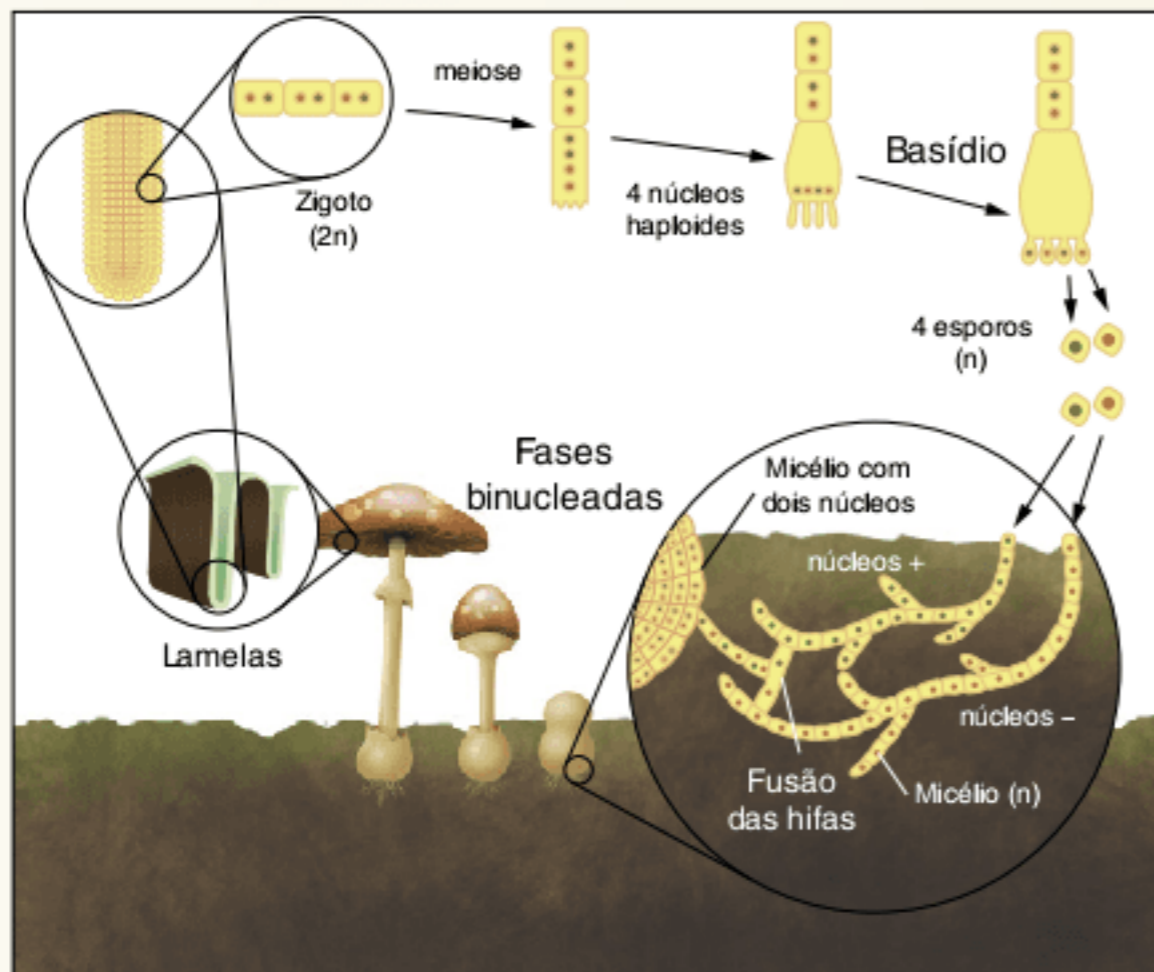
# TEXTO COMPLEMENTAR

## Casos especiais de reprodução sexuada

Neste capítulo, no estudo dos ciclos reprodutivos, foi dada ênfase aos ciclos de animais, plantas e algumas algas. No entanto, há casos específicos de reprodução sexuada em fungos e certas algas.

### Fungos

Cogumelos pertencem à classe Basidiomicetos. O corpo de frutificação de um cogumelo é a parte que fica para fora do substrato. Ele forma um chapéu com **lamelas**, em cujas laterais há esporângios (**basídios**), que produzem **esporos** por meiose. Há esporos (+) e esporos (-) que, liberados pelo cogumelo, podem cair em um substrato com matéria orgânica e umidade. Cada esporo germina e produz um **micélio**, formado por **hifas**. Esporo (+) gera micélio (+) e esporo (-) produz micélio (-). Esses dois tipos de micélio são compatíveis e se fundem, formando um micélio dotado de hifas binucleadas, isto é, com um núcleo (+) e outro (-), sendo que cada núcleo é haploide. As hifas binucleadas geram o corpo de frutificação. Nas lamelas, algumas hifas formam basídios. Ocorre a fusão de dois núcleos (+ e -), gerando um núcleo diploide, que sofre meiose, produzindo quatro esporos haploides, fechando o ciclo. Como se vê, o cogumelo tem alternância de gerações, com hifas uninucleadas e hifas binucleadas, apresentando ainda meiose espórica. Assim, seu ciclo é do tipo diplobionte.

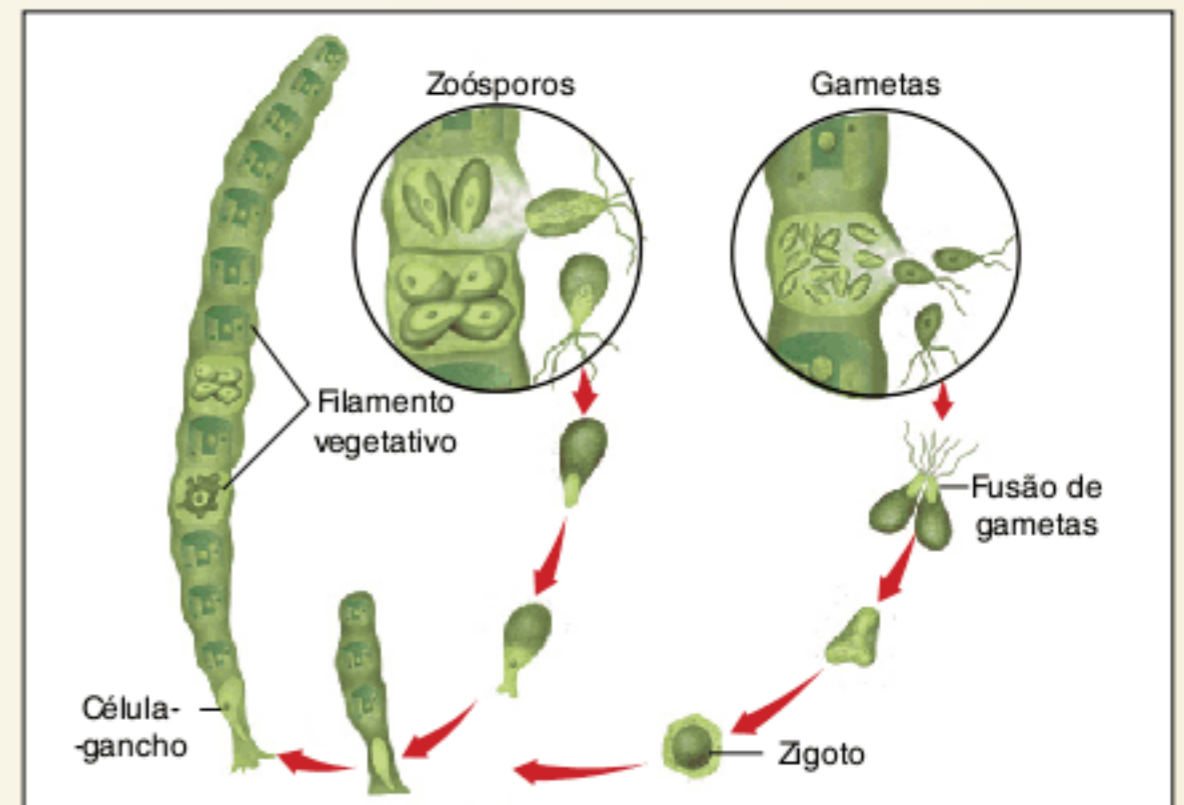


Ciclo reprodutivo de um fungo basidiomiceto.

### Algas

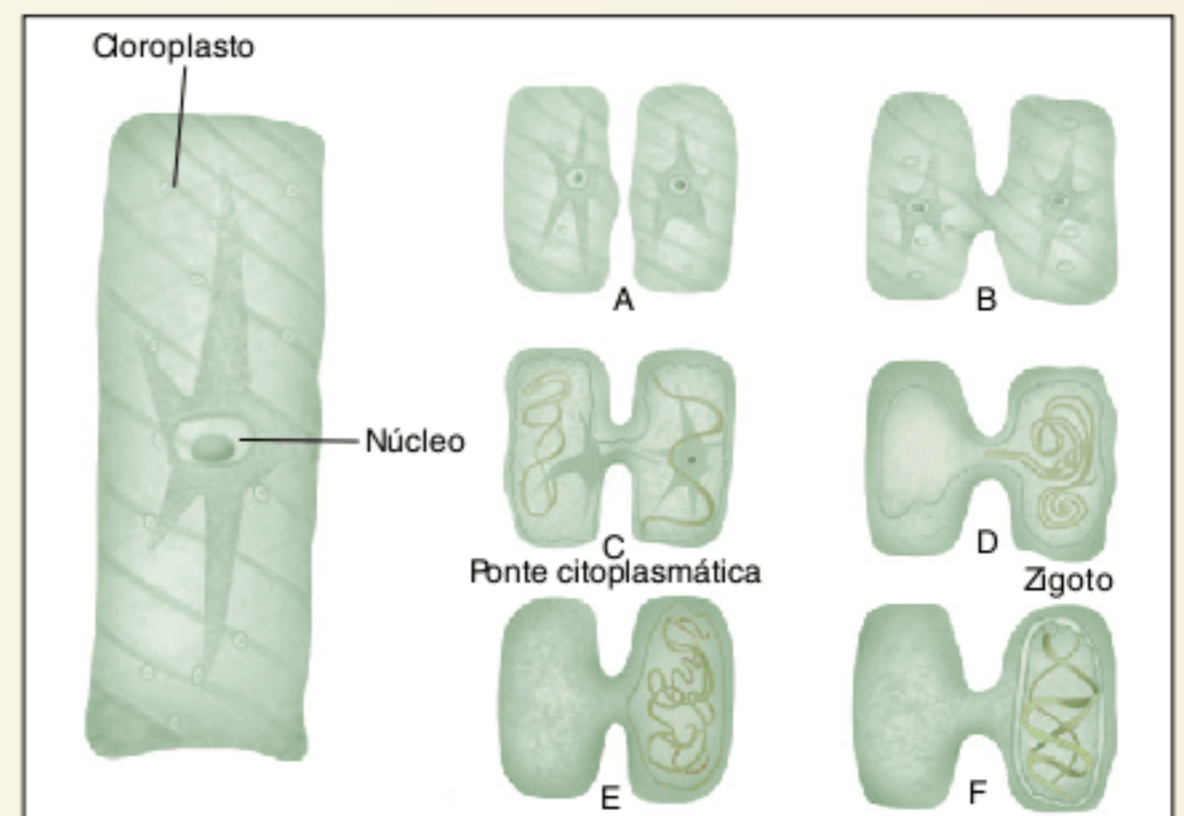
A variedade de algas é muito grande. Em nosso estudo vamos considerar duas situações particulares. A alga filamentosa

*Ulothrix* sp. tem ciclo sexuado do tipo **haplobionte haplonte**, com **meiose zigótica**. No entanto, também apresenta uma modalidade de reprodução assexuada, através de esporos produzidos por mitose e dotados de flagelo (**zoósporos**). Cada zoósporo nada e fixa-se em um substrato, gerando um novo indivíduo geneticamente idêntico ao organismo materno.



Ciclos reprodutivos assexuado e sexuado de *Ulothrix* sp.

As algas do gênero *Spirogyra* têm células dotadas de cloroplasto helicoidal. Dois indivíduos vizinhos compatíveis podem unir suas células por meio de uma ponte citoplasmática, em um processo de **conjugação**. Um indivíduo passa o conteúdo celular para o outro e assim forma-se um **zigoto**, sem a participação de gametas flagelados.



Processo de conjugação em *Spirogyra* sp.



## RESUMINDO

As plantas são divididas em quatro grupos: briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Ciclos reprodutivos de animais, plantas e algas apresentam dois tipos de divisão celular: mitose e meiose. A mitose conserva a carga cromossômica e a meiose reduz à metade o número de cromossomos.

O ciclo haplobionte diplonte ocorre em animais e algumas algas e é caracterizado pela existência de indivíduos diploides apenas; sua meiose é gamética. O ciclo haplobionte haplôntico ocorre em algumas algas e é caracterizado pela existência de indivíduos haploides apenas; sua meiose é zigótica. O ciclo diplôntico ocorre em plantas e algumas algas; sua meiose é esporica.

No ciclo das plantas, há alternância de gerações (metagênese), com a existência de gametófito e de esporófito. O gametófito ( $n$ ) produz gametas em gametângios; gametas são gerados por mitose. O esporófito ( $2n$ ) produz esporos em esporângios; esporos são gerados por meiose. O gameta masculino do musgo é o anterozoide e o feminino a oosfera.

## ■ QUER SABER MAIS?

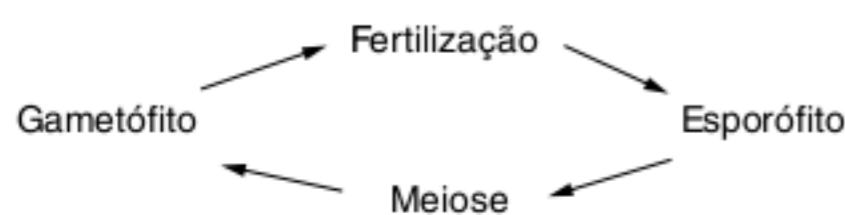


### SITES

- Estudo da Esalq – USP demonstra que áreas florestadas em uma grande cidade pode ser capaz de reter poluentes do ar e servir como “biomonitor” de baixo custo.  
<<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2010/08/filtro-verde-para-a-poluicao>>.
- Projeto coordenado pelo Centro Nacional de Conservação da Flora, do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico RJ, atualiza e compila uma lista com mais de 40 mil espécies da flora brasileira em *site*, que permite buscar plantas por grupo, família, espécie, nome comum ou mesmo pela abrangência geográfica.  
<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/>>.

## Exercícios complementares

**1 UFRJ** No ciclo reprodutivo da maioria dos vegetais, observa-se uma alternância de gerações, que é mostrada, de forma simplificada, no esquema a seguir.

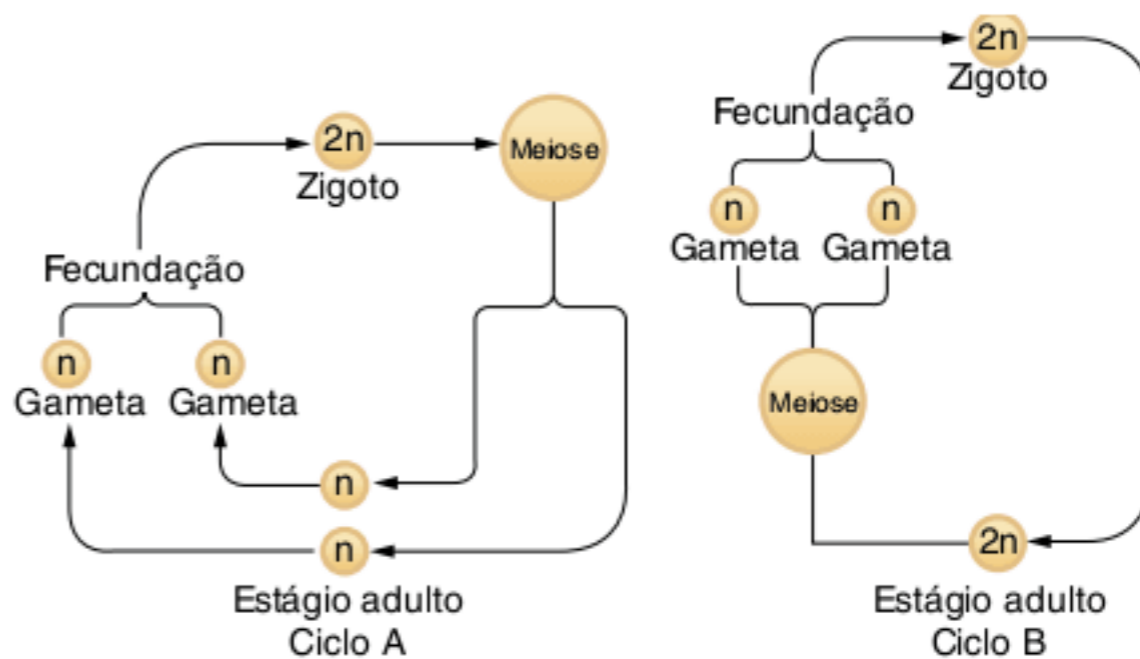


Em qual das fases – gametófito ou esporófito – não encontramos pares de cromossomos homólogos? Justifique sua resposta.

**2 FEI** As vantagens econômicas da reprodução assexuada nos vegetais são:

- ciclo reprodutivo lento e produtor de indivíduos geneticamente diferentes do original.
- ciclo reprodutivo rápido e produtor de indivíduos geneticamente idênticos ao original.
- ciclo reprodutivo lento e produtor de indivíduos geneticamente idênticos ao original.
- ciclo reprodutivo rápido e produtor de indivíduos geneticamente diferentes do original.
- não são essas as vantagens econômicas da reprodução assexuada.

**3 Uerj** O ciclo vital de animais e vegetais que se reproduzem sexuadamente exige a produção de gametas. A figura a seguir apresenta dois ciclos biológicos de reprodução dos vegetais.



- Cite uma desvantagem da geração haploide como fase mais duradoura do ciclo vital dos vegetais do tipo A.
- Entre os vegetais que apresentam ciclo de vida do tipo B, há alguns que realizam autofecundação e outros em que a fecundação ocorre entre gametas de indivíduos diferentes. Cite uma vantagem para a ocorrência de fecundação entre gametas de indivíduos diferentes.



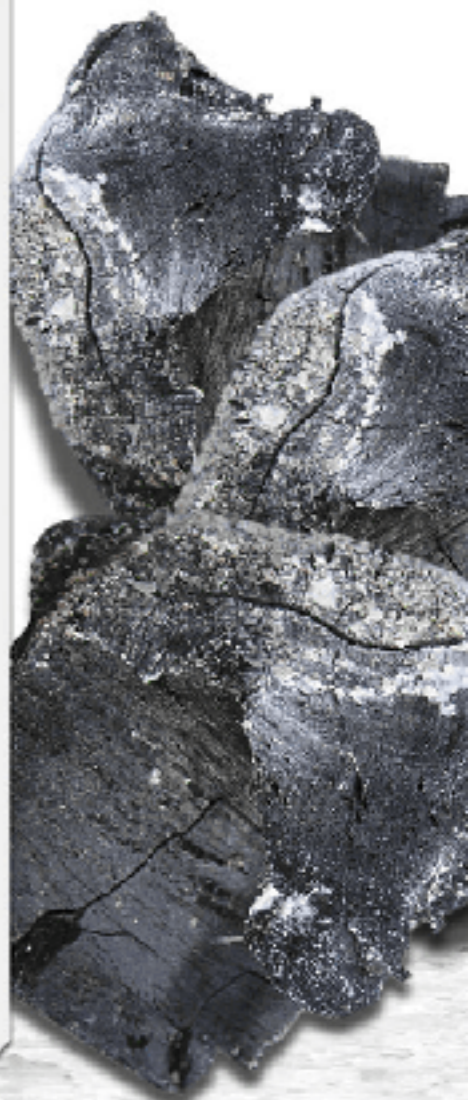
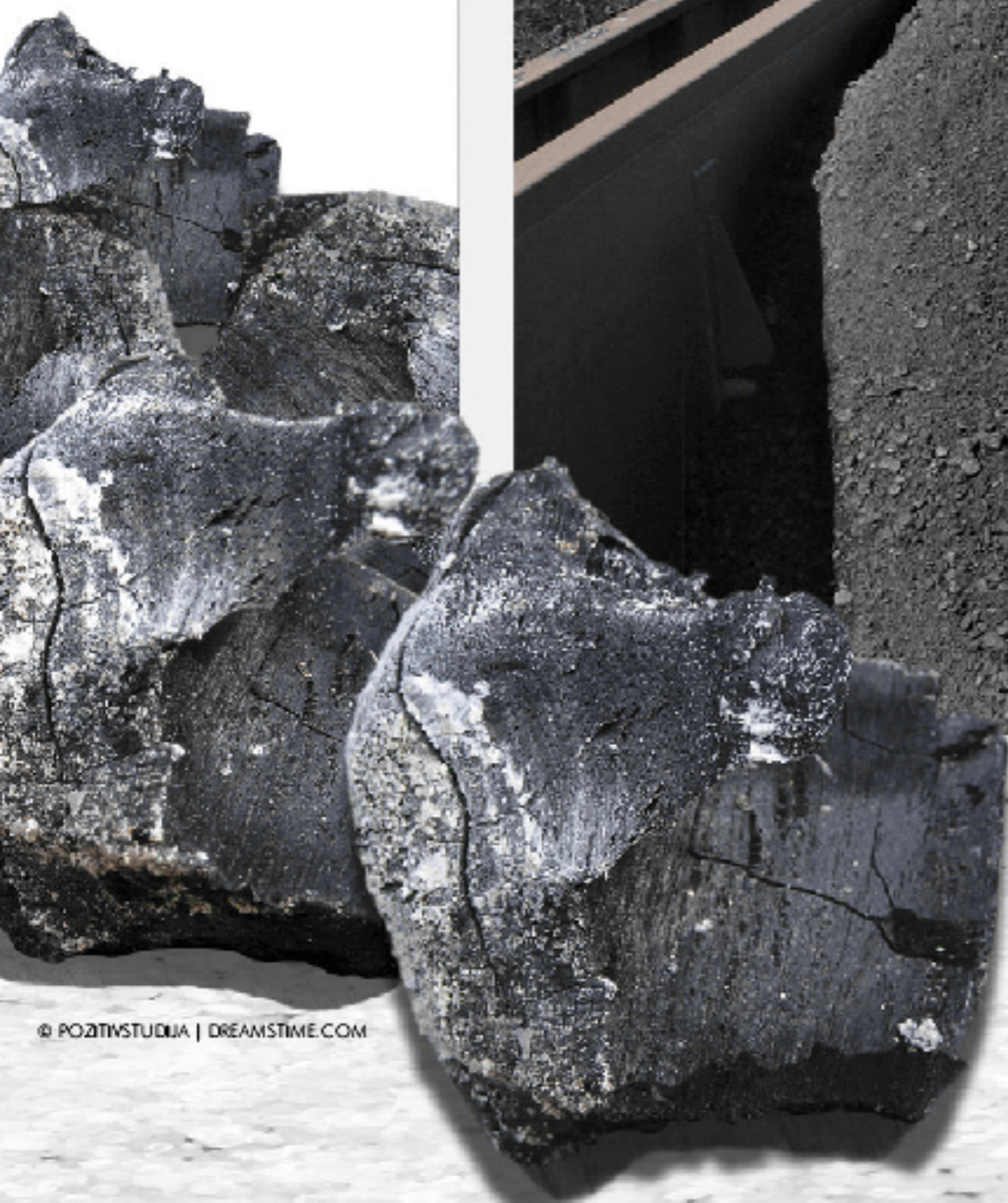
# Briófitas e pteridófitas

# 11

FRENTE 2



© CHRISTINA RICHARDS | DREAMSTIME.COM



© MIRVAV | DREAMSTIME.COM

O carvão é um combustível fóssil formado principalmente na era Paleozoica, a partir de florestas de pteridófitas. Esse é apenas um exemplo da utilização de recursos vegetais, que têm grande importância para o planeta.

© POZITIVSTUDIOA | DREAMSTIME.COM



## Classificação geral das plantas

Plantas são descendentes de algas clorofíceas e compartilham com elas algumas características, como a presença de parede com celulose, amido como material de reserva e clorofilas *a* e *b*. No entanto, as algas pertencem ao Reino *Protoctista* e não possuem tecidos. Plantas constituem o Reino *Plantae* e são dotadas de tecidos; elas têm também estruturas produtoras de gametas revestidas de células estéreis (não relacionadas com a reprodução); já os gametas das algas não têm esse revestimento (Fig. 1). Plantas possuem embrião, mas algas não formam embrião durante seu desenvolvimento.

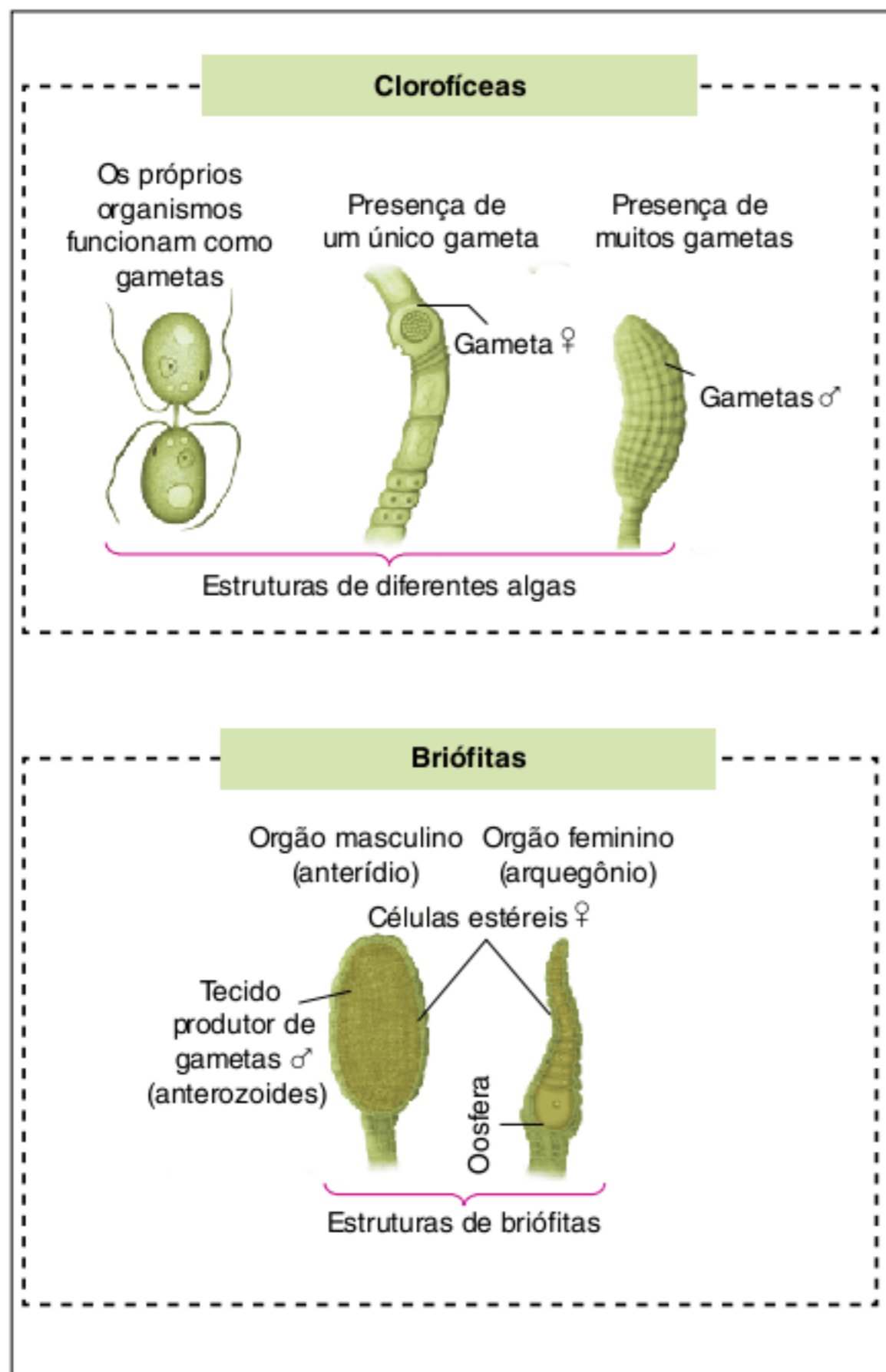


Fig. 1 Comparação entre estruturas reprodutoras de clorofíceas e plantas.

Pteridófitas, gimnospermas e angiospermas são plantas vasculares, isto é, têm vasos condutores de seiva e são também conhecidas como **traqueófitas**. Vasos condutores são constituídos por grupos de células com um grande espaço interno, por onde passa a seiva, de modo rápido e eficiente; isso permite um porte avantajado da planta, como ocorre com as sequoias, que podem ultrapassar os 100 metros de altura (Fig. 2).

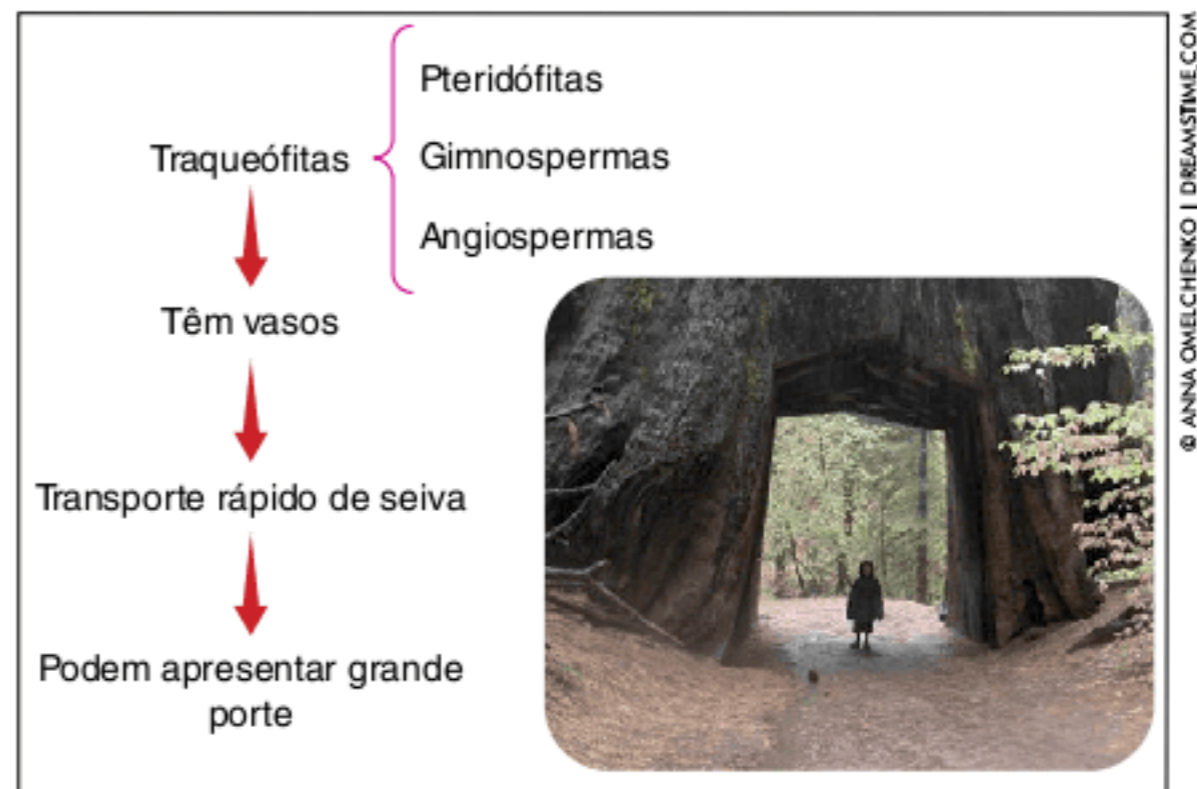


Fig. 2 Base do tronco cortado de uma sequoia. Plantas vasculares podem atingir grande porte devido ao transporte rápido de seiva.

Traqueófitas possuem raiz, caule e folhas. As raízes retiram água e sais minerais do solo, que são distribuídos para toda a planta. Nas folhas, ocorre a fotossíntese, processo que produz açúcar, o qual é transportado em direção às raízes.

O caule é um eixo que dá suporte às folhas e permite o intercâmbio de materiais entre elas e as raízes (Fig. 3).

As **briófitas** são **avasculares**, isto é, não possuem vasos condutores; o transporte de líquido em seu interior se dá de modo lento, através de difusão, e isso limita seu crescimento. Assim, briófitas têm, necessariamente, porte reduzido, com apenas alguns centímetros. Seu corpo não possui raiz, caule nem folhas. Um musgo é constituído por **rizoides**, **cauloide** e **filoides**. Os rizoides são filamentos que fixam a planta ao solo, de onde retiram água e sais minerais. O cauloide é o eixo ao qual se ligam os filoides, estruturas em forma de pequenas lâminas, responsáveis pela realização de fotossíntese (Fig. 3). As briófitas vivem em água doce e em ambiente terrestre úmido. Não sobrevivem em ambientes terrestres secos, pois perderiam água para o meio de maneira intensa por evapotranspiração e não conseguiriam repô-la com a velocidade adequada.

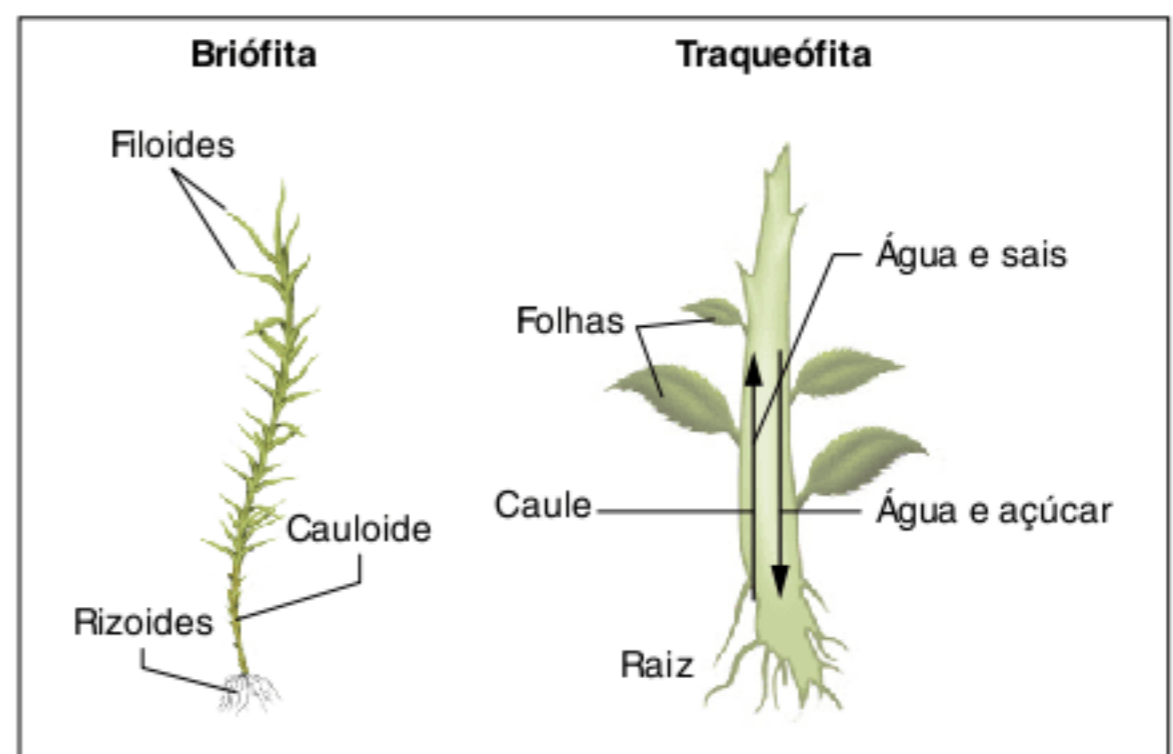


Fig. 3 Uma briófitas, como o musgo, não tem vasos condutores; seu corpo é constituído por rizoides, cauloide e filoides, que desempenham as funções das raízes, dos caules e das folhas, respectivamente. Traqueófitas possuem vasos que conduzem água e sais do solo às folhas; nas folhas, ocorre a fotossíntese; água e açúcares são enviados à raiz. Os dois transportes são realizados através do caule.



Outra importante adaptação das gimnospermas e das angiospermas são as **sementes**. Plantas que possuem semente são **espermatófitas**, também conhecidas como **fanerógamas** (do grego *phanero* = visível/evidente e *gamae* = cruzamento). Briófitas e pteridófitas são plantas sem sementes, denominadas conjuntamente como **criptógamas** (*kripto* = escondido) (Fig. 4). Uma semente possui três componentes: um **embrião**, uma reserva nutritiva (conhecida como **endosperma**) e uma casca protetora, denominada **tegumento** (Fig. 5).

### Briófitas

O gametófito (n) dos musgos é clorofilado, sendo mais desenvolvido que o esporófito (2n), podendo haver espécies de musgos monoicas e espécies dioicas. Quanto à sua estrutura na extremidade do caulóide, encontram-se os diminutos gametângios, que produzem gametas por mitose. O gametângio masculino é o **anterídio** e forma **anterozoides**, pequenos e flagelados. O gametângio feminino é o **arquegônio**; em cada arquegônio é gerada uma **oosfera**, grande e sem flagelos. Os anterozoides deslocam-se em meio aquoso, propiciado por orvalho ou chuva. Esse tipo de fecundação, dependente da água, é denominada **oogamia**. O zigoto (2n) produzido pela fecundação dos gametas converte-se em um embrião (2n), que se desenvolve em um esporófito (2n), disposto sobre o gametófito. O esporófito é reduzido e depende dos nutrientes fornecidos pelo gametófito (Fig. 6).

O esporófito possui uma haste em cuja extremidade fica o **esporângio**, ou **cápsula**. No interior do esporângio são produzidos esporos por meiose. Os esporos são dispersos pelo ar. Quando um esporo cai em substrato adequado, absorve água e germina, constituindo um **protonema**; essa estrutura é formada por vários filamentos, dos quais se formam novos gametófitos, completando o ciclo (Fig. 6).

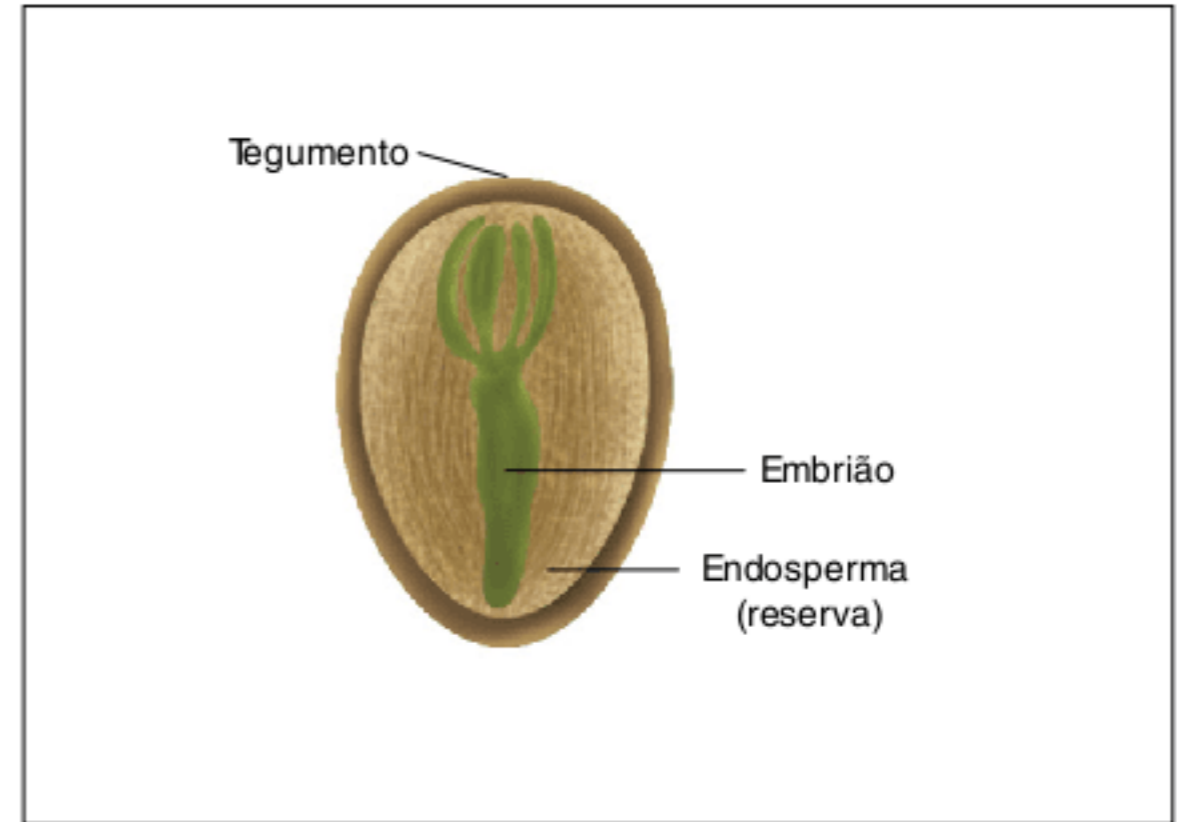


Fig. 4 Estrutura de uma semente. A saída do embrião da semente corresponde à germinação e envolve o consumo da reserva alimentar.

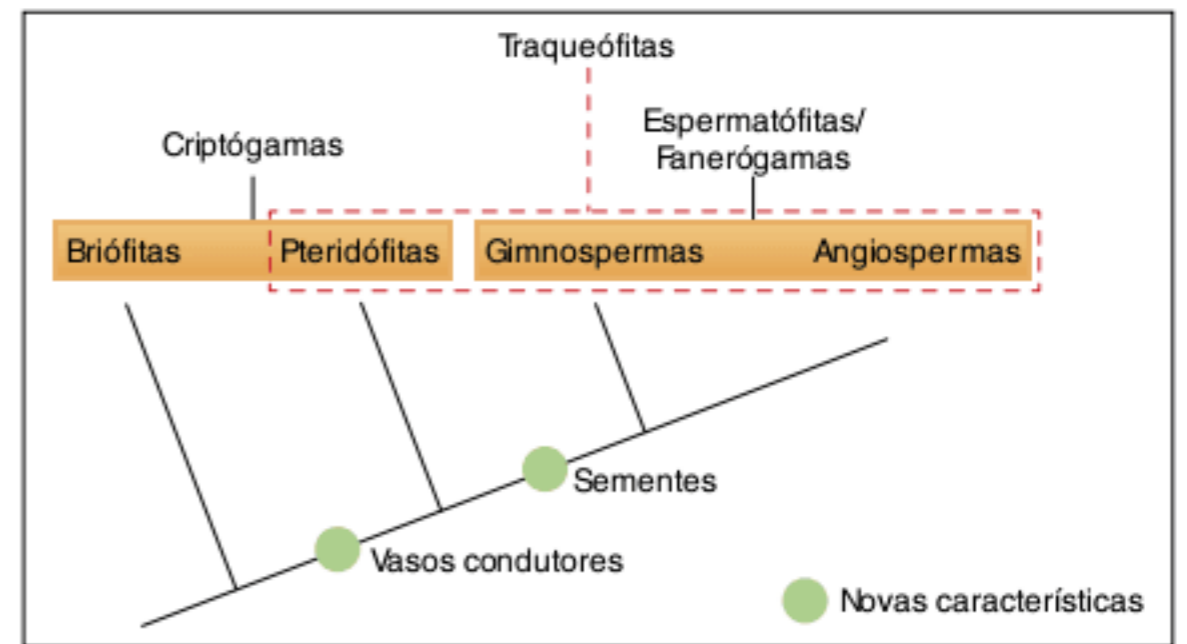


Fig. 5 Os grupos de traqueófitas e as principais aquisições evolutivas.

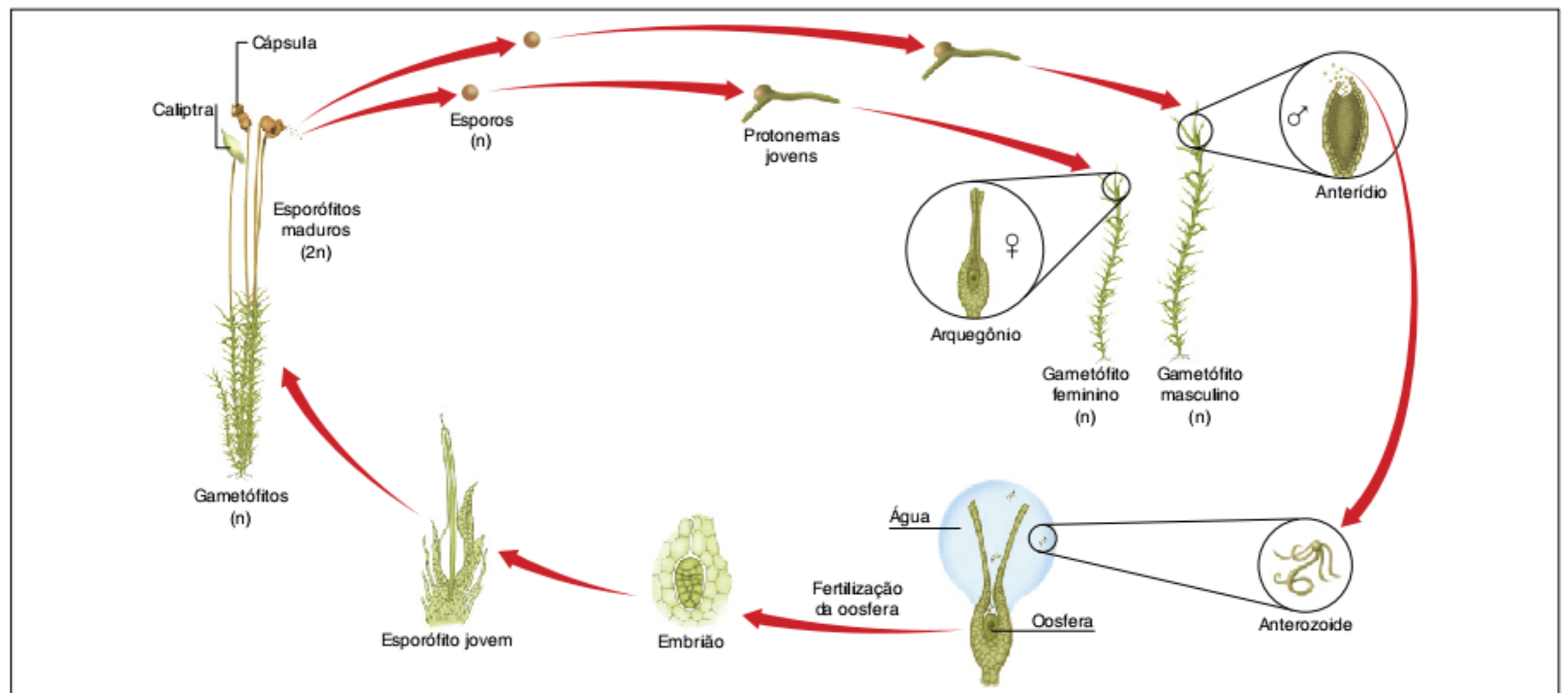


Fig. 6 Ciclo de vida de um musgo. O gametófito é mais desenvolvido, a fecundação depende de água e a meiose gera esporos.

Durante o crescimento do esporófito, sua extremidade desenvolve-se em um esporângio, que fica envolvido por parte do arquegônio, constituindo-se uma capa conhecida por **caliptra**, que acaba caindo com o tempo. O esporângio possui uma tampa, conhecida por **opérculo**; com o amadurecimento do esporângio, o opérculo sai e os esporos gerados são liberados (Fig. 7).



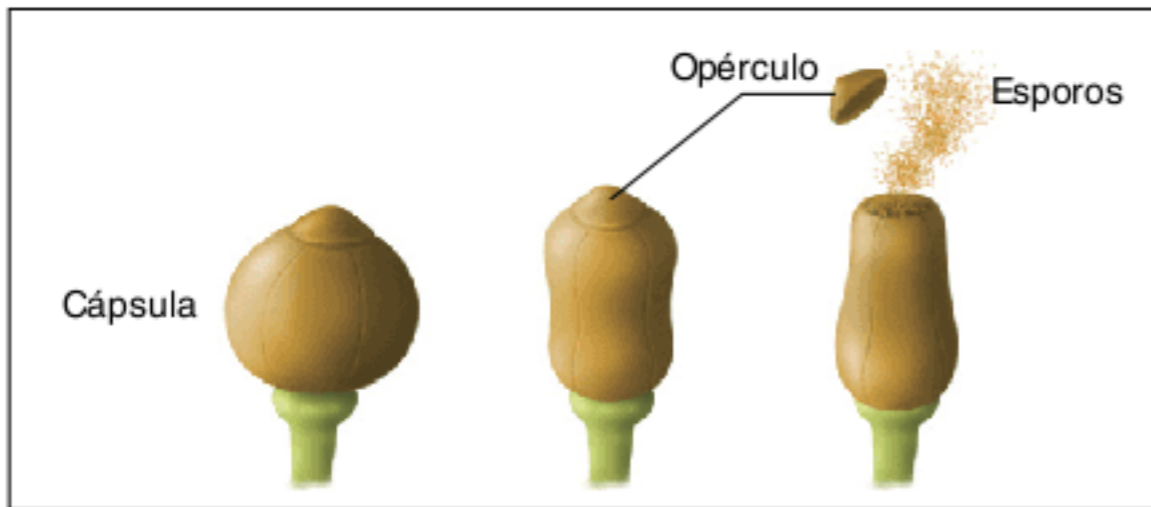


Fig. 7 O esporângio (cápsula) apresenta um opérculo que fecha sua extremidade. Os esporos são liberados após a queda do opérculo.

## Pteridófitas

Há vários grupos de pteridófitas, como samambaia, avenca e xaxim. As pteridófitas surgiram na era Paleozoica e foram os vegetais dominantes até parte da era Mesozoica, quando surgiram as gimnospermas, que passaram a se expandir e a se diversificar. Os depósitos de carvão do período carbonífero são constituídos principalmente a partir de pteridófitas.

O corpo de uma samambaia tem **raiz, caule e folhas**; não apresenta flores, sementes nem frutos. O caule é do tipo **rizoma**, estendendo-se dentro do solo e paralelamente à superfície. Do rizoma saem muitas raízes adventícias e folhas. Raízes adventícias são aquelas que se originam de folhas ou mesmo das laterais de um caule. Uma folha jovem de samambaia é denominada báculo e tem extremidade encurvada; folhas adultas são constituídas por várias lâminas, denominadas **folíolos**. Cada folíolo tem vários **soros** (Fig. 8), estruturas arredondadas e escuras, constituídas

por muitos **esporângios** de pequeno tamanho. Dentro de cada esporângio são produzidos esporos por meiose. Os esporos são liberados no ar e podem cair em substrato adequado, iniciando a germinação; com isso, forma-se o **gametófito** (n).



Fig. 8 As folhas jovens de samambaia são os báculos, que apresentam aspecto encurvado. As folhas adultas são divididas em folíolos, que possuem soros.

O gametófito, também chamado de **prótalo**, é avascular, clorofilado, sendo bem delgado e pequeno (com aproximadamente 1 centímetro). Na parte inferior do prótalo há **anterídios** e **arquegônios**; rizoides fixam a planta ao solo e dele retiram água e nutrientes.

Com o gametófito maduro, um **anterozóide** nada em direção a uma **oosfera**, fecundando-a. A fecundação é do tipo oogâmica e depende de água, o que limita a distribuição geográfica dessas plantas. O zigoto (2n) sofre mitose e gera um embrião (2n), o qual se desenvolve em um jovem **esporófito**, a planta diploide que é mais desenvolvida (Fig. 9).

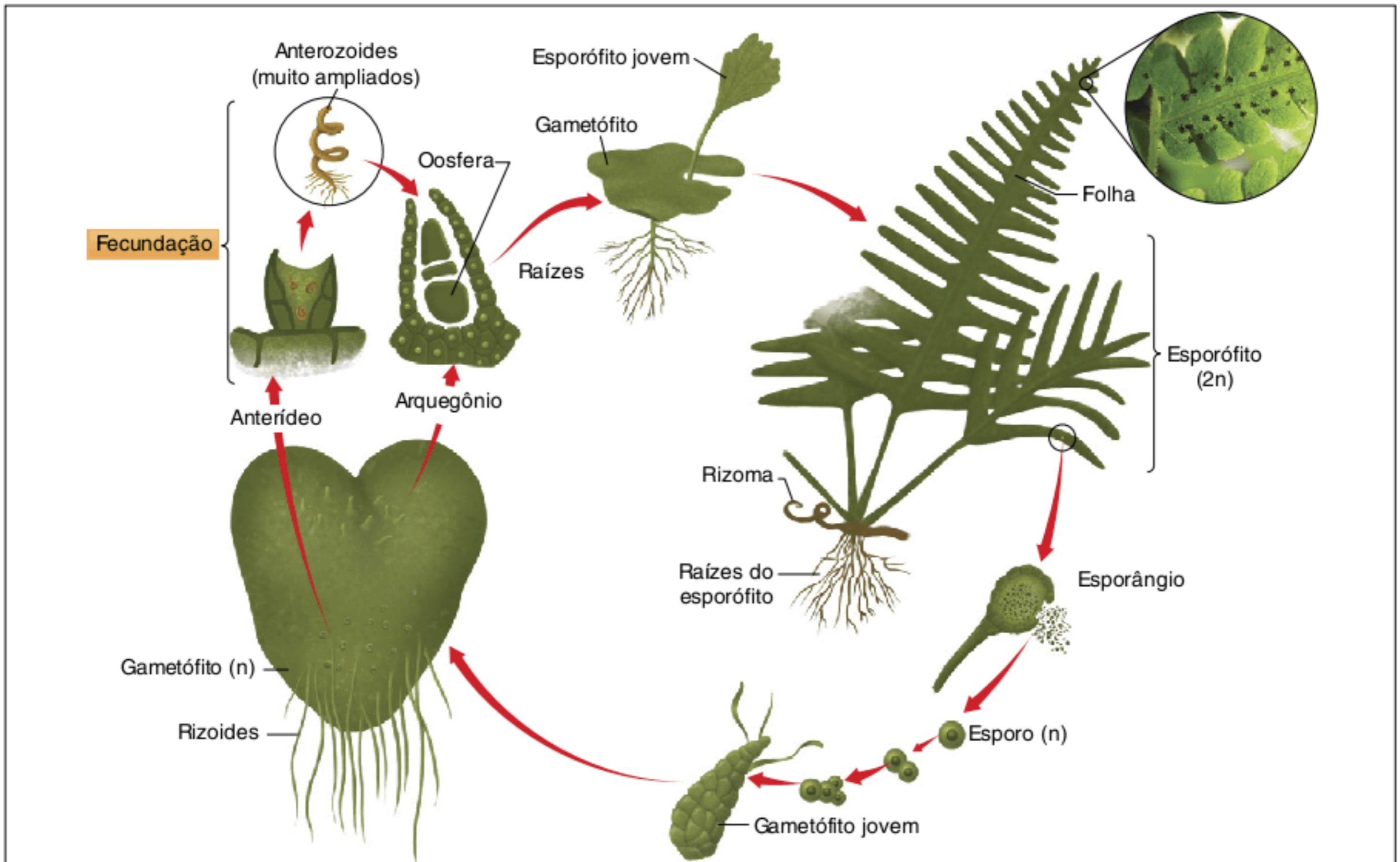


Fig. 9 Ciclo de vida de uma samambaia. O esporófito é vascular, sendo mais desenvolvido que o gametófito, ou prótalo (avascular); a fecundação depende de água, e a meiose gera esporos.



## Revisando

**1** Como são conhecidas genericamente as plantas vasculares? Quais grupos estão incluídos nessa denominação?

---

---

---

**2** Qual é a relação entre os vasos condutores e o porte das plantas?

---

---

**3** Quais são as plantas dotadas de sementes? Como elas são conjuntamente denominadas?

---

---

**4** Quais são os dois grupos de plantas que não possuem sementes? Como elas são conjuntamente denominadas?

---

---

**5** Com relação ao musgo, indique a fase mais desenvolvida e a fase reduzida.

---

---

**6** Cite o nome dos gametângios e gametas masculinos e femininos.

---

---

**7** O que é oogamia?

---

---

**8** Como se dá a formação dos esporos de um musgo?

---

---

**9** O que é protonema?

---

---

**10** Com relação à samambaia, indique a fase mais desenvolvida e a fase reduzida.

---

---

**11** Como é denominado o caule da samambaia? Qual é o tipo de raiz ligada a esse caule?

---

---

**12** O que é um soro?

---

---

**13** Qual é o tipo de fecundação da samambaia?

---

---



## Exercícios propostos

**1 Fatec** Na maioria dos sistemas de classificação, o reino das plantas é dividido em dois filios denominados briófitas e traqueófitas. O filo das briófitas caracteriza-se por:

- (a) apresentar vaso condutor de seiva e não apresentar sementes.
- (b) não apresentar vaso condutor de seiva e apresentar semente.
- (c) apresentar raiz, caule, folha e semente.
- (d) apresentar raiz, caule, folha e não apresentar semente.
- (e) não apresentar vaso condutor de seiva e não apresentar sementes.

**2 Fatec** Analise a descrição a seguir.

“Grupo de plantas de pequeno porte, encontradas em locais úmidos e sombreados, que crescem no solo ou sobre os troncos das árvores. Há poucas espécies dulcícolas e nenhuma marinha. Esse grupo de plantas apresenta rizoides e não possui vasos condutores”.

Após a análise do texto, assinale a alternativa que apresenta o nome do grupo das plantas com as características apresentadas.

- (a) Briófitas.
- (b) Angiospermas.
- (c) Gimnospermas.
- (d) Dicotiledôneas.
- (e) Pteridófitas.

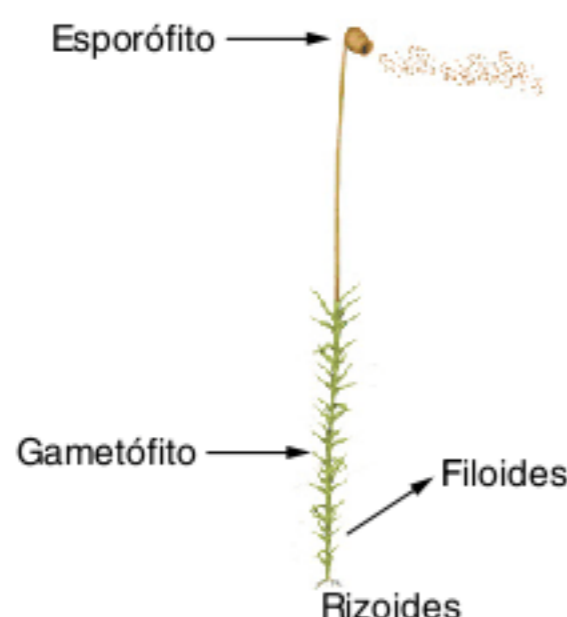
**3 UEL** O pequeno porte das briófitas deve-se, fundamentalmente, à falta de:

- (a) estruturas para absorção de água e sais.
- (b) tecidos condutores de seiva.
- (c) alternância de gerações.
- (d) reprodução sexuada.
- (e) flores.

**4** Nos musgos, uma divisão meiótica originará:

- (a) anterozoides.
- (b) esporos.
- (c) oosferas.
- (d) óvulos.
- (e) zigotos.

**5 Fatec 2005** A figura a seguir representa um organismo vivo.



Assinale a alternativa que relaciona correta e respectivamente o reino, a divisão (ou filo) e o elemento reprodutivo derivado do esporófito.

- (a) *Fungi*, *Bryophyta* e esporo.
- (b) *Plantae*, *Bryophyta* e esporo.
- (c) *Plantae*, *Pteridophyta* e esporo.
- (d) *Fungi*, *Pteridophyta* e semente.
- (e) *Protista*, *Fungi* e semente.

**6 Unacerp** Assinale a alternativa que apresenta uma característica das briófitas (musgos).

- (a) Não possuem raízes, e sim rizoides.
- (b) Possuem raízes e vasos condutores de seiva.
- (c) Não possuem raízes, mas possuem vasos condutores de seiva.
- (d) A reprodução se faz por metagênese, sendo o esporófito a fase haploide.
- (e) A reprodução se faz por metagênese, sendo a fase gametofítica diploide.

**7** Se o gametófito de uma briófitas, como um musgo, possui um número  $x$  de cromossomos, então encontraremos  $2x$  cromossomos nos:

- (a) esporófitos.
- (b) esporos.
- (c) protonemas.
- (d) rizoides.
- (e) filóides.

**8 PUC-MG** São características das briófitas:

- (a) fase gametofítica dominante, esporófito dependente do gametófito e fecundação dependente da água.
- (b) fase esporofítica dominante, gametófito dependente do esporófito e fecundação dependente da água.
- (c) fase gametofítica dominante, esporófito independente do gametófito e fecundação independente da água.
- (d) fase esporofítica dominante, gametófito independente do esporófito e fecundação independente da água.
- (e) fase gametofítica dominante, esporófito reduzido a uma célula gamética e fecundação independente da água.

**9 Unesp 2007** Na aula de Biologia, a professora comentou que as briófitas poderiam ser consideradas “os anfíbios do Reino Vegetal”. Esta afirmação é válida se considerarmos que as briófitas, assim como alguns anfíbios:

- (a) apresentam um sistema de distribuição de água pelo corpo, que se dá de célula para célula, por osmose.
- (b) reproduzem-se por alternância de gerações (metagênese).
- (c) têm uma fase do desenvolvimento (gametófito) que ocorre exclusivamente na água.
- (d) sofrem um processo de metamorfose, durante o qual se alteram os mecanismos de captação de oxigênio.
- (e) vivem em ambientes úmidos e dependem da água para a fecundação.



- 10 UFSM** Na passagem evolutiva de plantas aquáticas (algas verdes) para o ambiente terrestre, alguns cientistas consideram as briófitas as primeiras a apresentarem características que permitiram que as plantas invadissem esse tipo de ambiente. No referido grupo (briófitas), uma dessas características é o(a):
- aparecimento da clorofila, dando início ao processo de fotossíntese.
  - surgimento de tecidos de condução.
  - formação de sementes como o modo mais eficiente de propagação.
  - surgimento de rizoides, que assumiram as funções de absorção e fixação.
  - eliminação da dependência da água para a fecundação.

- 11 Fuvest 2005** A figura a seguir mostra a face inferior de uma folha onde se observam estruturas reprodutivas.



A que grupo de plantas pertence essa folha e o que é produzido em suas estruturas reprodutivas?

- Angiosperma; grão de pólen.
  - Briófita; esporo.
  - Briófita; grão de pólen.
  - Pteridófitas; esporo.
  - Pteridófitas; grão de pólen.
- 12 Fuvest** Um horticultor deseja obter indivíduos geneticamente idênticos (clones) a uma samambaia comercialmente valiosa. Para alcançar esse objetivo ele deve:
- cultivar os esporos produzidos por essa samambaia.
  - induzir artificialmente a autofecundação dessa samambaia.
  - implantar núcleos de esporos dessa samambaia em oosferas anucleadas de outras plantas.
  - introduzir DNA extraído de folhas dessa samambaia em zigotos de outras plantas.
  - obter fragmentos de rizoma (caule) dessa samambaia e cultivá-los.

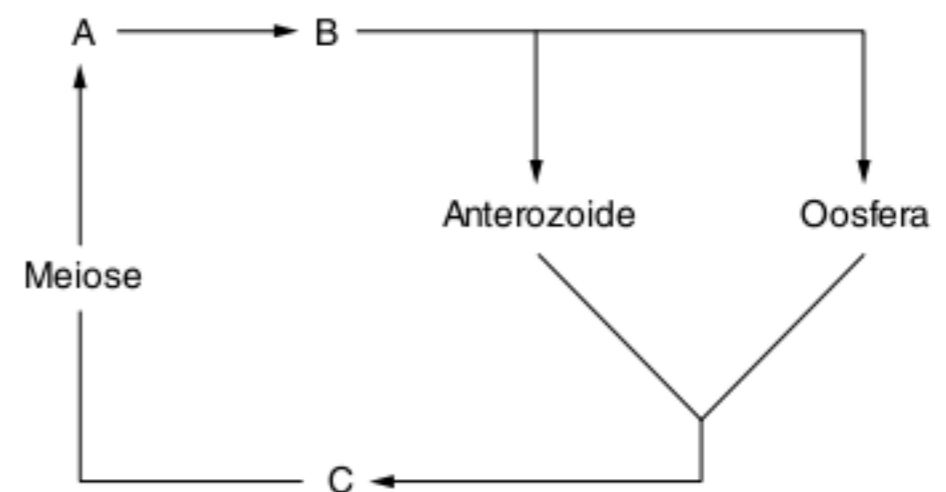
- 13 PUC-PR** No ciclo alternante de uma samambaia, na divisão meiótica, resultará a formação de:
- óvulos.
  - gametas.
  - gametófitos.
  - esporófitos.
  - esporos.

- 14 PUC-RS 2002** Responder à questão com base nas afirmativas a seguir sobre as plantas pteridófitas.
- São o grupo mais antigo de plantas vasculares.
  - Possuem caule chamado de rizoma e folhas normalmente divididas em folíolos.
  - Suas minúsculas flores podem ser vistas apenas com o auxílio de uma lupa.

- IV. Sua reprodução envolve a produção de esporos. Pela análise das afirmativas, conclui-se que estão corretas as da alternativa:
- I, II e III.
  - I, II, III e IV.
  - I, II e IV.
  - I, III e IV.
  - II, III e IV.

- 15 UFPel** Os vegetais vasculares que possuem raiz, caule e folhas, mas não são dotados de flores, frutos e sementes são:
- algas, como as cianofíceas, a alface-do-mar e as algas pardas.
  - pteridófitas, como as samambaias, as avenças e os xaxins.
  - angiospermas, como as gramíneas, o eucalipto e os cactos.
  - gimnospermas, como os ciprestes, os pinheiros e o *Ginkgo biloba*.
  - fungos, como a orelha-de-pau, os cogumelos e as leveduras.

- 16 Mackenzie** O esquema simplificado a seguir representa o ciclo de vida de uma samambaia.



A, B e C são, respectivamente:

- esporófito, gametófito e esporo.
  - gametófito, esporófito e esporo.
  - esporo, gametófito e esporófito.
  - esporófito, esporo e gametófito.
  - gametófito, esporo e esporófito.
- 17 UFU** Com relação às pteridófitas, podemos dizer que o gametófito é:
- desenvolvido, maior que o esporófito e denominado cormo.
  - reduzido e sempre chamado de protalo.
  - múltiplo e conhecido como soros, haploides.
  - muito pequeno e denominado estômio.

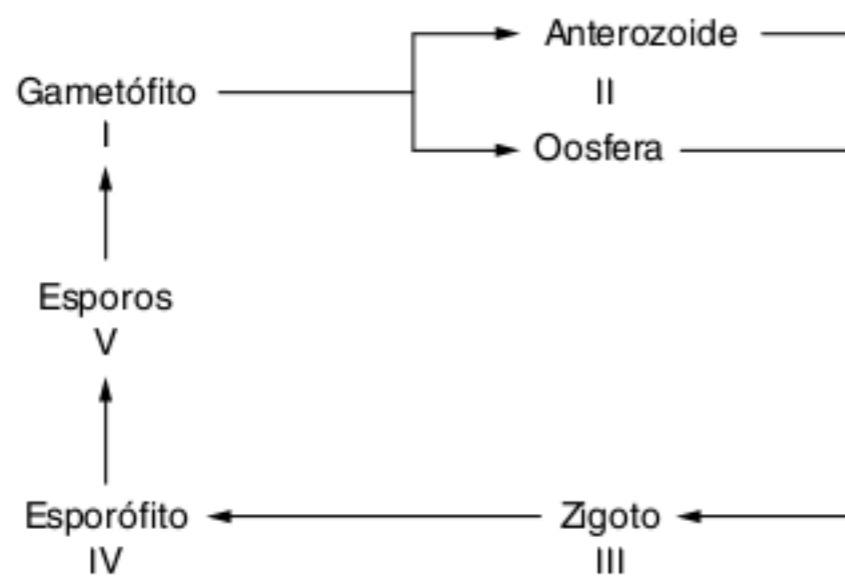
- 18** Ao falarmos em gametófitos, estamos nos referindo a:
- uma bela samambaia de metro.
  - uma plantinha de musgo.
  - um cogumelo comestível.
  - um grupo de líquens que cobrem árvores.
  - uma alga microscópica.

- 19** Considere as seguintes características.
- Presença de tecidos de condução.
  - Nítida alternância de gerações.
  - Ocorrência de meiose espórica.

- Um musgo (briófita) e uma samambaia (pteridófitas) apresentam em comum:
- I e II.
  - II e III.
  - I e III.
  - I, II e III.
  - nenhum dos itens.



**20 Mackenzie** O ciclo de vida de briófitas e pteridófitas pode ser representado segundo o esquema a seguir.



A respeito dele, podemos afirmar que:

- (a) a meiose ocorre em I.
- (b) I constitui a geração predominante para os dois grupos vegetais.
- (c) somente II e IV são diploides.
- (d) I constitui a geração predominante para briófitas e não para pteridófitas.
- (e) somente II e IV são haploides.

**21 PUC-MG** Muitas evidências indicam que os parentes mais próximos das plantas são um grupo de algas verdes chamadas carófitas. As carófitas, junto com algumas outras algas verdes e com plantas, estão em uma linhagem-irmã de *Chlorophyta*, mas ainda não sabemos qual linhagem de carófitas é a irmã verdadeira das plantas. É característica distintiva de briófitas para pteridófitas a:

- (a) alternância de gerações.
- (b) presença de esporófito independente.
- (c) dependência de água para reproduzir.
- (d) presença de meiose espórica.

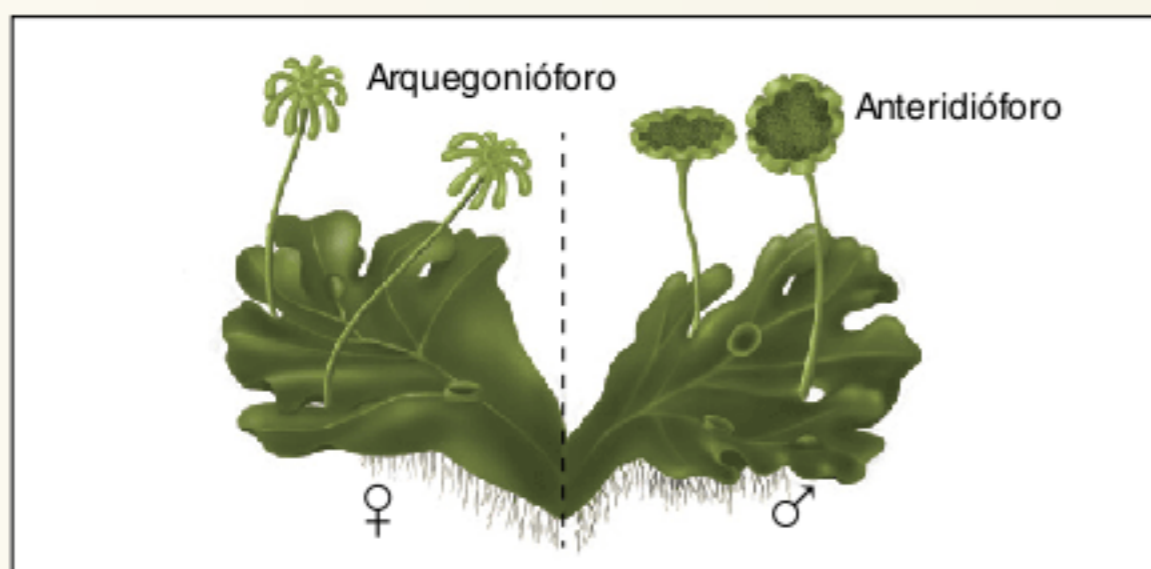
**22 UFRGS 2007** Briófitas e pteridófitas apresentam várias características em comum, mas também diferem em muitos aspectos. Assinale a característica que pertence a apenas um desses grupos de plantas.

- (a) Crescer preferencialmente em solos úmidos e sombreados.
- (b) Necessitar de água para reproduzir-se.
- (c) Não ter flores, sementes nem frutos.
- (d) Ser criptógama.
- (e) Ser portadora de tecidos de transporte.

## TEXTOS COMPLEMENTARES

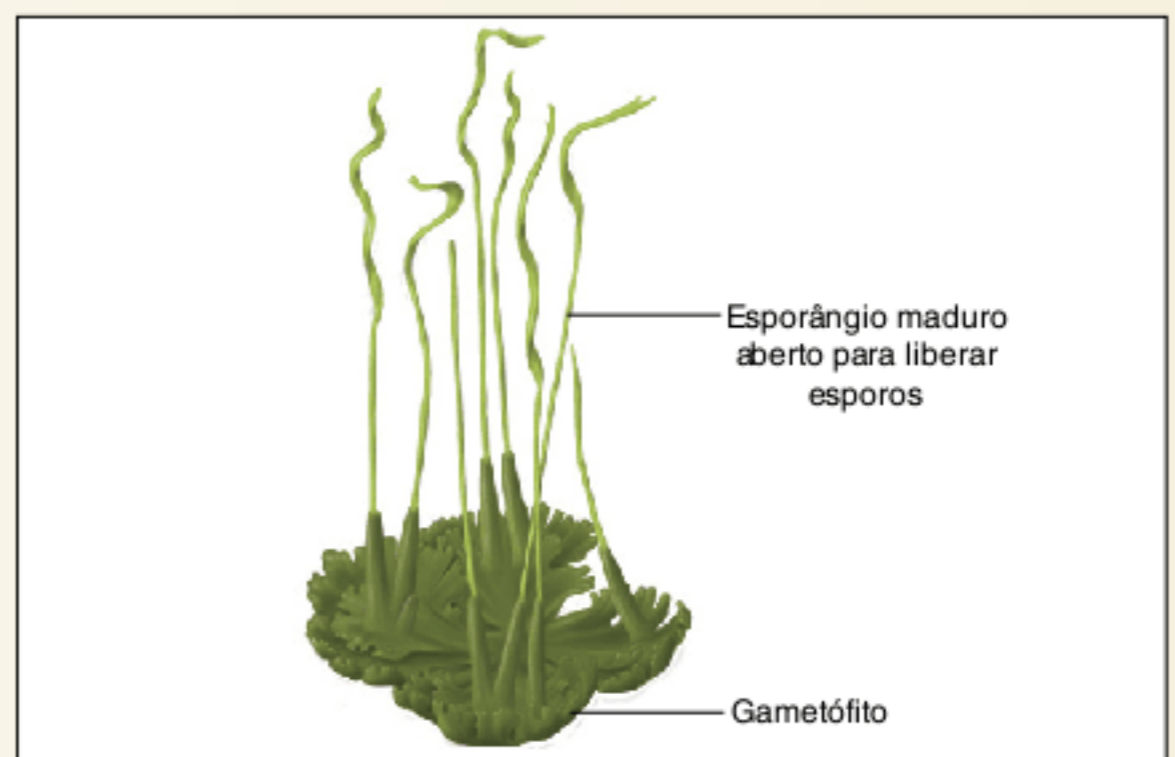
### Detalhes da classificação

O termo "briófitas" atualmente compreende três filós: *Bryophyta* (musgos), *Hepatophyta* (hepáticas) e *Anthoceroophyta* (antóceros). Hepáticas têm corpo delgado e formam bifurcações; há espécies de ambiente terrestre úmido e outras de água doce. Os sexos são separados e, sobre o gametófito, podem ser encontrados conceptáculos dotados de **propágulos**, grupos de células que se destacam e, quando caem em um substrato adequado, geram outro indivíduo, em um processo assexuado.



Hepáticas e suas estruturas reprodutoras.

Antóceros têm gametófito delgado e sobre ele pode ocorrer o desenvolvimento de esporófito alongado.



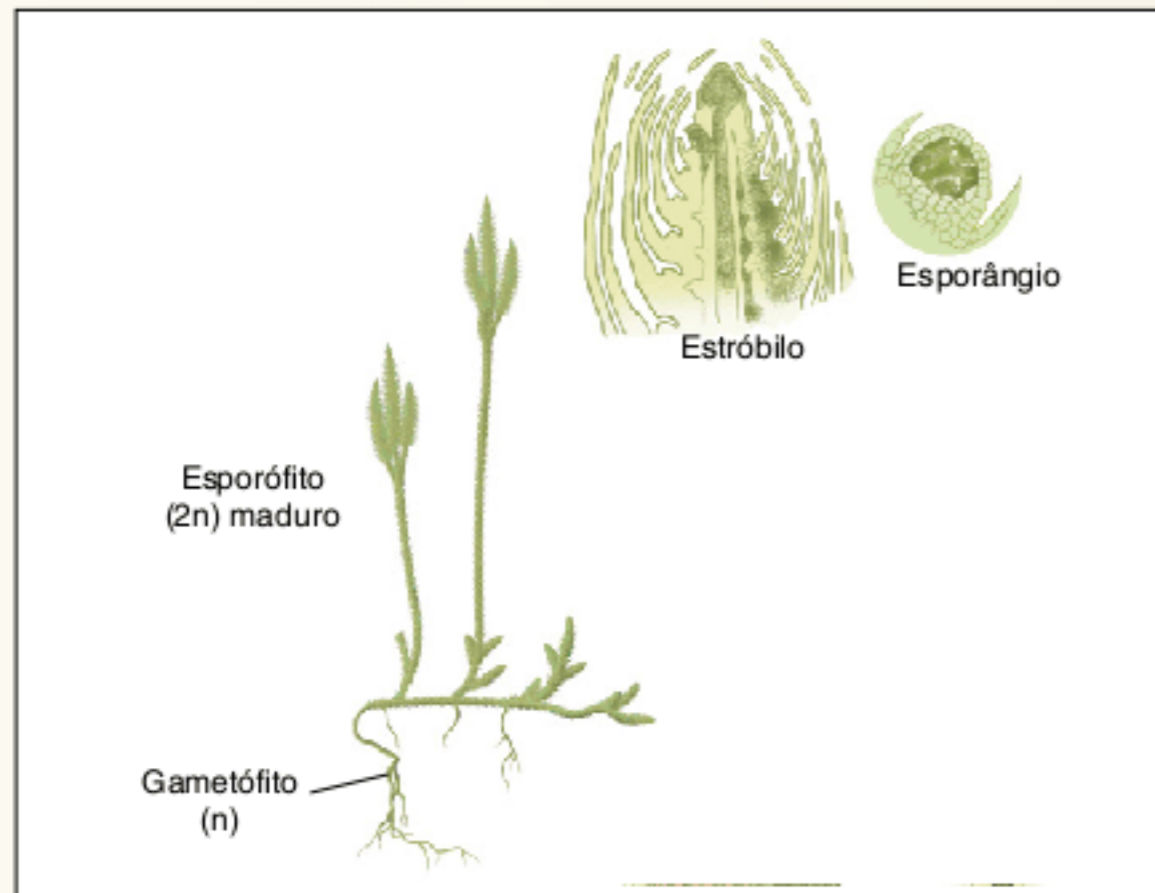
Esporângios de um antóceros.

As pteridófitas incluem os seguintes filós: *Pterophyta* (samambaia, avenca e xaxim), *Lycophyta* (licopódios e selaginelas),

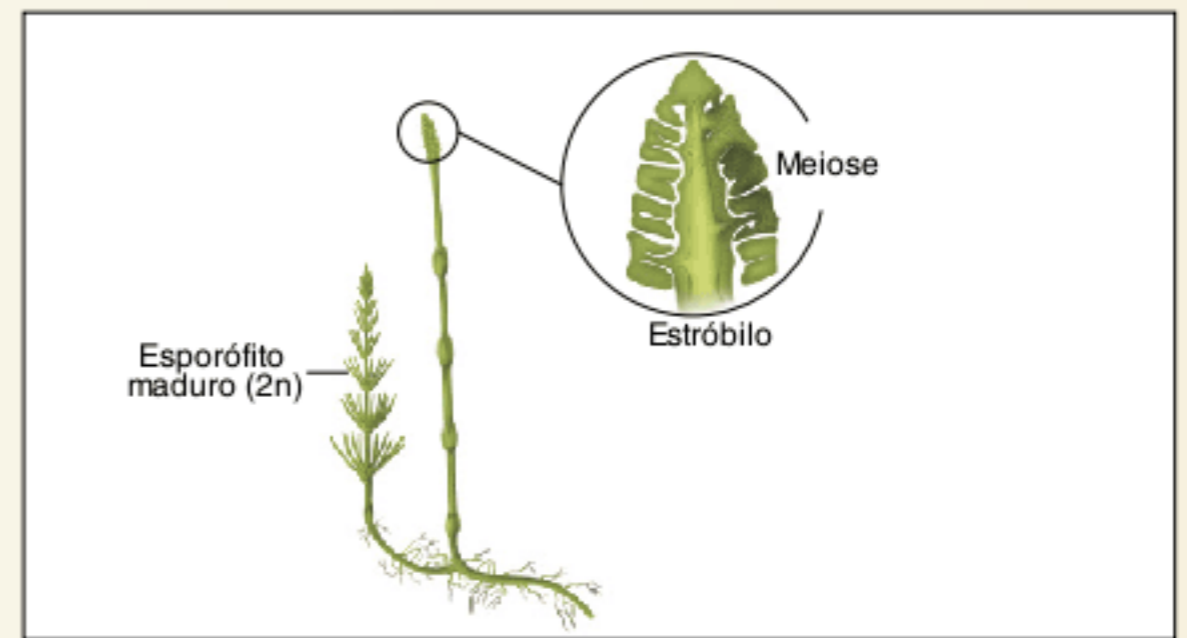


*Psilotophyta* (*Psilotum* sp.) e *Sphenophyta* (cavalinha ou *Equisetum* sp.). Licopódios e selaginelas apresentam raízes e um caule ramificado, dotado de folhas curtas. Na extremidade de alguns ramos há estruturas reprodutoras, constituídas por grupos de esporângios, denominados estróbilos.

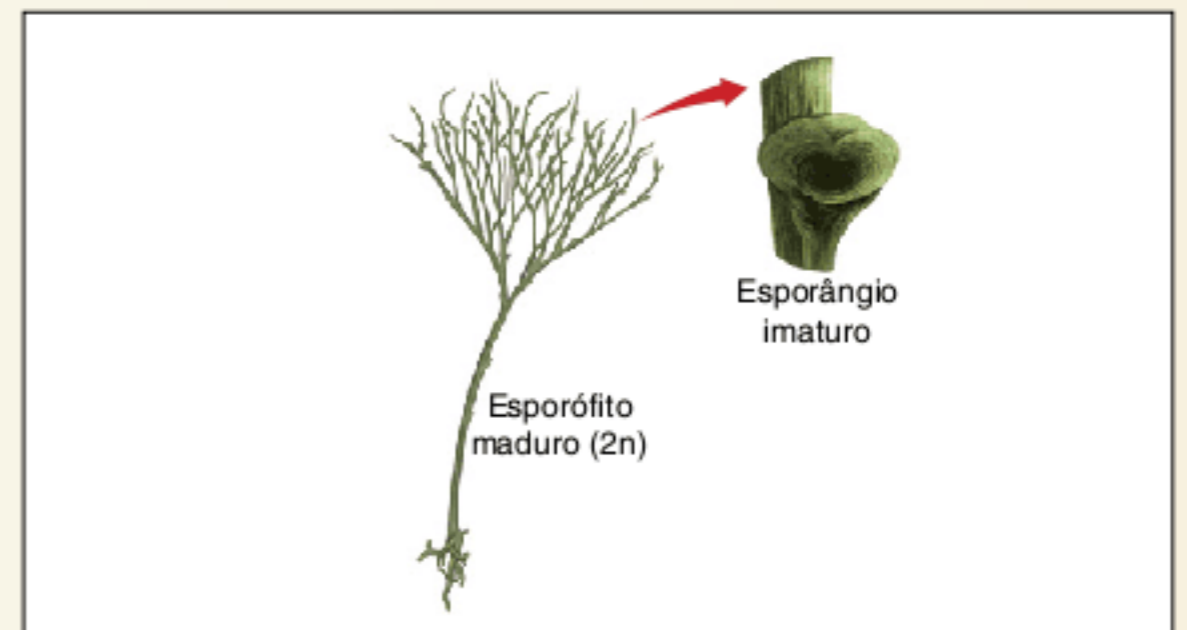
Cavalinhas têm caule segmentado, com áreas em que as folhas reduzidas se concentram; seus esporângios localizam-se nas extremidades de alguns ramos. *Psilotum* sp. apresenta ramos desprovidos de folhas, com esporângios na extremidade.



Estrutura de um licopódio. Detalhe ampliado do estróbilos e do esporângio localizados nas extremidades da planta.



Cavalinha (*Equisetum* sp.).



*Psilotum* sp. e detalhe de seu esporângio imaturo.

## A evolução das plantas e o tempo

As plantas originaram-se de algas clorófitas. No ambiente aquático, as clorófitas apresentavam uma série de adaptações, como a sustentação do corpo que a água permite. Além disso, na água há nutrientes minerais, gases dissolvidos e luz. O corpo de uma alga é bastante delgado e a distância entre o meio externo e as células internas é bastante reduzida. Assim, as células em todo o corpo recebem facilmente luz, gases e nutrientes minerais através de difusão; o gás carbônico gerado na respiração e o gás oxigênio produzido na fotossíntese difundem-se para o ambiente. As células não apresentam divisão de funções, exceto as reprodutoras, e praticamente todas realizam fotossíntese.

A partir de um grupo de clorófitas, foram geradas as ancestrais das plantas, em um processo evolutivo envolvendo

mutações e seleção natural. Foram gerados tecidos especializados, como os de revestimento, sustentação, condução e os responsáveis somente pela realização de fotossíntese. Com esses tecidos, foi possível a sobrevivência em meio terrestre, onde há risco de desidratação (evitada pelos tecidos de revestimento) e não há sustentação propiciada pela água (a sustentação fica a cargo dos tecidos de sustentação). Uma parte do vegetal (raízes) penetra no solo e retira água e sais; outra parte (folhas) recebe luz e realiza fotossíntese, que gera açúcar. Essas diferentes partes trocam materiais (água, sais, açúcares) por meio de tecidos de condução (vasos).

O quadro a seguir mostra algumas etapas da história evolutiva de alguns autótrofos fotossintetizantes ao longo do tempo:



Era	Período (milhões de anos atrás)	Ocorrências de cianobactérias, algas e plantas	Recente
Cenozoica (conhecida como idade dos mamíferos).	Quaternário (7)		↑ Antigo
	Terciário (65)	Angiospermas espalham-se por vários ambientes. Desenvolvimento de pradarias e expansão de florestas.	
Mesozoica (conhecida como idade dos répteis).	Cretáceo (136)	Surgimento e diversificação de angiospermas.	
	Jurássico (195)		
	Triássico (225)	Gimnospermas e pteridófitas são dominantes.	
Paleozoica	Permiano (280)	Surgimento de coníferas.	
	Carbonífero (345) (conhecida como idade dos anfíbios).	Florestas espalham-se por vários locais. Formação de depósitos de carvão.	
	Devoniano (395) (conhecida como idade dos peixes).	São formadas as primeiras florestas. Surgem plantas com sementes.	
	Siluriano (435)	Algas mais comuns: verdes, pardas e vermelhas.	
Proterozoica	Ordoviciano (500)	Aparecimento de plantas vasculares.	
	Cambriano (570)	Algas passam a predominar. Algas tornam-se abundantes. Surgimento de algas e fungos pluricelulares. Cianobactérias diversificam-se. Surgimento de eucariontes, como algas e protozoários. Surgimento de procariontes clorofilados.	

Ocorrência de organismos fotossintetizantes ao longo das eras geológicas.

## RESUMINDO

Há plantas avasculares (briófitas) e vasculares (pteridófitas, gimnospermas e angiospermas); plantas vasculares são denominadas traqueófitas.

Plantas que formam sementes são espermatófitas (ou fanerógamas) e compreendem gimnospermas e angiospermas; criptógamas não têm semente, como as briófitas e as pteridófitas.

As briófitas apresentam metagênese. A fase mais desenvolvida do musgo é o gametófito, que possui rizoides, caulóide e filóides. O gametófito tem gametângios produtores de gametas por mitose. O gametângio masculino é o anterídio, que forma anterozoides; o gametângio feminino é o arquegônio, produtor da oosfera. A fecundação depende de água e é denominada oogamia.

O zigoto gera um embrião que se desenvolve em um esporófito, que é dependente do gametófito. O esporófito tem esporângio, no qual são produzidos esporos por meiose. Com a germinação de um esporo, forma-se o protonema, que gera vários gametófitos.

As pteridófitas foram os vegetais dominantes do planeta e os principais responsáveis pela formação dos depósitos de carvão do período carbonífero. Um exemplo é a samambaia, que tem metagênese e o esporófito ( $2n$ ) é mais desenvolvido que o gametófito. O esporófito tem raiz, caule (rizoma) e folhas divididas em folíolos. Nos folíolos, há soros, que contêm muitos esporângios, nos quais ocorre a formação de esporos por meiose. Um esporo gera um gametófito ou prótalo monoico. A fecundação é do tipo oogâmica.

## ■ QUER SABER MAIS?



### SITES

- Artigo científico sobre as pteridófitas da Serra do Espinhaço, com aproximadamente 465 espécies. <[www.conservation.org.br/publicacoes/files\\_mega4/06\\_diversidade\\_e\\_conservacao\\_das\\_pteridofitas\\_na\\_cadeia\\_do\\_espinhaco\\_brasil.pdf](http://www.conservation.org.br/publicacoes/files_mega4/06_diversidade_e_conservacao_das_pteridofitas_na_cadeia_do_espinhaco_brasil.pdf)>.
- Reportagem sobre um projeto realizado pela Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (Fundep), em parceria com a UFMG e apoiado pela Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza sobre o mapeamento de espécies de Pteridófitas na mata Atlântica. <[www.fundacaoboticario.org.br/pt-br/paginas/novidades/detalhe/default.aspx?idNovidade=143](http://www.fundacaoboticario.org.br/pt-br/paginas/novidades/detalhe/default.aspx?idNovidade=143)>.
- Artigo científico sobre as briófitas do Recanto das Emas (DF), discutindo sobre o grande potencial bioindicador dessas plantas, diretamente relacionadas com a qualidade do ar e com alterações decorrentes da urbanização. <[www.scielo.br/pdf/%0D/abb/v17n4/a03v17n4.pdf](http://www.scielo.br/pdf/%0D/abb/v17n4/a03v17n4.pdf)>.



## Exercícios complementares

**1** Na Mata Atlântica, que é um ambiente bastante úmido, é comum encontrarmos vegetais pequenos (com apenas alguns centímetros), crescendo sobre troncos e ramos de árvores e recobrendo áreas sombreadas do solo. Sabendo-se que na reprodução desses organismos não há flores, mas há gametas envolvidos, responda:

- Que plantas são essas?
- Qual fator limita seu tamanho?
- Qual é a fase verde e duradoura de seu ciclo vital?
- Qual é a fase transitória de seu ciclo vital?

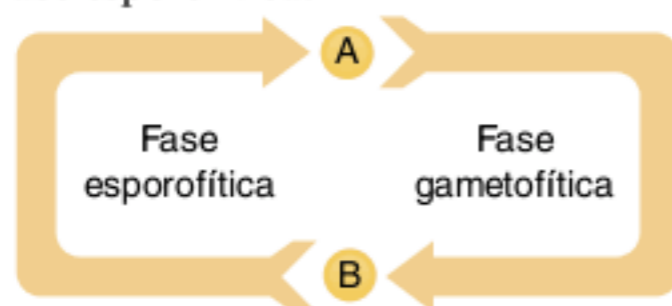
**2 UFC** As briófitas, que formam verdadeiros tapetes verdes, promovem a retenção da água das chuvas e, como consequência, evitam a erosão dos solos. Algumas são bastante utilizadas na horticultura como fonte de nutrientes para as plantas e para melhorar a capacidade de retenção de água pelo solo. Por serem muito sensíveis aos resíduos tóxicos, são excelentes indicadores de poluição ambiental.

A respeito das briófitas, é verdadeiro afirmar que:

- a ausência de tecido especializado para o transporte de seivas explica, pelo menos em parte, o seu pequeno porte.
- independem da água para a reprodução.
- são classificadas como fanerógamas, por possuírem órgãos reprodutores bem visíveis (as flores).
- vivem preferencialmente em locais secos e ensolarados.
- a reprodução ocorre por alternância de gerações, sendo predominante a fase gametofítica (produtora de gametas).

Soma =

**3 Fuvest** O esquema a seguir representa o ciclo de vida da samambaia. A letra A representa a célula haploide que faz a transição da fase esporofítica para a fase gametofítica; a letra B representa a célula diploide que faz a transição da fase gametofítica para a fase esporofítica.



- Descreva resumidamente a aparência das plantas que representam a fase esporofítica e a fase gametofítica.
- Quais são os nomes das células representadas pelas letras A e B?

**4 Ufal** Compare o esporófito de uma samambaia ao esporófito de um musgo.

**5 UFG (Adapt.)** O ciclo de vida das pteridófitas apresenta mais adaptações ao ambiente terrestre que o das briófitas. Quanto a essas características evolutivas, julgue os itens a seguir como verdadeiros ou falsos.

- As briófitas estão restritas aos ambientes áridos, enquanto as pteridófitas vegetam em vários ambientes, pois são seres ricos em lignina.
- As pteridófitas são plantas que fazem o transporte rápido da seiva, enquanto nas briófitas o transporte é feito de célula a célula.
- Nas briófitas, o transporte de água e nutrientes percorre as pequenas distâncias, por difusão, por isso essas plantas têm tamanho reduzido.
- As pteridófitas, ao contrário das briófitas, apresentam um ciclo de vida com a geração esporofítica bem-desenvolvida.

**6 UFG 2005** As briófitas e as pteridófitas são vegetais característicos de ambientes úmidos.

- Explique como ocorre o transporte da água no interior desses organismos.
- Apresente uma razão para o fato de as briófitas serem consideradas organismos importantes na dinâmica das comunidades.

**7 UFSCar 2004** Muitas das características que surgiram ao longo da história evolutiva das plantas permitiram a conquista do ambiente terrestre. Considere os musgos e as samambaias e:

- cite uma característica compartilhada por esses dois grupos que torna essas plantas dependentes da água para a fertilização.
- compare os dois grupos com relação à presença de um sistema vascular para transporte de água e nutrientes.

**8 UEPG 2008** O Reino *Plantae* é representado por mais de 300 mil espécies de vegetais. Entre elas estão as pteridófitas, importantes representantes do processo evolutivo vegetal. A respeito dessas plantas, assinale o que for correto e informe a soma correta.

- As pteridófitas deram um grande passo na conquista do meio terrestre, pois foram os primeiros vegetais vasculares, capazes, portanto, de transportar facilmente a água das raízes para seus órgãos aéreos, o caule e as folhas.
- As pteridófitas são chamadas traqueófitas, porque seu tecido condutor é representado pelas traqueias ou vasos lenhosos (xilema), que transportam água e sais absorvidos pelas raízes e pelos vasos liberianos (floema), os quais, por sua vez, transportam uma solução orgânica com os produtos da fotossíntese.
- Uma importante especialização dos vasos lenhosos das pteridófitas é a impregnação de suas paredes por uma substância de grande resistência, a lignina, que proporciona a sustentação mecânica do caule e das nervuras das folhas.
- As folhas das pteridófitas em geral têm função dupla: fotossíntese e reprodução. Na parte inferior dos folíolos estão os esporófitos, responsáveis pela sua disseminação.
- O mais importante grupo de pteridófitas é o das filicíneas, conhecidas popularmente como samambaias.

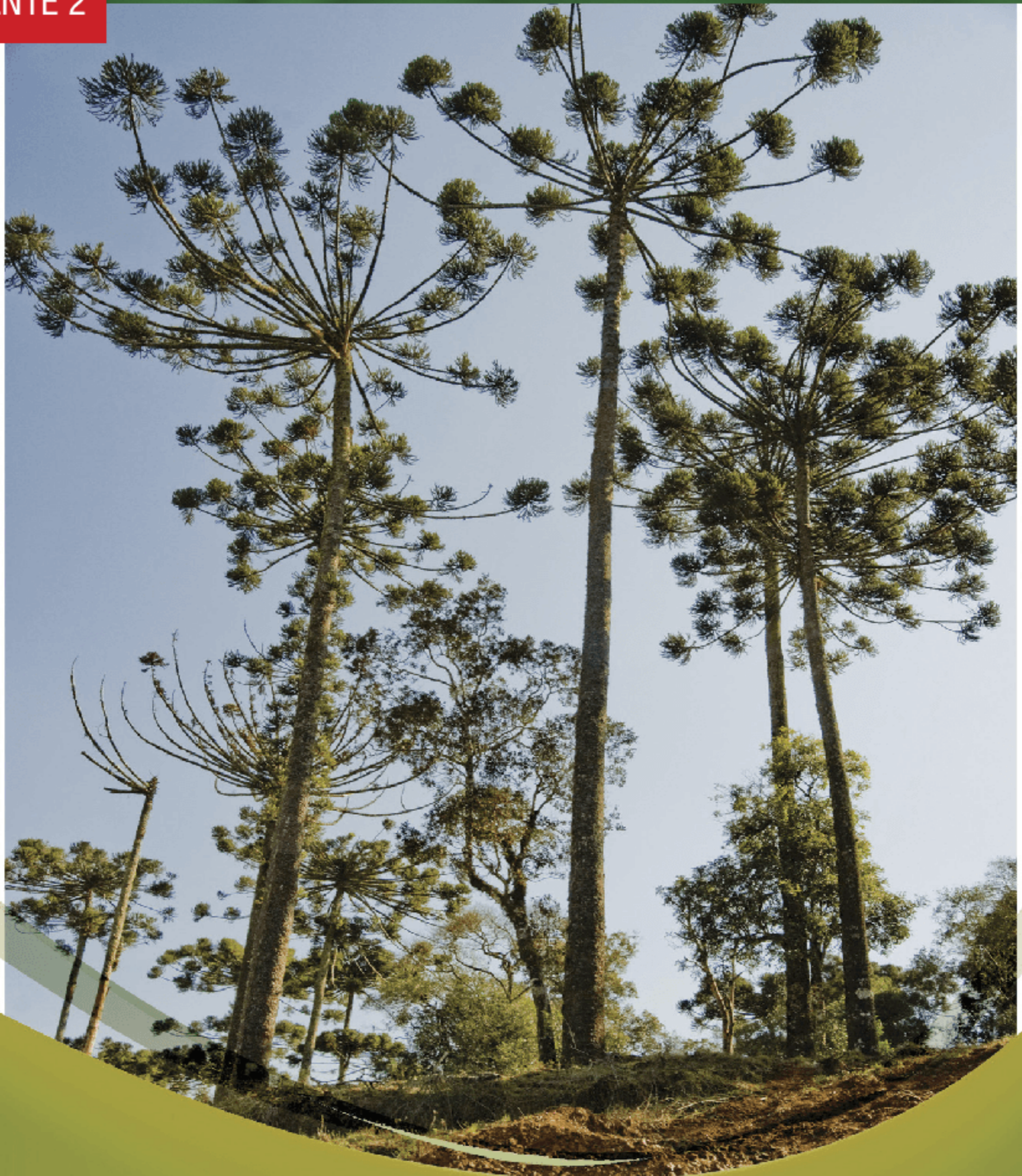
Soma =



# 12

FRENTE 2

## Gimnospermas



© ACCORUTINI | DREAMSTIME.COM

O pinhão é uma semente do pinheiro brasileiro *Araucaria angustifolia*, que não possui fruto, como muitos acreditam. A pinha apresenta uma estrutura reprodutora dentro da qual os pinhões são produzidos.



## Características das gimnospermas

A araucária pertence ao grupo das **gimnospermas**: plantas vasculares que possuem raiz, caule e folhas; ela forma **sementes** (pinhões) no interior de **estróbilos** (pinhas), mas não possui fruto. O termo “gimnospermas” significa semente nua, devido à ausência de frutos nessas plantas (Fig. 1).



Fig. 1 À esquerda, um pinhão de araucária: é a semente da planta e contém um embrião. À direita estróbilos (cones) de pinheiros: os masculinos (microstróbilos) são menores do que os femininos (macrostróbilos ou megastróbilos).

A araucária é uma gimnosperma do grupo conhecido como **coníferas**, que também inclui o pinheiro do gênero *Pinus* (pinheiro oriundo do hemisfério Norte), o cipreste e a sequoia (Fig. 2). Há outros grupos de gimnospermas, que serão apresentados no final do capítulo.

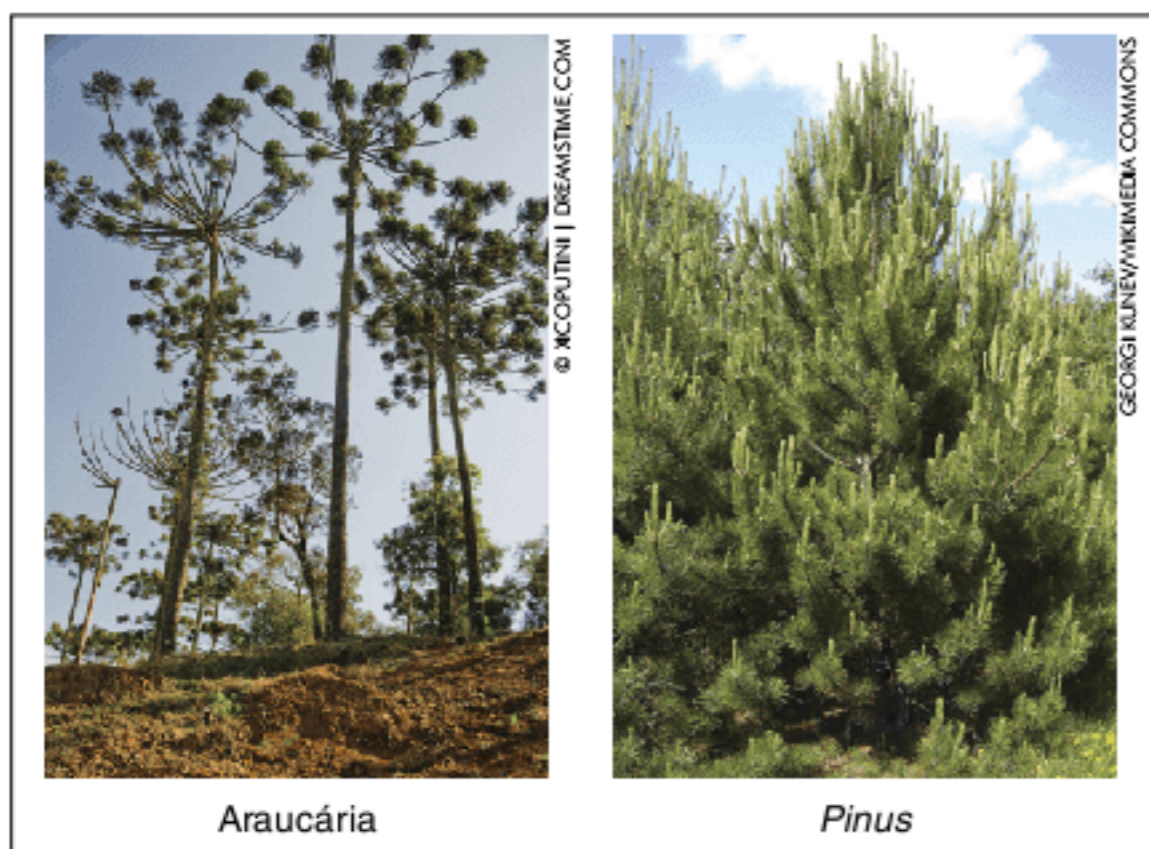


Fig. 2 Dois tipos de pinheiros. A araucária é conhecida como pinheiro-do-paraná. O *Pinus* não é nativo do Brasil, mas é um tipo de pinheiro bastante empregado em reflorestamentos.

## Ciclo reprodutivo Aspectos gerais

As gimnospermas possuem um ciclo reprodutivo com alternância de gerações, envolvendo esporófito ( $2n$ ) e gametófito ( $n$ ). O **gametófito** é bastante reduzido. O **esporófito** corresponde à planta adulta, o pinheiro propriamente dito, com raiz, caule, folhas e estróbilos. O **estróbilos**, também conhecido como cone ou pinha, é a estrutura reprodutora do pinheiro. Há dois tipos de estróbilos: o masculino (**microstróbilos**) e o feminino (**megastróbilos** ou **macrostróbilos**), sendo o feminino maior que o masculino (Fig. 3).

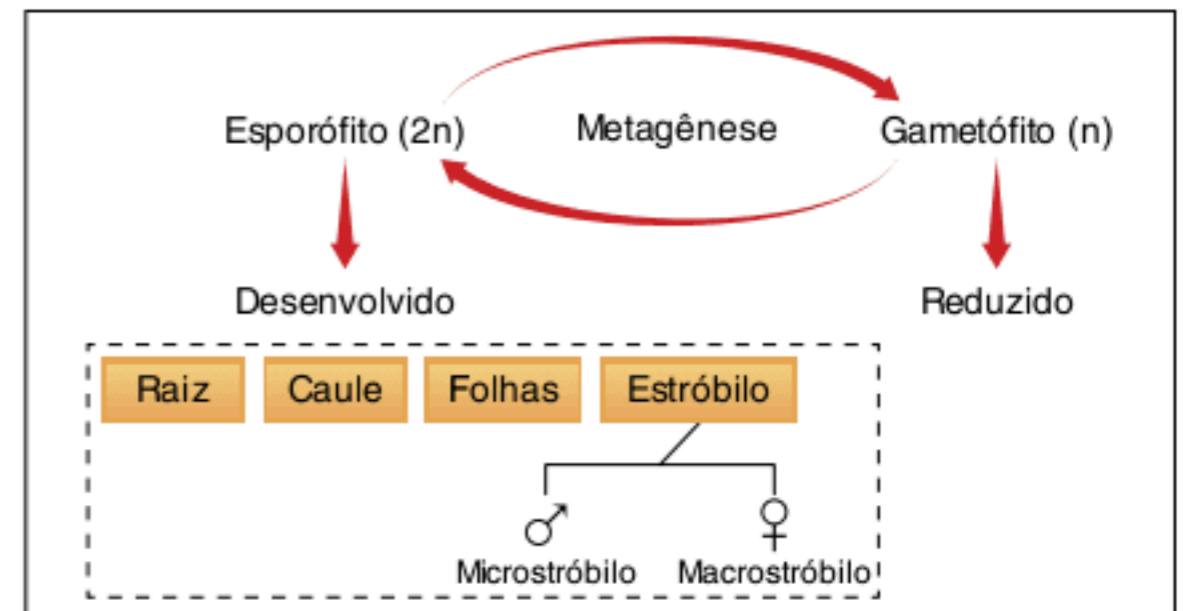


Fig. 3 Aspecto geral da metagênese de gimnospermas. O esporófito de uma araucária corresponde ao próprio pinheiro. Os gametófitos são reduzidos e desenvolvem-se no interior dos estróbilos.

Cada estróbilos possui um eixo no qual se prendem placas, em uma disposição helicoidal. As placas estão associadas a esporângios, ou seja, um estróbilos contém esporângios. O soró de uma samambaia (uma pteridófita) também possui esporângios, mas o estróbilos do pinheiro é maior e mais complexo.

Nos esporângios, ocorre a produção de esporos ( $n$ ) por meiose. Um esporo haploide sofre mitose e origina um gametófito ( $n$ ), conhecido também como **prótalo** (Fig. 4). O gametófito é muito reduzido e se forma no interior do estróbilos, que faz parte do esporófito. Assim, o gametófito fica contido no interior do esporófito.

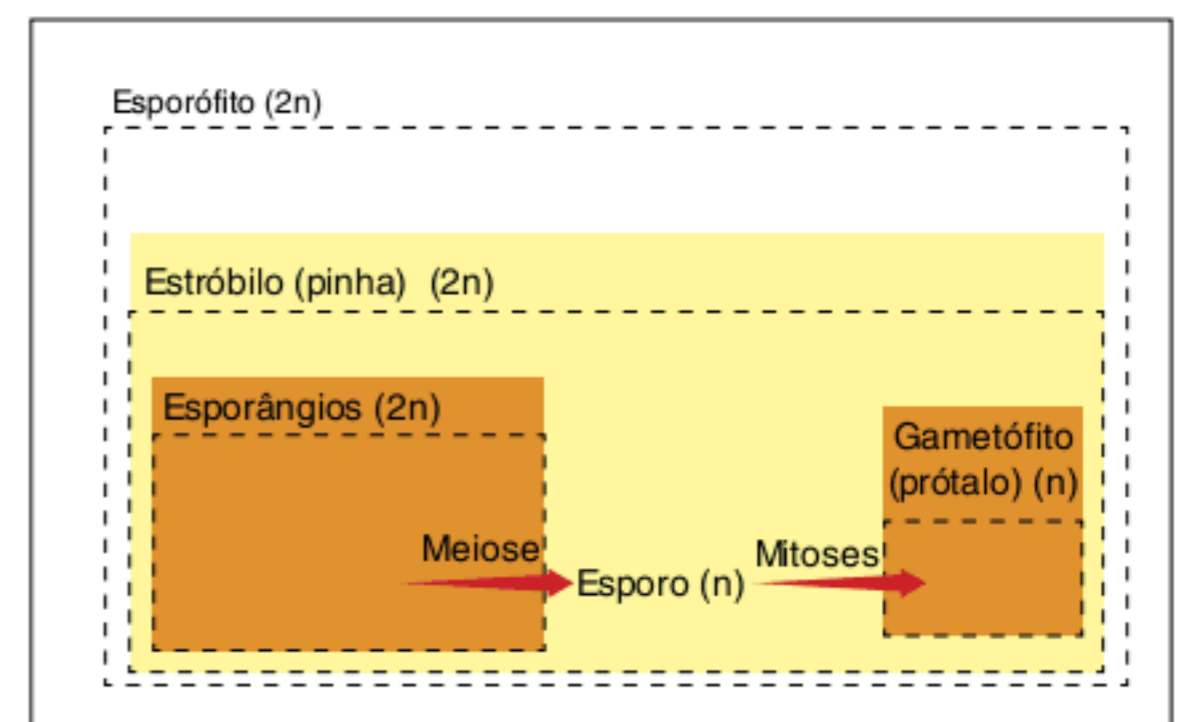


Fig. 4 Sequência de alguns passos significativos no ciclo de vida de gimnospermas. A meiose ocorre em esporângios contidos nos estróbilos.

Gametófitos geram gametas por mitose. Com a fecundação, forma-se um zigoto ( $2n$ ), que sofre mitose e gera um embrião ( $2n$ ). O embrião fica no interior da semente (pinhão). Cada pinhão tem um **embrião**, um material de reserva (**endosperma**) e uma casca (**tegumento**). Quando o pinhão se encontra em solo úmido, ele absorve água e o embrião inicia seu desenvolvimento, consumindo as reservas. Esse processo é conhecido como **germinação**. Com a germinação, forma-se um novo pinheiro (esporófito jovem), que se desenvolve, tornando-se um pinheiro adulto, dotado de estróbilos e com capacidade de reprodução (Fig. 5).



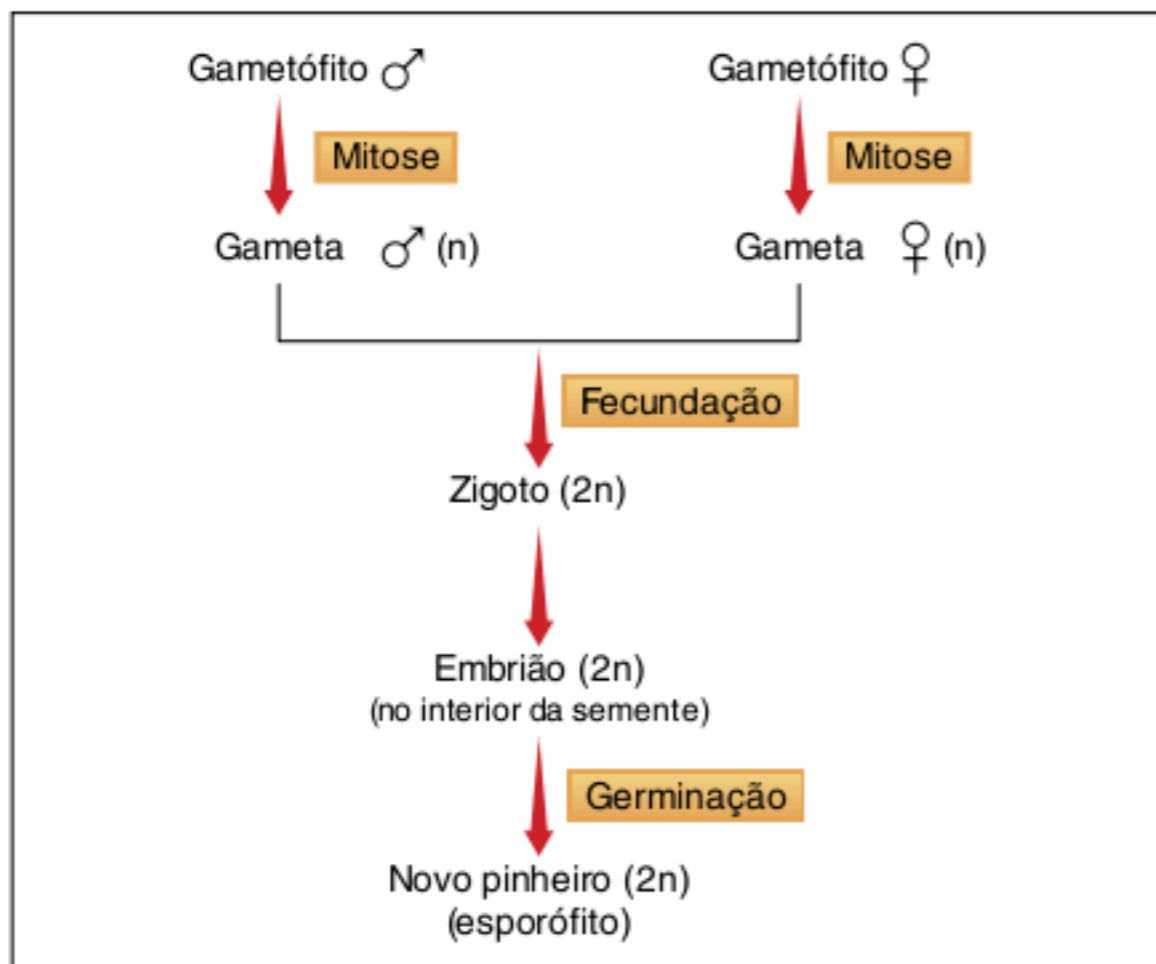


Fig. 5 Um novo pinheiro é gerado pelo desenvolvimento de um embrião, o qual provém de um zigoto. A formação do zigoto é resultante da união de gametas produzidos pelos gametófitos.

### A formação de esporos

No interior dos megatróbilos, são produzidos esporos conhecidos como **megásporos**, ou **macrósporos** (n). Os microtróbilos formam esporos denominados **micrósporos** (n). Megásporos são maiores que micrósporos. A formação de dois tipos de esporos é denominada **heterosporia** e ocorre em gimnospermas, angiospermas e em algumas pteridófitas, como a selaginela. O micrósporo origina o gametófito masculino e o megásporo forma o gametófito feminino (Fig. 6).

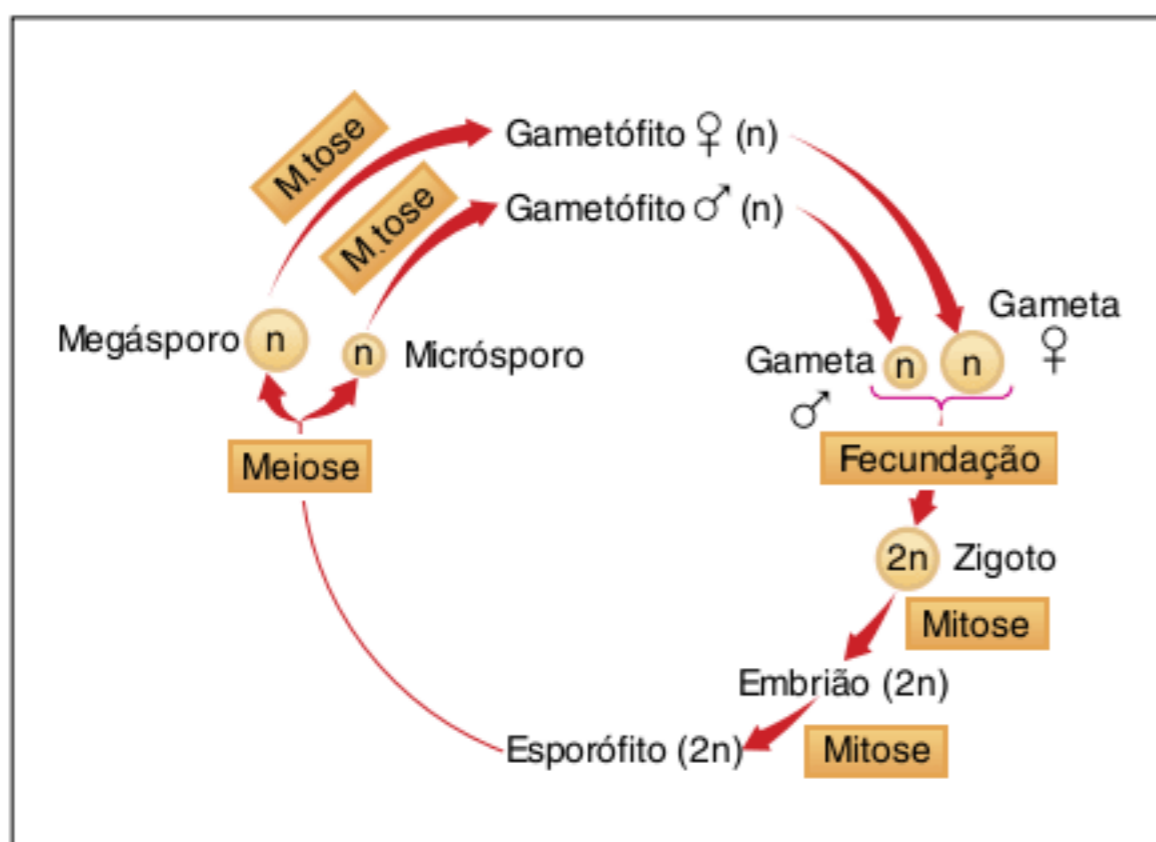


Fig. 6 No ciclo reprodutivo de gimnospermas ocorre a formação de micrósporos e megásporos: o que se denomina de heterosporia. Apesar disso, esse ciclo tem as mesmas características fundamentais do ciclo com metagênese das outras plantas.

Nos musgos e na maioria das pteridófitas, os esporos são de um único formato; isso caracteriza a ocorrência de **isosporia**.

### Esporos e gametófitos

A araucária tem dois tipos de indivíduos: os que formam megatróbilos (♀) e os que produzem microtróbilos (♂); tais plantas têm, portanto, sexos separados, ou seja, as plantas são dioicas. Já os pinheiros do gênero *Pinus* têm megatróbilos (♀) e microtróbilos (♂) na mesma planta; as plantas são monoicas.

Analisaremos o ciclo da araucária. No interior de cada **microtróbilos**, ocorre meiose, formando-se **micrósporos** (n). Cada micrósporo sofre mitose e gera um gametófito masculino, também denominado **microprotalo**, ou **grão de pólen**.

O grão de pólen possui algumas células e é dotado de expansões laterais, permitindo seu transporte pelo vento; comum nas gimnospermas, que não apresentam grande variedade de meios de polinização. Assim, a polinização é feita pelo vento e é denominada anemofilia (Fig. 7).

Dentro de cada megatróbilos, há vários esporângios conhecidos como **óvulos imaturos**, nos quais ocorre meiose, gerando quatro células haploides; três dessas células degeneram, restando apenas a célula do **megásporo** (n). O óvulo imaturo é constituído pelo megásporo e pelo seu envoltório, o **tegumento** (2n). A abertura do óvulo é conhecida como **micrópila**.

No interior do óvulo, o megásporo sofre mitoses e origina o gametófito feminino (n), também denominado **megaprotalo**, ou **saco embrionário**. O gametófito feminino tem inúmeras células de menor tamanho (sem função reprodutiva) e possui algumas células grandes, as **oosferas** (gametas femininos). Constituem um arquegônio rudimentar as células que rodeiam cada oosfera. Em resumo, um óvulo maduro tem os seguintes componentes: um tegumento (2n) e um gametófito feminino, que possui algumas oosferas (gametas femininos).

### Fecundação

Quando um grão de pólen atinge a micrópila de um óvulo, ele cresce lentamente no interior do gametófito feminino e desenvolve-se formando o tubo polínico, buscando **fecundar o óvulo** (Fig. 7).

O tubo polínico corresponde ao gametófito masculino maduro, e dois de seus núcleos correspondem aos gametas masculinos, sendo denominados núcleos gaméticos, ou núcleos espermáticos. O pinheiro não apresenta, portanto, anterozoides flagelados e sua fecundação não depende de água, sendo adaptativa ao ambiente terrestre. Essa fecundação depende do crescimento do tubo polínico em direção à oosfera e é denominada **sifonogamia**. Pode-se dizer que: “na evolução das plantas, o nadar dos anterozoides foi substituído pelo crescer do tubo polínico”.

A fecundação resulta na formação da **semente** (pinhão), que é o óvulo fecundado e desenvolvido. O zigoto (2n) formado sofre mitose e gera um embrião (2n). O gametófito feminino (n), no interior do qual o embrião se desenvolve, passa a atuar como reserva nutritiva, constituindo o **endosperma** haploide.

O óvulo tem apenas um tegumento, que persiste como o tegumento da semente (2n). Com a germinação da semente, ocorre a formação de um novo esporófito.



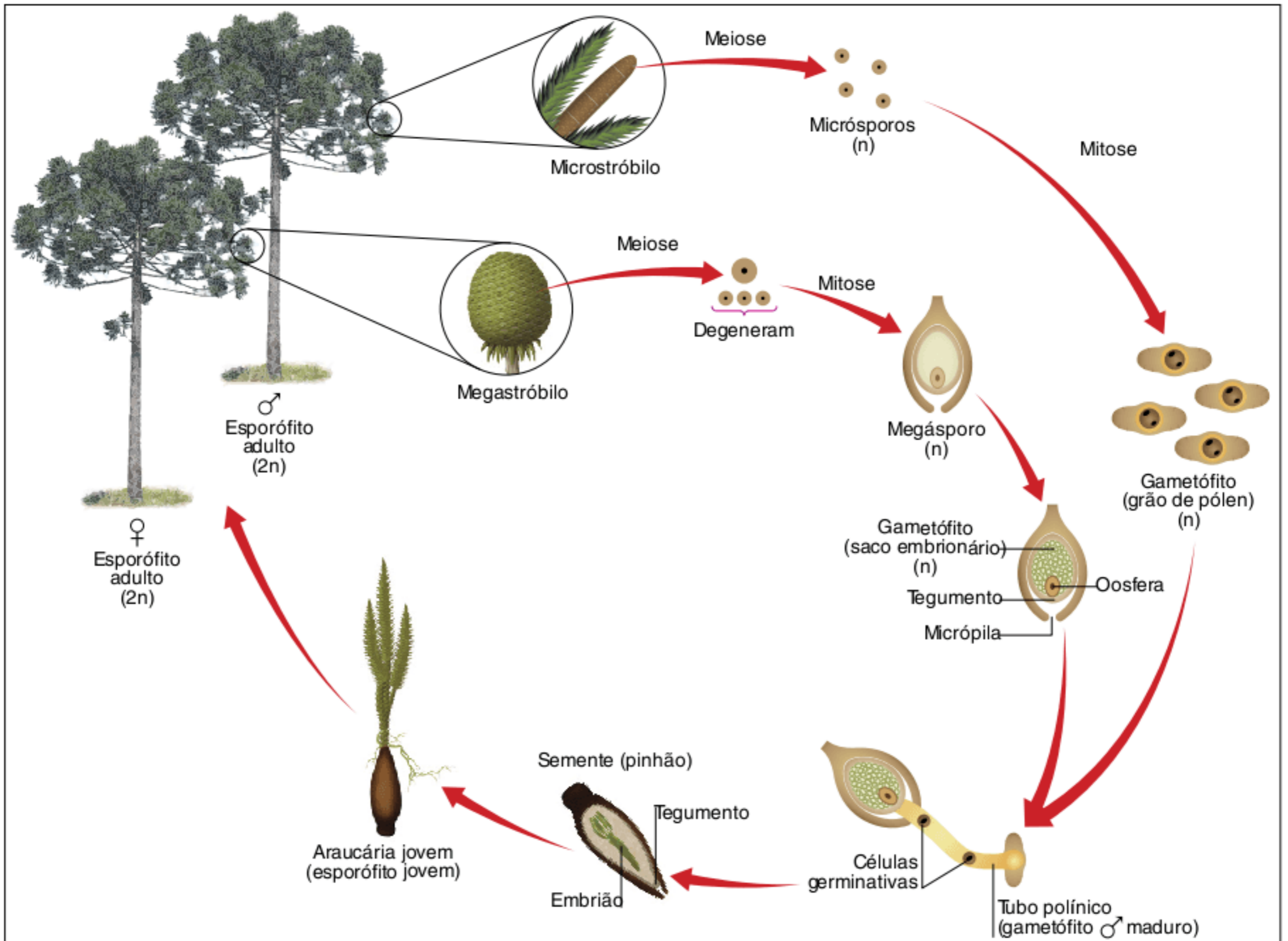


Fig. 7 Ciclo reprodutivo da araucária.

## Revisando

1 As gimnospermas incluem o grupo das coníferas. Cite quatro exemplos desse grupo.

---



---



---



---



---

2 Quais são as partes do corpo de um pinheiro?

---



---



---



---



---



**3** Qual é o nome popular do estróbilo e da semente de araucária?

---

---

---

---

---

**4** O que significa a palavra "gimnospermas"? Qual é a razão de os botânicos utilizarem esse termo?

---

---

---

---

---

**5** No ciclo de um pinheiro, qual é o tipo de divisão celular que gera gametas e esporos?

---

---

---

---

---

**6** Gimnospermas formam dois tipos de esporos: micrósporos e megásporos. Como é denominado esse evento?

---

---

---

---

---

**7** Quais são os sinônimos de gametófito masculino e de gametófito feminino das gimnospermas?

---

---

---

---

---

**8** Como é denominada a polinização devida ao vento?

---

---

---

---

---

**9** O que é sifonogamia?

---

---

---

---

---



**10** Quais são os componentes de um óvulo maduro de uma gimnosperma?

**11** Conceitue semente.

**12** Quais são os componentes da semente de um pinheiro? Indique sua composição cromossômica.

## Exercícios propostos

**1 Fuvest** O pinhão, estrutura comestível produzida por pinheiros da espécie *Araucaria angustifolia*, corresponde a que parte da planta?

- (a) Cone (estróbilo) masculino repleto de pólen.
- (b) Cone (estróbilo) feminino antes da fecundação.
- (c) Fruto simples sem pericarpo.
- (d) Folha especializada no acúmulo de substâncias de reserva.
- (e) Semente envolta por tegumento.

**2** Uma característica evolutiva de um pinheiro em relação à samambaia é que:

- (a) o pinheiro depende da água para a fecundação.
- (b) o pinheiro produz folhas.
- (c) o pinheiro produz sementes.
- (d) o pinheiro produz frutos.
- (e) o pinheiro possui vasos condutores.

**3** Pinheiros, ciprestes, cedros e sequoias são gimnospermas que produzem todas as estruturas a seguir, exceto:

- (a) raiz.
- (b) caule.
- (c) frutos.
- (d) semente.

**4 Mackenzie (Adapt.)** Leia as afirmações e responda à questão.

- I. Estróbilos femininos e masculinos em indivíduos separados.
- II. Presença de óvulo e ausência de ovário no estróbilo feminino.
- III. Produção de grande quantidade de grãos de pólen.

As características anteriores, de um vegetal, identificam uma:

- (a) pteridófita.
- (b) briófitas.
- (c) gimnosperma.
- (d) monocotiledônea.
- (e) dicotiledônea.

**5** "Nas coníferas, o nadar dos anterozoides foi substituído pelo crescer dos tubos polínicos". Essa frase se relaciona com:

- (a) a independência da água para que se dê a fecundação.
- (b) o aparecimento dos frutos na escala vegetal.
- (c) a substituição da reprodução assexuada pela sexuada.
- (d) o maior desenvolvimento do gametófito nas gimnospermas.
- (e) o aparecimento de vegetais intermediários, como as briófitas.

**6 Mackenzie (Adapt.)** Uma pteridófita pode ser distinguida de uma gimnosperma pela ausência, na primeira, e presença, na segunda, de:

- (a) tecido condutor.
- (b) semente
- (c) folha.
- (d) fruto.
- (e) gametas.

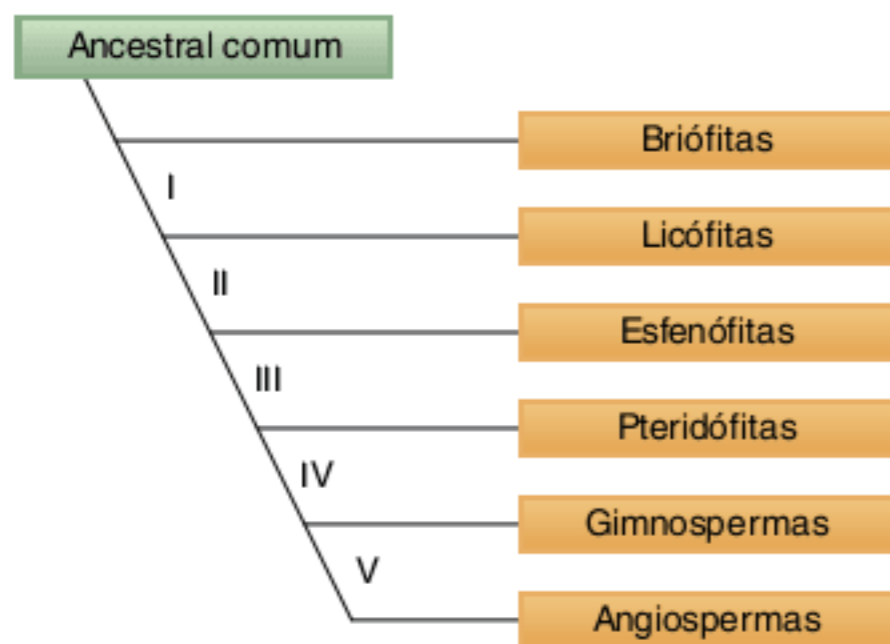
**7 UFSM** As plantas que, ao atingirem a maturidade sexual, formam ramos reprodutivos chamados estróbilos masculinos e estróbilos femininos pertencem ao grupo das:

- (a) angiospermas, apenas.
- (b) gimnospermas, apenas.
- (c) briófitas.
- (d) pteridófitas.
- (e) angiospermas e gimnospermas.

**8 UFSM 2002** Analise a citação: "O nadar dos anterozoides é substituído pelo crescer do tubo polínico". Em que grupo vegetal esse fenômeno de substituição se processou pela primeira vez?

- (a) Briófitas.
- (b) Pteridófitas.
- (c) Gimnospermas.
- (d) Angiospermas – Monocotiledôneas.
- (e) Angiospermas – Dicotiledôneas.





As sementes surgiram em um determinado momento da evolução das plantas, representada pelo gráfico acima. Qual o número correspondente a esse momento?

- (a) I (c) III (e) V  
(b) II (d) IV

**10 Uece** No processo de reprodução de uma gimnosperma:

- (a) não há formação de tubo polínico.  
(b) os óvulos, de tamanho microscópicos, estão contidos em grandes ovários.  
(c) os óvulos não estão contidos num ovário.  
(d) há formação de frutos sem sementes.

## TEXTO COMPLEMENTAR

### Considerações evolutivas e taxonômicas

Na era Mesozoica, ocorreu uma grande diversificação de répteis e de gimnospermas, no entanto, seu surgimento ocorreu na era Paleozoica.

Répteis e gimnospermas têm notáveis similaridades em relação à adaptação ao meio terrestre. Nos dois grupos, a fecundação não depende da água ambiental: répteis têm fecundação interna e as gimnospermas apresentam sifonogamia, com o encontro de gametas propiciado pelo crescimento do tubo polínico.

Répteis possuem ovo com casca, contendo reservas alimentares e um embrião. Esse tipo de ovo assegura o desenvolvimento do embrião mesmo em meio terrestre seco. Gimnospermas formam semente, também constituída por casca, reserva e embrião. A semente pode ter atividade metabólica muito baixa (estado de vida latente) se as condições ambientais forem desfavoráveis, como em ambiente seco, temperatura baixa ou ausência de gás oxigênio. Com isso, a semente pode passar por períodos muito longos sem

germinar. Apenas quando as condições ambientais são favoráveis é que ocorre sua germinação, possibilitando o desenvolvimento de uma nova planta. A semente é, portanto, uma adaptação ao ambiente terrestre, sujeito a uma série de variações em suas condições físicas e químicas.

Na era Cenozoica, gimnospermas e répteis são superados em seu domínio pelas angiospermas e pelos mamíferos, respectivamente.

A classificação das gimnospermas passa por grandes mudanças. As coníferas, ou *Coniferophyta*, constituem um filo.

Atualmente, as gimnospermas compreendem outros filios:

- *Cicadáceras*, ou *Cycadophyta*: semelhantes a palmeiras (palmeiras verdadeiras são angiospermas).
- *Ginkgophyta*: com uma única espécie no mundo, o *Ginkgo biloba*.
- *Gnetophyta*: incluindo efedra e *Welwitschia* sp. (encontrada apenas no deserto do Kalaari).

## RESUMINDO

As gimnospermas incluem as coníferas, como o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), o *Pinus* sp., o cipreste e a sequoia. Elas têm raiz, caule, folhas, estróbilos, sementes e não possuem frutos.

Gimnospermas têm metagênese, com esporófito ( $2n$ ) desenvolvido e gametófito ( $n$ ) reduzido. O esporófito é o próprio pinheiro. O estróbilo contém esporângios que produzem esporos ( $n$ ) por meiose. Cada esporo forma um gametófito ( $n$ ). Gametófitos produzem gametas por mitose; a união dos gametas é a fecundação, que forma um zigoto. O zigoto desenvolve-se tornando-se um embrião, contido na semente (pinhão). A semente germina e, assim, forma-se um novo pinheiro.

Gimnospermas apresentam heterosporia, isto é, produzem dois tipos de esporos: micrósporos e megásporos. O micrósporo origina o gametófito masculino (grão de pólen, ou microprotalo). O megásporo forma o gametófito feminino (saco embrionário, ou megaprotalo). O óvulo maduro é constituído por um tegumento ( $2n$ ) e pelo saco embrionário, que possui algumas oosferas (gametas femininos).

Polinização é o transporte dos grãos de pólen. Nos pinheiros, esse processo é realizado pelo vento, sendo denominado anemofilia.

O grão de pólen cresce em direção à oosfera, formando o tubo polínico (gametófito masculino maduro). O tubo polínico carrega o gameta masculino conhecido como núcleo gamético, ou núcleo espermático. A fecundação não depende de água e é denominada sifonogamia.

Semente é o óvulo fecundado e desenvolvido. A semente da araucária é o pinhão, o qual possui: tegumento ( $2n$ ), endosperma ( $n$ ) e embrião ( $2n$ ).



## ■ QUER SABER MAIS?

### SITES

- Informações sobre o pinhão e o pinheiro, como história, distribuição da espécie e utilização das sementes como alimento, incluindo valores energéticos. <www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/pinhao/pinhao.php>.
- Informações sobre gimnospermas <http://academic.kellogg.edu/herbrandsonc/bio111/gymnosperms.htm>.

## Exercícios complementares

- 1 Unirio** A polinização anemófila é uma característica das:
- monocotiledôneas.
  - dicotiledôneas.
  - gimnospermas.
  - pteridófitas.
  - angiospermas.

**2 FGV 2007** As plantas portadoras de frutos surgiram na Terra depois das coníferas, provavelmente há cerca de 135 milhões de anos. A análise dos fósseis indica que a quantidade de angiospermas foi rapidamente aumentando na Terra, enquanto as gimnospermas foram se tornando menos abundantes. Assim, as coníferas dominaram a paisagem dos ecossistemas terrestres em tempos passados, mas as angiospermas dominam a paisagem atual, com cerca de 250 mil espécies conhecidas.

W. R. Paulino. *Biologia atual*.

Usando as afirmações do texto e os conhecimentos sobre botânica, pode-se afirmar que:

- no período anterior a 135 milhões de anos do presente só havia coníferas e, portanto, não havia plantas com frutos, com flores ou com produção de sementes.
- ao longo dos últimos 135 milhões de anos, as estruturas flor, fruto e semente surgiram nessa sequência evolutiva, dando origem às angiospermas, com cerca de 250 mil espécies conhecidas.
- as coníferas, embora não produzam flores, frutos ou sementes, puderam propagar-se e chegar aos dias atuais graças aos mecanismos de reprodução vegetativa.
- as coníferas, presentes apenas no registro fóssil, são as ancestrais das atuais gimnospermas e angiospermas.
- as coníferas, ou gimnospermas, não se extinguíram e constituem-se na vegetação dominante de algumas formações florestais atuais.

**3 UFRGS 2006** A *Araucaria angustifolia*, gimnosperma nativa da região Sul do Brasil, produz anualmente cerca de 80 cones femininos, cada um originando em média 90 pinhões. Com base nessas informações, preencha as lacunas a seguir. As plantas femininas das araucárias produzem \_\_\_\_\_, cada um deles originando muitos pinhões. O pinhão corresponde \_\_\_\_\_, que é constituído(a) por casca, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

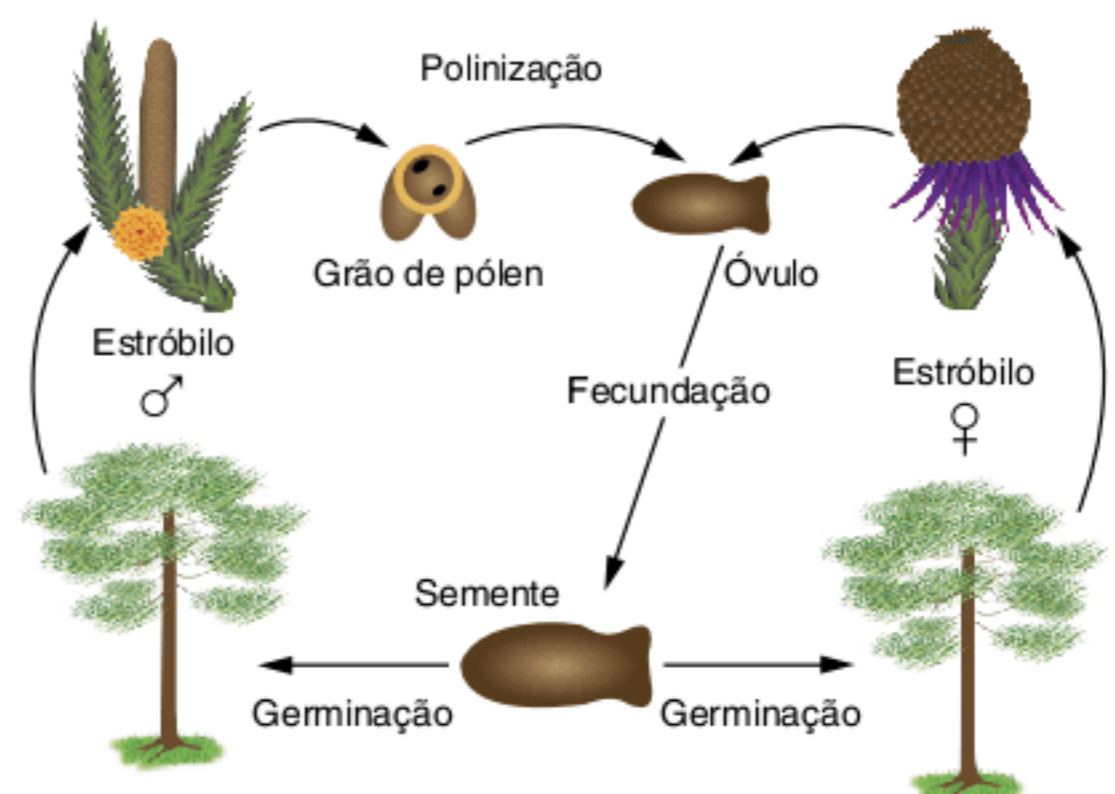
Assinale a alternativa que preenche corretamente essas lacunas, na ordem em que aparecem.

- megásporos – ao fruto – ovário – endosperma
- estróbilos – à semente – embrião – endosperma
- estróbilos – ao fruto – semente – cotilédone
- megasporângios – à inflorescência – embrião – tegumento
- megásporos – à semente – zigoto – cone

**4 Unesp** Um estrangeiro, em visita à região Sul do Brasil, teve sua atenção voltada para uma planta nativa, de porte arbóreo, com folhas pungentes e perenes e flores reunidas em inflorescências denominadas estróbilos. Dessa planta, obteve um saboroso alimento, preparado a partir do cozimento em água fervente.

- Qual o nome popular dessa planta e a que grupo pertence?
- O alimento obtido corresponde a que parte da planta?

**5 Unesp** Observe o ciclo reprodutivo do pinheiro.



- Em que estágios desse ciclo ocorre redução do número de cromossomos?
- Indique as estruturas citadas no ciclo que correspondem às palavras em destaque na seguinte estrofe popular:

*Pinheiro me dá uma PINHA*

*Pinha me dá um PINHÃO*

*Menina me dá um beijo*

*Que eu te dou meu coração.*



**6 Unesp** Em visita a um Jardim Botânico, um grupo de estudantes listou os seguintes nomes de plantas observadas: ipê-amarelo-da-serra, seringueira, ciprestes, jaboticabeira, orquídea, hepáticas, coco-da-baía, avenca, palmeira-dos-brejos, ou buriti, e sequoias.

Dentre as plantas observadas no Jardim Botânico:

- indique aquelas que pertencem ao grupo das gimnospermas. Cite uma característica reprodutiva particular desse grupo.
- cite um exemplo de planta do grupo das pteridófitas. Mencione uma aquisição evolutiva desse grupo em relação às briófitas.

**7 Unesp 2003** Um turista chega a Curitiba (PR). Já na estrada, ficou encantado com a imponência dos pinheiros-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). À beira da estrada, inúmeros ambulantes vendiam sacos de pinhões. Um dos vendedores ensinou-lhe como prepará-los:

– Os frutos devem ser comidos cozidos. Cozinhe os frutos em água e sal e retire a casca, que é amarga e mancha a roupa.

O turista percebeu que embora os pinheiros estivessem frutificando (eram muitos os ambulantes vendendo seus frutos), não havia árvores com flores. Perguntou ao vendedor como era a flor do pinheiro, a cor de suas pétalas etc. Obteve por resposta:

– Não sei, não, senhor!

- O que o turista comprou são frutos do pinheiro-do-paraná? Justifique.
- Por que o vendedor disse não saber como são as flores do pinheiro?

**8 UFPR** O pinheiro-do-paraná – *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. – é uma espécie arbórea nativa do Brasil, destacando-se fisionomicamente de tal forma que as florestas em que ocorre são comumente designadas como “florestas com araucária”, “pinheirais” ou “pinhais”. Sobre essa espécie e o tipo de vegetação em que ela ocorre, é correto afirmar:

- As florestas com araucária têm ocorrência exclusiva no Sul do Brasil, pois trata-se de uma região com temperaturas mais altas, propícias ao desenvolvimento da espécie.
- Araucária é o gênero a que pertence a espécie *Araucaria angustifolia*.

04 O pinheiro-do-paraná pertence ao grupo das angiospermas, pois forma um tipo de semente que é conhecida popularmente como pinhão.

08 A polinização do pinheiro-do-paraná é realizada por aves, enquanto a dispersão de suas sementes ocorre pelo vento.

16 Os nomes dos autores que aparecem junto ao nome científico do pinheiro-do-paraná são os dos responsáveis pela descoberta das florestas com araucária.

32 O pinheiro-do-paraná pertence ao grupo das coníferas, que reúne uma série de espécies de notável valor econômico.

64 A área central de ocorrência das florestas com araucária no Brasil está sujeita a um clima subtropical, com geadas.

Soma =

**9 UFSC 2002** Há mais de 250 milhões de anos, as gimnospermas, originadas das pteridófitas, dominaram as paisagens terrestres durante o Triássico e o Jurássico, juntamente com os dinossauros. Hoje, esse grupo vegetal está restrito a alguns locais da Terra, conhecidos como Florestas de Coníferas, como as ainda existentes no sul do Brasil.

Com relação a esse grupo de plantas, é correto afirmar que:

01 sua madeira é utilizada na indústria de papel e celulose, na indústria de móveis e na construção de casas.

02 algumas espécies têm caráter ornamental, como os ciprestes e os populares pinheiros de Natal.

04 no Brasil, é comum o consumo do pinhão como alimento, que é a semente do pinheiro-do-paraná.

08 suas plantas produzem sementes nuas, ou seja, não há a formação de frutos.

16 são plantas avasculares, com flores perfeitas.

32 todas as espécies do grupo são dioicas.

Soma =



# Frente 3





# 6

FRENTE 3

## Fisiologia comparada dos entozoários



Animais com complexidade estrutural tão diferente como o urso-pardo e a caravela-portuguesa apresentam soluções eficazes para seus problemas fisiológicos, como obtenção de alimento e seu processamento no organismo.



## Recapitulando a organização básica dos entozoários

A organização dos **entozoários** (animais que apresentam cavidade com função digestiva) apresenta um padrão comum, apesar da sua grande variedade. Alguns sistemas garantem a manutenção das atividades vitais, como os sistemas de controle (nervoso e endócrino). Outros sistemas permitem o funcionamento básico do organismo (digestório, respiratório, excretor e circulatório).

O **sistema digestório** permite a ingestão do alimento, que é digerido e transformado em partículas menores, que podem ser absorvidas e utilizadas pelo organismo. Uma grande parcela do processo digestivo ocorre com a atividade de **enzimas digestivas**. No ser humano, as enzimas digestivas são produzidas nas glândulas salivares, nas glândulas do estômago, no pâncreas e na parede do intestino delgado. Materiais não digeridos e que não podem ser aproveitados são eliminados do organismo; esse processo é a egestão e corresponde à eliminação de fezes.

O **sistema respiratório** serve para a captação de gás oxigênio do ambiente, e nele elimina o gás carbônico. No ser humano, essas trocas gasosas são efetuadas nos pulmões. O gás oxigênio passa dos pulmões para o sangue, que o transporta até os tecidos do organismo, sendo empregado na respiração celular. Esse processo libera energia e gás carbônico, o qual é lançado para o sangue. Pelo sangue o gás carbônico chega aos pulmões e é liberado para o ambiente.

**Excreção** é o processo de eliminação de resíduos gerados pelo metabolismo celular, como o **gás carbônico** e a **amônia**.

A amônia é um composto nitrogenado ( $\text{NH}_3$ ) e tem alta toxicidade. No ser humano, o sangue transporta a amônia até o fígado, onde é transformada em ureia, um composto menos tóxico. A ureia é transportada aos rins pelo sangue, sendo eliminada como um dos componentes da urina, que também apresenta água e sais minerais. Outro tipo de excreta é o **ácido úrico**, que apresenta baixa toxicidade e é produzido por insetos, répteis e aves.

O **sistema circulatório** dos seres humanos é constituído por sangue, coração e vasos sanguíneos. Os vasos que trazem sangue ao coração são as **veias**, enquanto as **artérias** transportam sangue do coração aos tecidos. Entre as artérias e as veias há uma rede de **capilares**, bastante delgados em diâmetro e dotados de parede muito fina, que possibilita trocas de materiais entre o sangue e os tecidos. O sistema circulatório transporta nutrientes, gases, excretas e hormônios.

O **esqueleto** permite a sustentação mecânica do organismo e muitas vezes contribui para a proteção, como ocorre com as conchas de moluscos e o **exoesqueleto** quitinoso dos artrópodes. Equinodermos e cordados apresentam **endoesqueleto**. O esqueleto e os músculos contribuem para a movimentação; no entanto, há animais que se utilizam de cílios para a sua movimentação, como é o caso da planária, cuja parte ventral tem grande quantidade de cílios, que permitem o deslizamento sobre superfícies. Além do deslocamento do corpo, os músculos estão envolvidos em outras atividades: a musculatura do coração realiza o bombeamento do sangue, e os músculos que envolvem o trato digestório impulsionam o alimento em seu interior (Fig. 1).

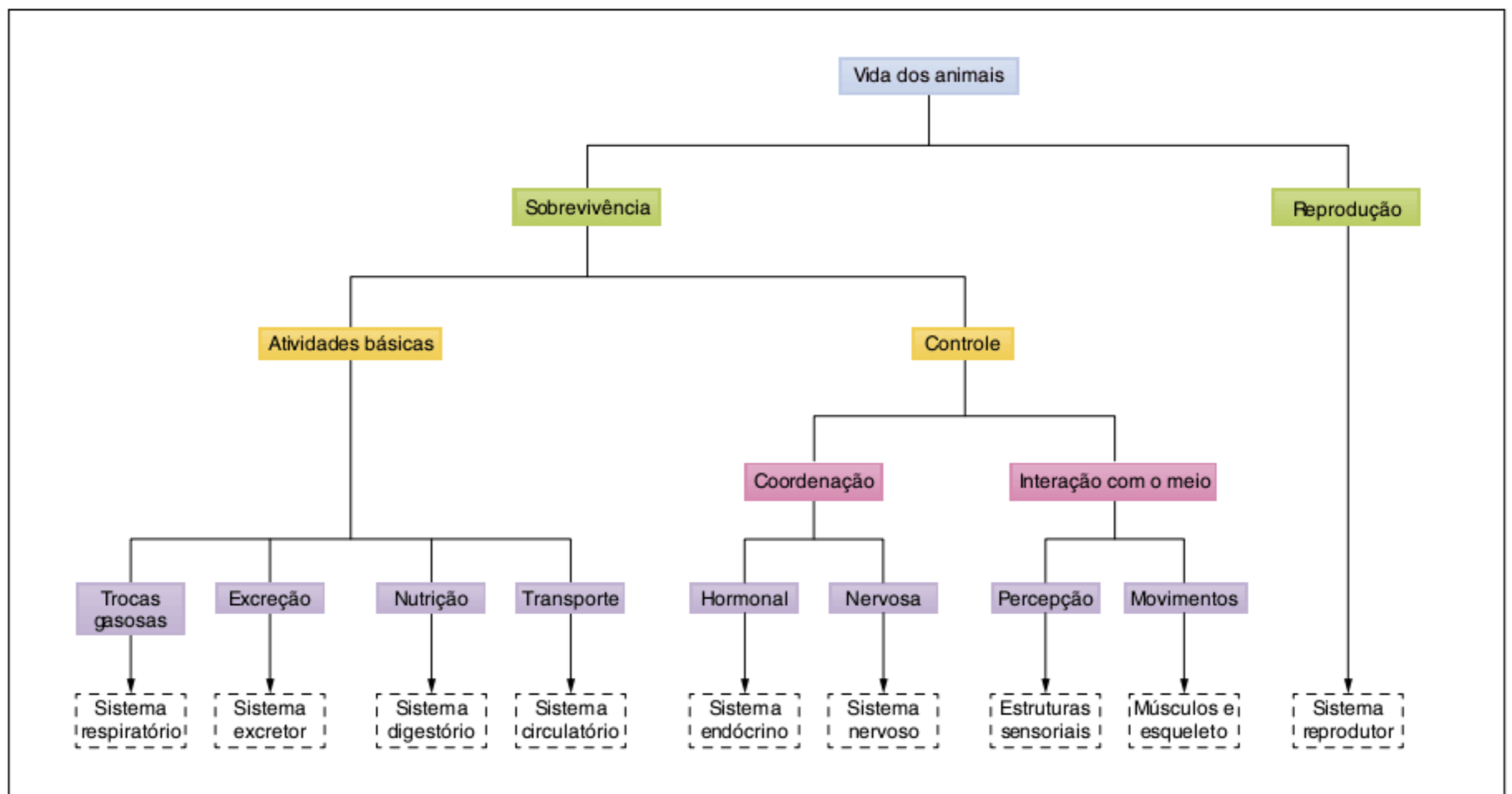


Fig. 1 Principais atividades dos animais envolvendo sua sobrevivência e reprodução.



## Os sistemas de controle: nervoso e endócrino

As atividades do organismo são controladas pelos sistemas nervoso e endócrino. O sistema endócrino apresenta glândulas que liberam **hormônios** na corrente sanguínea, que transporta o hormônio até um órgão específico (Fig. 2). O hormônio de crescimento, por exemplo, é produzido na glândula hipófise e atua nas extremidades ósseas, estimulando seu alongamento. A ação do controle hormonal é mais lenta do que a ação do sistema nervoso, porém tem efeitos mais persistentes.

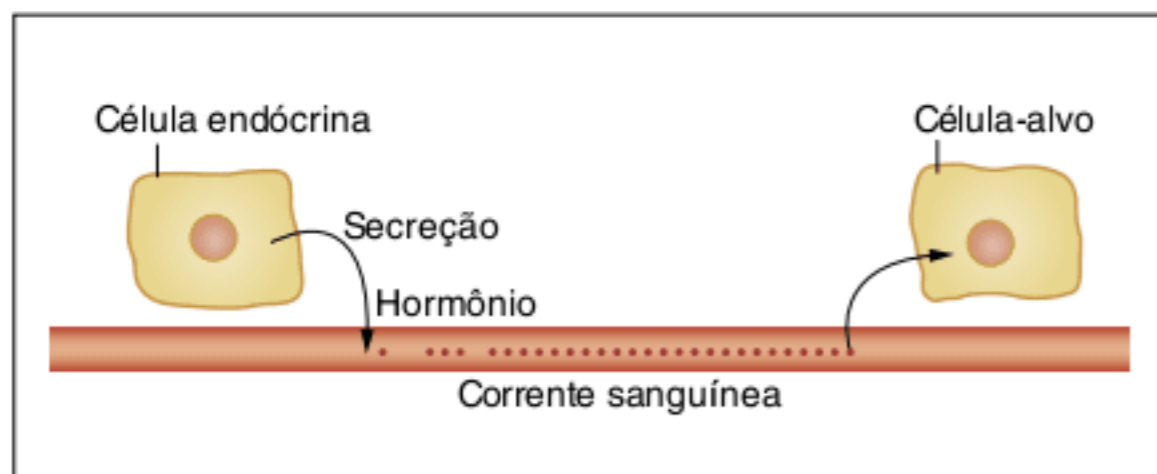


Fig. 2 Mecanismo geral do controle endócrino.

O sistema nervoso exerce seu controle sobre as células de um tecido por meio de suas células nervosas, os **neurônios**. A informação de um neurônio propaga-se por meio de mensagens eletroquímicas, os impulsos nervosos. Na extremidade de um neurônio são liberados mensageiros químicos (**neurotransmissores**), os quais atuam no tecido por ele controlado, como, por exemplo, um músculo estimulado a se contrair. Assim, a ação do controle nervoso ocorre de modo direto, rápido e por curto intervalo de tempo.

Esse sistema tem origem ectodérmica, e suas células são altamente especializadas. Um neurônio tem uma parte central conhecida como **corpo celular**, onde se localiza o núcleo. Do corpo celular saem prolongamentos: os **dendritos** e **axônios** (Fig. 3). Os impulsos nervosos vão dos dendritos ao corpo celular e deste para o axônio. **Gânglios nervosos** são grupos de corpos celulares, enquanto nervos são feixes de prolongamentos (dendritos e/ou axônios). Gânglios frequentemente funcionam como centros de controle.

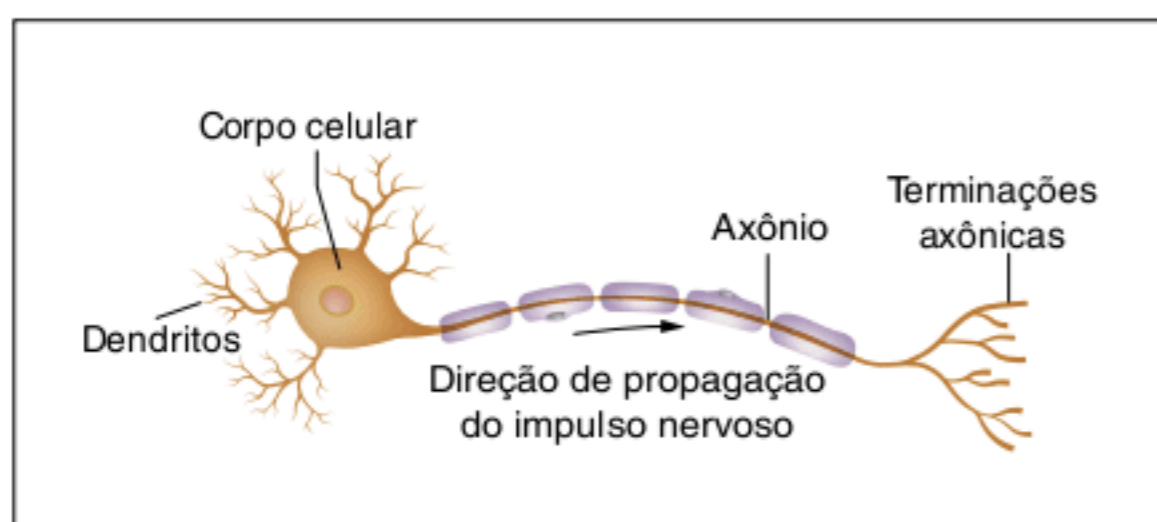


Fig. 3 Estrutura de um neurônio e sentido do impulso nervoso.

Teremos a seguir uma visão geral sobre o sistema nervoso em vários grupos de entozoários.

Os **cnidários**, como a hidra, têm simetria radial e não possuem uma cabeça definida. Seu sistema nervoso é difuso, constituído por fibras nervosas espalhadas de maneira praticamente homogênea pelo corpo. Assim, a hidra não tem um centro de comando; não possui uma estrutura que poderia ser equivalente a um cérebro.

Nos animais dotados de simetria bilateral, há uma cabeça definida. Essa é a parte do organismo que apresenta maior concentração de células nervosas. Isso é muito útil, pois a cabeça normalmente é a parte que primeiro entra em contato com o ambiente; além disso, está equipada com estruturas que possibilitam a percepção do ambiente em termos de temperatura, correntes de água, luz etc.

Nos **platelmintos**, como a planária, há um gânglio cerebral ligado a dois cordões nervosos que percorrem o corpo longitudinalmente; esses cordões estão interligados e associados a nervos que estabelecem ligações com outras estruturas do organismo. Nos **nematelmintos**, há um anel ao redor do esôfago ligado a dois cordões nervosos, um dorsal e outro ventral. Células musculares da parede do corpo têm prolongamentos que se ligam diretamente aos cordões nervosos, exercendo controle sobre as células musculares.

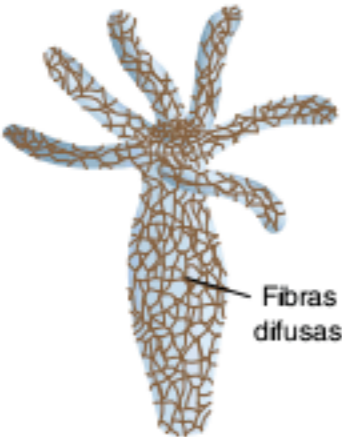

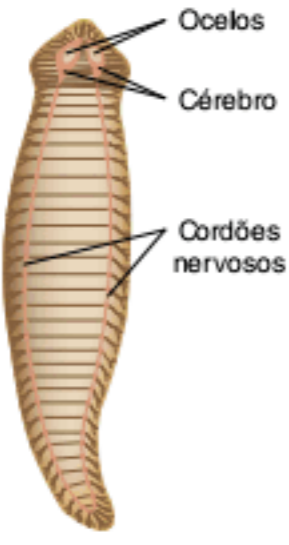


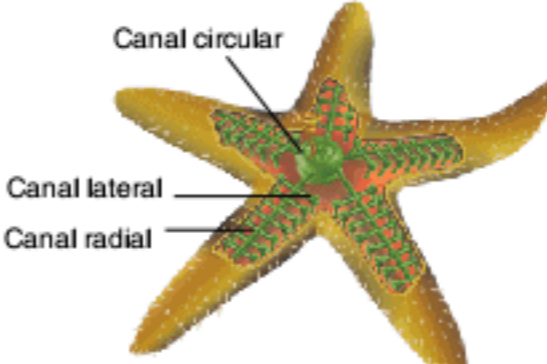
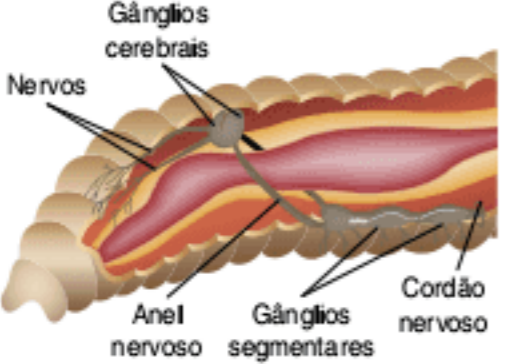
**Anelídeos** e **artropodes** apresentam um gânglio cerebral ligado a um anel que contorna o tubo digestório, abaixo do qual o sistema nervoso prossegue na forma de uma cadeia nervosa, com gânglios na região ventral. Os gânglios estão associados a nervos que estabelecem a conexão com as diversas estruturas do organismo.

Nos **moluscos**, há um gânglio central na cabeça, bastante desenvolvido no polvo e na lula. O gânglio cerebral está ligado a outros gânglios localizados em várias partes do corpo, como nas estruturas locomotoras.

O sistema nervoso dos **equinodermos**, como a estrela-do-mar, tem, basicamente, um anel que contorna o início do tubo digestório. Ele está ligado a nervos que se estendem para os braços (normalmente em número de cinco) do corpo da estrela-do-mar. Equinodermos podem apresentar, na superfície do corpo, receptores químicos ou estruturas fotossensíveis (Tab. 1).

O sistema nervoso dos **cordados** é tubular, ou seja, é constituído por um eixo que tem a forma de um tubo, localizado em posição dorsal, acima da notocorda embrionária. Nos vertebrados, esse tubo diferencia-se em medula espinal (na região posterior) e encéfalo (na parte anterior). O encéfalo tem vários componentes, como cérebro, cerebelo e bulbo. Encéfalo e medula espinal constituem o **sistema nervoso central**, ao qual estão ligados inúmeros nervos, que trazem informações e enviam ordens às várias estruturas do organismo. Nervos são componentes do **sistema nervoso periférico**. Nos vertebrados, os gânglios estão localizados fora do sistema nervoso central. Eles apresentam órgãos dos sentidos especializados na captação de estímulos do ambiente, como luz, som, substâncias químicas etc. (Fig. 4).



Grupos	
Cnidários	Artrópodes
 <p><b>Difuso:</b> Não há um centro de comando.</p>	 <p><b>Ganglionar ventral:</b> Como dos anelídeos.</p>
Platelmintos	Moluscos
 <p><b>Ganglionar:</b> Há um gânglio cerebral e cordões nervosos longitudinais.</p>	 <p><b>Ganglionar:</b> Há um gânglio cerebral e outros gânglios espalhados pelo corpo.  Ostras e mariscos não têm cabeça definida.</p>
Nematelmintos	Equinodermos
 <p><b>Anel esofágico e dois cordões nervosos</b> (um dorsal e outro ventral).</p>	 <p><b>Anel nervoso ao redor do esôfago:</b> É ligado aos nervos localizados em cada uma das cinco partes do corpo.  Há receptores químicos e luminosos.</p>
Anelídeos	
 <p><b>Ganglionar ventral:</b> Constituído por partes interligadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Gânglio cerebral.</b></li> <li>• <b>Anel ao redor do tubo digestório.</b></li> <li>• <b>Cadeia nervosa</b> – formada por gânglios ventrais abaixo do tubo digestório.</li> <li>• <b>Nervos</b> – associados às estruturas do organismo.</li> </ul>	

Tab. 1 Sistema nervoso em alguns grupos de entozoários.

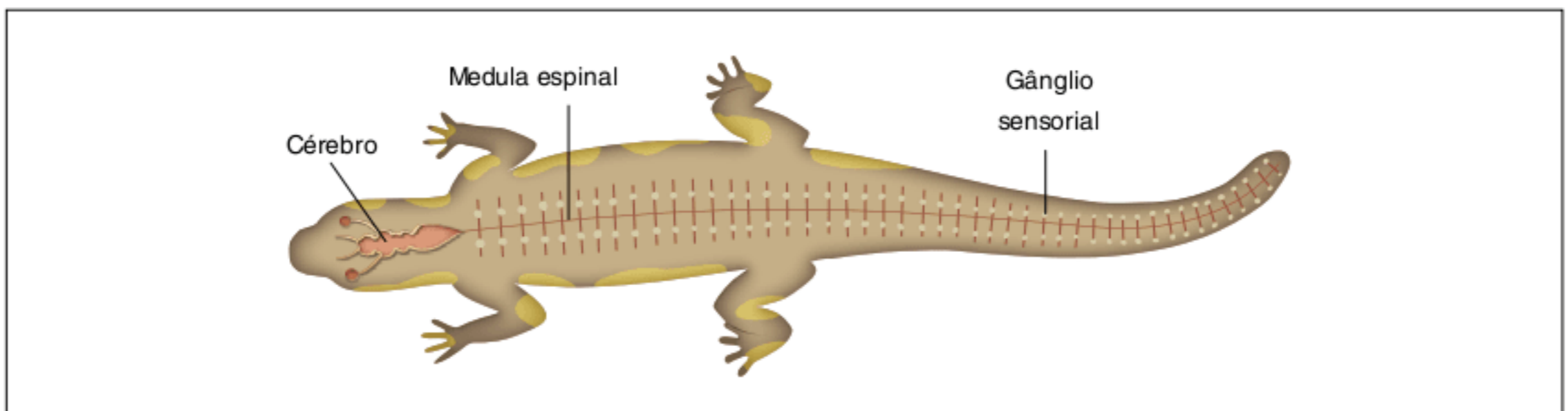


Fig. 4 Sistema nervoso de um vertebrado.



A seguir, serão mostradas as estratégias de manutenção das atividades vitais nos grupos de entozoários.

## Os entozoários diblásticos

Os **cnidários**, como a hidra e a água-viva, são entozoários diblásticos. Esses animais apresentam duas camadas no organismo: a **epiderme** (externa) e a **gastroderme** (interna); entre as duas camadas há uma **mesogleia** de aspecto gelatinoso. Tipicamente, seu interior tem uma ampla cavidade digestória, que se estende para todo o corpo, inclusive dentro dos tentáculos. Ao redor dos tentáculos há uma única abertura do sistema digestório e por ela ocorre a entrada de alimento e a saída de dejetos; assim, esses animais apresentam **sistema digestório incompleto**. O alimento que chega à cavidade é parcialmente digerido pela atividade de enzimas produzidas por células especializadas na gastroderme, o que caracteriza uma **digestão extracelular**. O alimento é reduzido a partículas menores, as quais são englobadas por outro tipo de células da gastroderme, ocorrendo digestão intracelular. Então, os cnidários apresentam digestão extra e intracelular. Os resíduos não digeridos são eliminados através da única abertura desse sistema (Fig. 5).

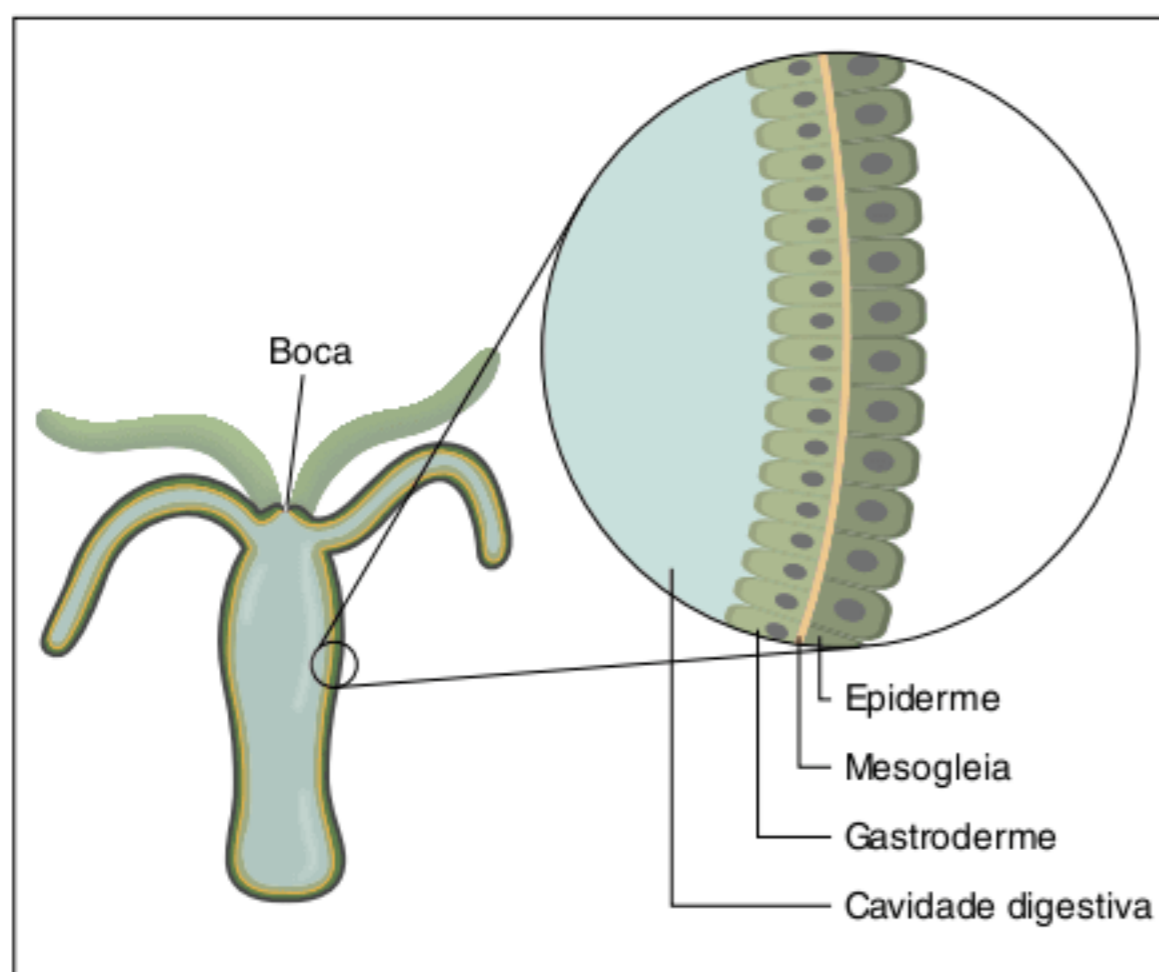


Fig. 5 Sistema digestório de um cnidário.

Não há sistema circulatório. A cavidade digestória transporta nutrientes para todas as partes do organismo. As trocas gasosas ocorrem por **difusão** por toda a superfície do organismo. As excretas nitrogenadas (amônia) são eliminadas diretamente das células para a água circundante.

Na epiderme, são encontradas **células mioepiteliais**, responsáveis pelo revestimento e que também propiciam contração e distensão, contribuindo para a realização de movimentos. Corais são cnidários constituídos por inúmeros indivíduos de pequeno porte, protegidos por um exoesqueleto de calcário.

## Os triblásticos acelomados

Triblásticos têm os folhetos embrionários **ectoderma**, **mesoderma** e **endoderma**. Os **platelmintos**, como a planária, são

triblásticos acelomados. O ectoderma origina a epiderme, o endoderma forma a cavidade digestória e o mesoderma produz músculos, estruturas reprodutoras e sistema excretor.

A epiderme de uma planária é constituída por uma única camada de células. Na região ventral, as células epidérmicas têm **cílios**, que contribuem para o deslocamento desses animais quando estão apoiados em um substrato. O sistema digestório é **incompleto**, com uma única abertura através da qual ocorre a entrada de alimento e a eliminação de dejetos. A cavidade digestória é bastante ramificada e permite o transporte de nutrientes para as várias partes do organismo. Entre a epiderme e a cavidade digestória há **músculos**, **sistema nervoso**, **estruturas reprodutoras** (testículos e ovários) e o **sistema excretor**. Não há um sistema circulatório. O transporte de nutrientes é efetuado pela cavidade digestória. As trocas gasosas ocorrem por **difusão** através de toda a superfície do organismo. A forma achatada do corpo permite que a distância entre a superfície e todas as células seja curta; isso viabiliza a difusão de gases (Fig. 6).

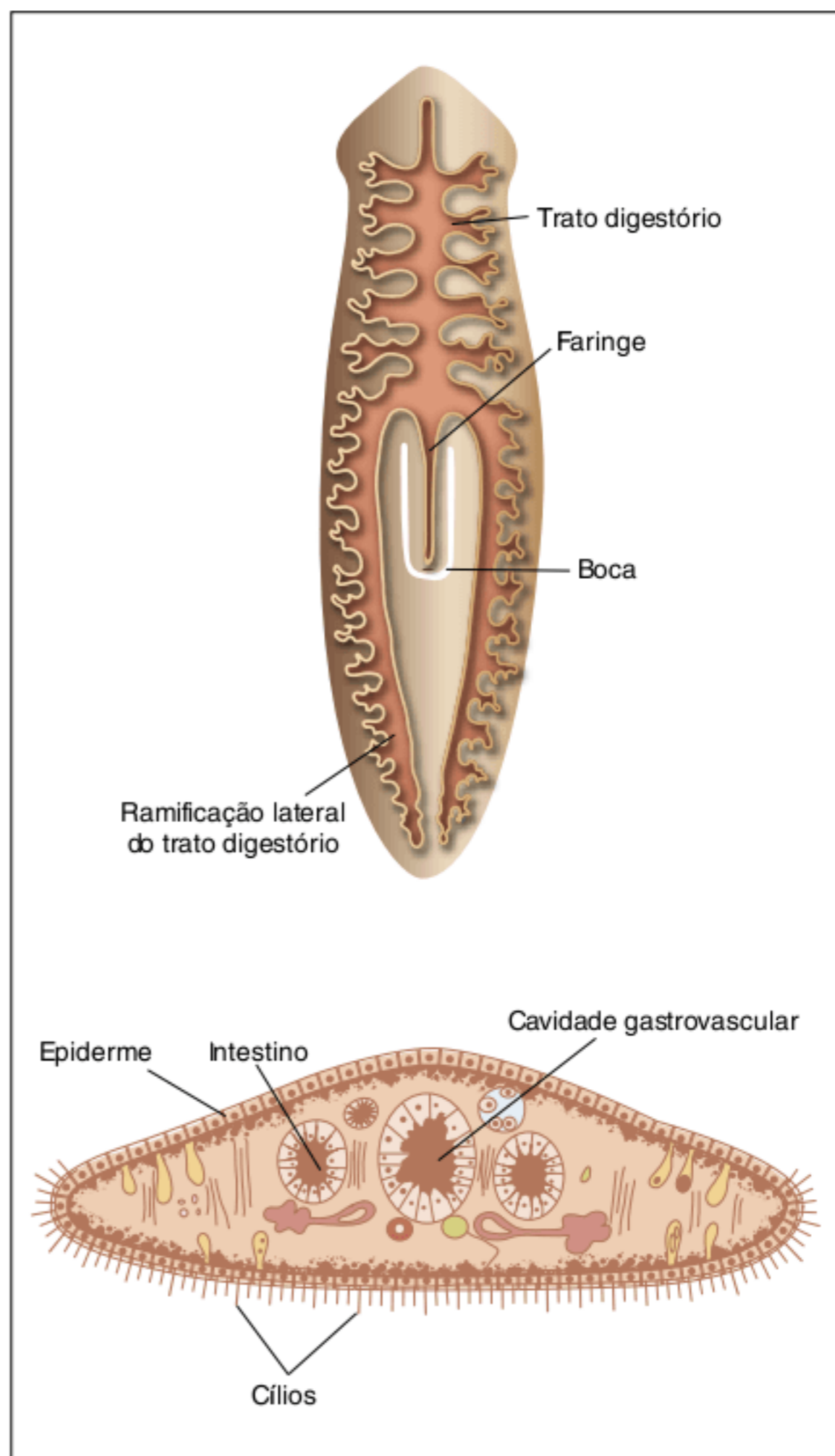


Fig. 6 Sistema digestório de uma planária.



O sistema excretor é do tipo **protonefrídios**. Há dois canais excretores paralelos, dispostos longitudinalmente e ligados a inúmeras **células-flama** ou **solenócitos**. Cada célula-flama é encurvada, formando uma cavidade dotada de um grande número de flagelos. Os tecidos ao redor das células-flama geram resíduos nitrogenados em sua atividade metabólica, que são lançados no fluido que banha os tecidos. Com o batimento dos flagelos das células-flama, ocorre a movimentação de líquido dos tecidos para os canais excretores, o qual é depois expelido pelos poros que se abrem na superfície do corpo. Em planárias de água doce, a concentração salina é mais baixa do que a do meio, e o corpo ganha água por osmose; o excesso de água é eliminado pelo sistema excretor (Fig. 7).

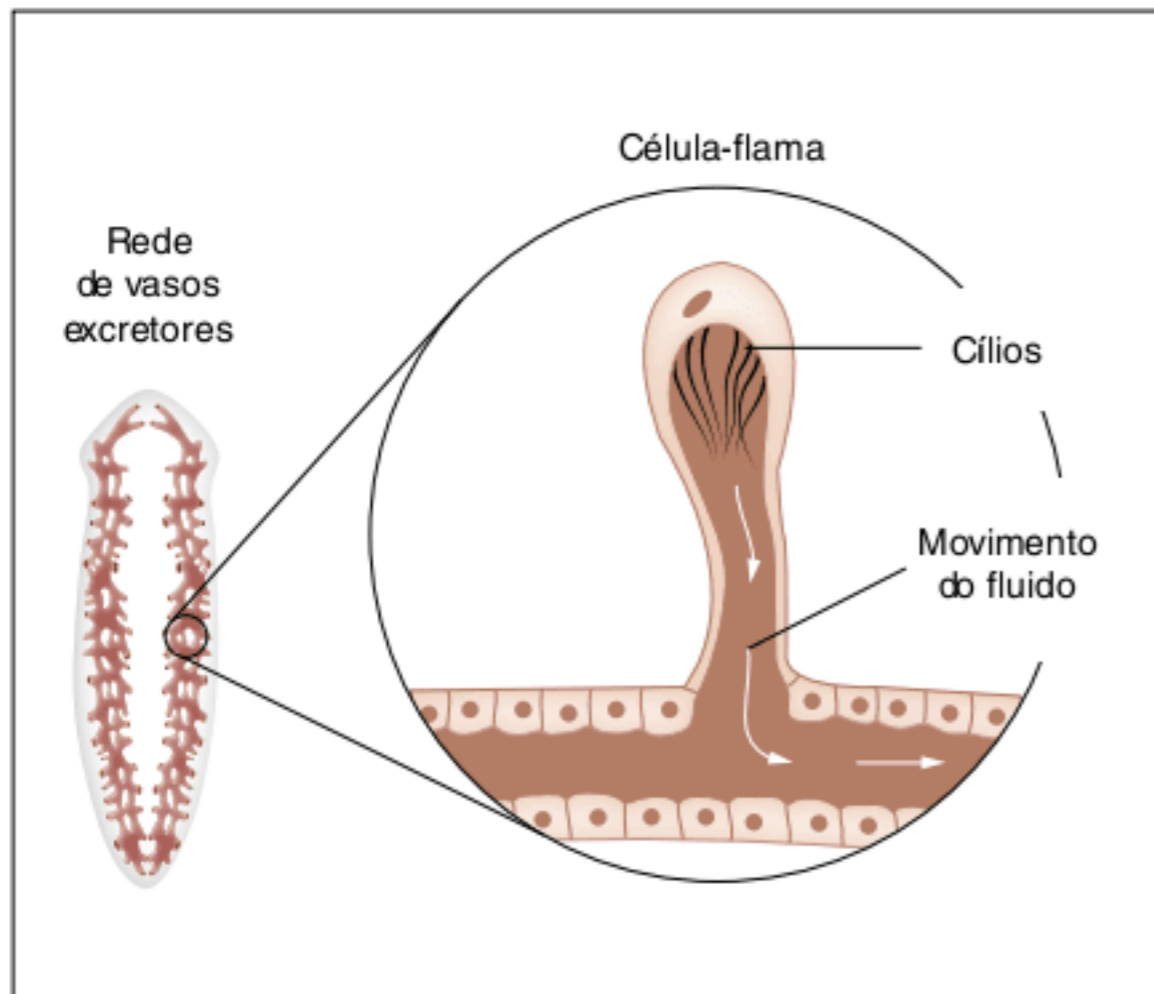


Fig. 7 Sistema excretor de uma planária.

### Triblásticos pseudocelomados

Os triblásticos pseudocelomados têm como principais representantes os **nematelmintos**, grupo que inclui inúmeros vermes cilíndricos de vida livre e vários tipos de parasitas de plantas e animais. Lombriga e ancilóstomo (causador do amarelão) são representantes desse grupo.

Os nematelmintos têm epiderme derivada do **ectoderma**, constituída por uma camada de células e recoberta por uma cutícula de **quitina**. No caso de parasitas, a cutícula protege contra agressões do hospedeiro, como sucos digestivos e a ação do sistema imunitário. As trocas gasosas ocorrem pela superfície do corpo, através de difusão. Muitos parasitas intestinais não dispõem de gás oxigênio e obtêm energia pro meio de fermentação.

O tubo digestório é derivado do **endoderma** e apresenta boca e ânus, o que caracteriza um **sistema digestório completo**. No caso de parasitas, os alimentos são obtidos do hospedeiro em

um estado de completa digestão. O tubo digestório é curto e sem diferenciações, como a presença de estômago. Os nutrientes são absorvidos e enviados para as células do organismo (Fig. 8).

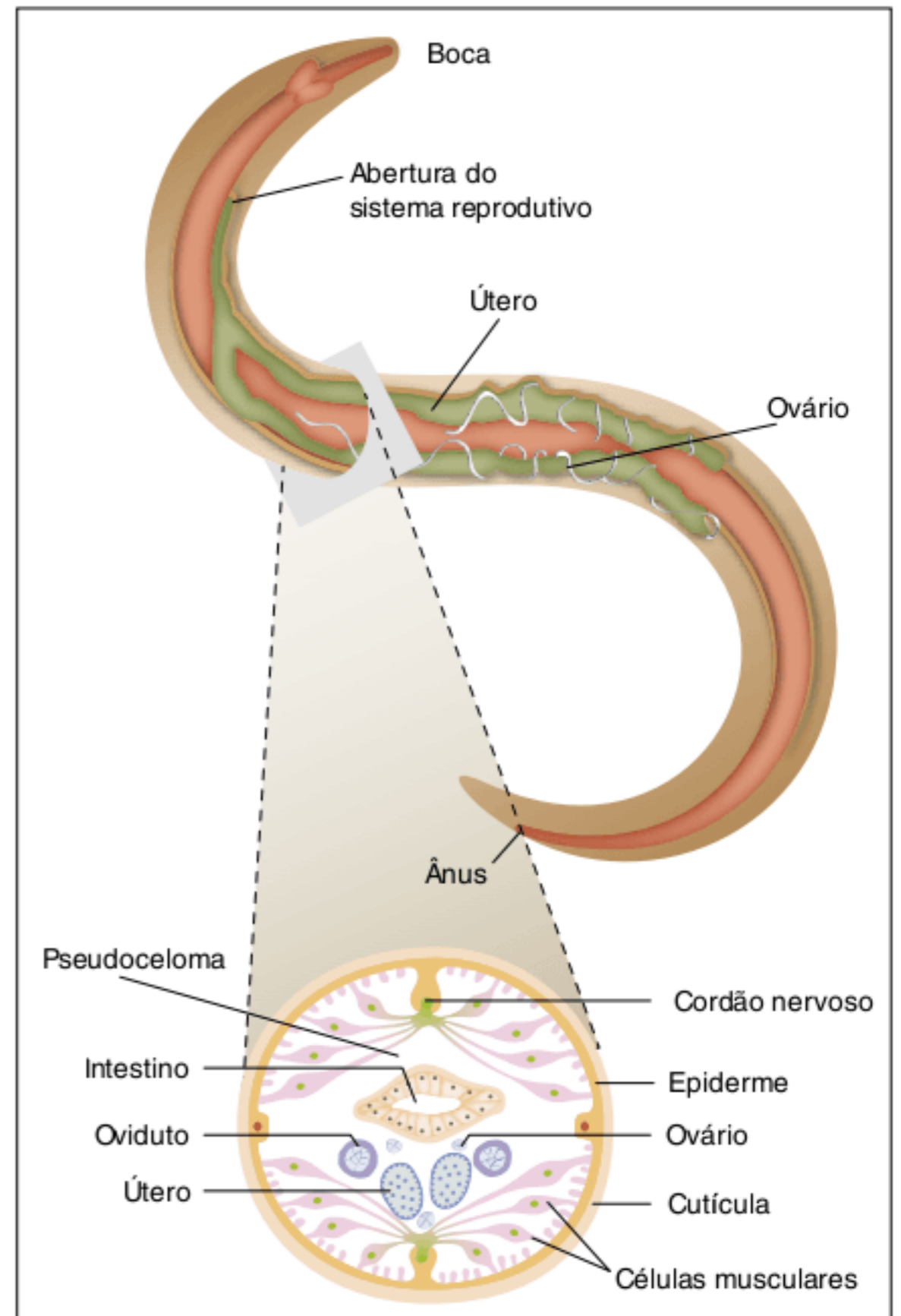


Fig. 8 Organização de um pseudocelomado.

O **mesoderma** origina a musculatura situada logo abaixo da epiderme, constituindo com ela a parede do corpo. Entre o tubo digestório e a parede do corpo há uma cavidade (o **pseudoceloma**), cheia de líquido e parcialmente revestida por mesoderma, que reveste a epiderme, mas é ausente ao redor do tubo digestório. O líquido da cavidade corporal contribui para a manutenção da forma do animal e tem papel relevante no transporte de materiais como nutrientes, excretas e gases. Não há um verdadeiro sistema circulatório.

O mesoderma também origina os órgãos dos sistemas reprodutor e excretor. O sistema excretor é constituído por dois longos **canais excretores** dispostos ao longo do corpo, que se unem na extremidade anterior em um único tubo curto que se abre perto da boca na forma de um poro. Os canais recolhem o líquido contendo excretas e sua eliminação se dá no poro excretor.



## Triblásticos celomados

Os triblásticos celomados incluem **anelídeos**, **artrópodes**, **moluscos**, **equinodermos** e **cordados**. Uma introdução a esse grupo diversificado será feita com o estudo dos anelídeos (como a minhoca e a sanguessuga).

Anelídeos apresentam **metameria**, isto é, têm o corpo segmentado. Ao longo do eixo do corpo, há blocos que se sucedem, denominados **metâmeros** (são os “anéis” da minhoca). Internamente, a minhoca apresenta **septos**, ou seja, estruturas que separam um metâmero de outro. Cada metâmero da minhoca comporta-se como uma unidade de funcionamento, apresentando basicamente os mesmos componentes: parte do tubo digestório, unidades do sistema excretor, gânglios do sistema nervoso e musculatura da parede do corpo (Fig. 9).

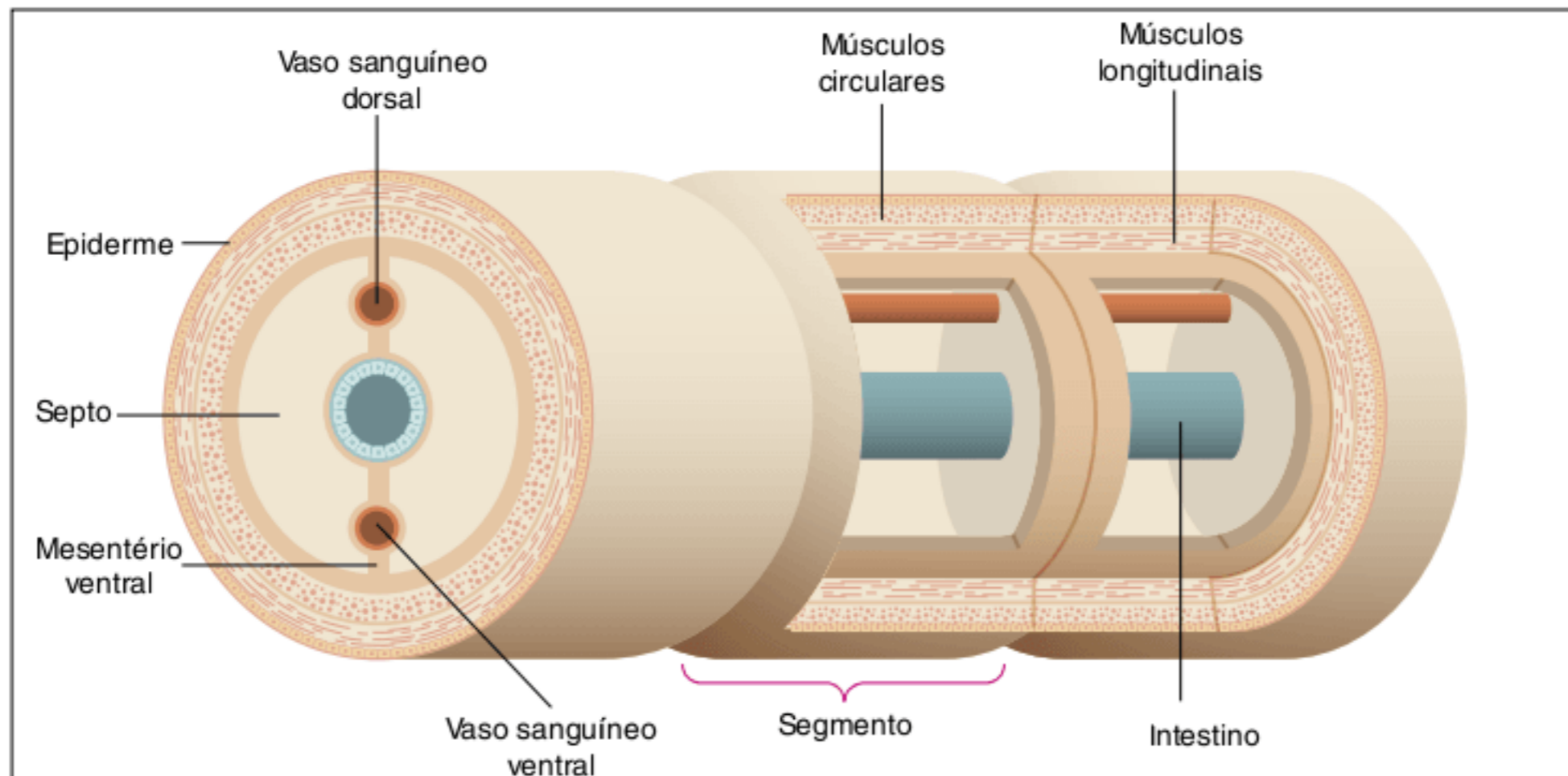


Fig. 9 Organização de um anelídeo. Duas importantes novidades são o celoma e a presença de vasos sanguíneos.

O **ectoderma** origina a epiderme, enquanto o **endoderma** origina o tubo digestório e suas glândulas anexas, que liberam secreções participantes do processo de digestão. O **mesoderma** localiza-se abaixo da epiderme e ao redor do tubo digestório. Entre a parede do corpo e o tubo digestório há um **celoma** bem definido e cheio de líquido. O líquido celomático contribui para a manutenção da forma do corpo e participa do transporte de materiais, como excretas. O mesoderma gera várias estruturas, como a musculatura abaixo da epiderme e ao redor do tubo digestório. O mesoderma também forma os septos entre os metâmeros e os componentes dos sistemas excretor, reprodutor e circulatório.

A minhoca vive em solos úmidos e ricos em material orgânico. Sua epiderme tem uma única camada de células, revestida por uma **cutícula**, que protege contra o atrito com as partículas do solo e reduz o risco de desidratação.

Anelídeos têm **sistema digestório completo**, com boca e ânus. A minhoca ingere terra com grande quantidade de matéria orgânica. Seu tubo digestório apresenta especializações: uma **faringe muscular**, que permite sugar a terra, um papo dilatado, que permite o armazenamento e o amolecimento do alimento, e uma **moela** de paredes espessas, que realiza a trituração do alimento. Segue-se um intestino onde ocorre a digestão química do alimento. Esse intestino é dotado de uma invaginação, a **tiflosole**, responsável pelo aumento da superfície de absorção dos nutrientes. O intestino apresenta dois cecos, apêndices laterais que terminam em fundo cego, cuja função é também o aumento da superfície de absorção de nutrientes. Os produtos resultantes da digestão são absorvidos pelo sangue, sendo distribuídos às células do organismo. Materiais não digeridos são eliminados na forma de fezes (Fig. 10).

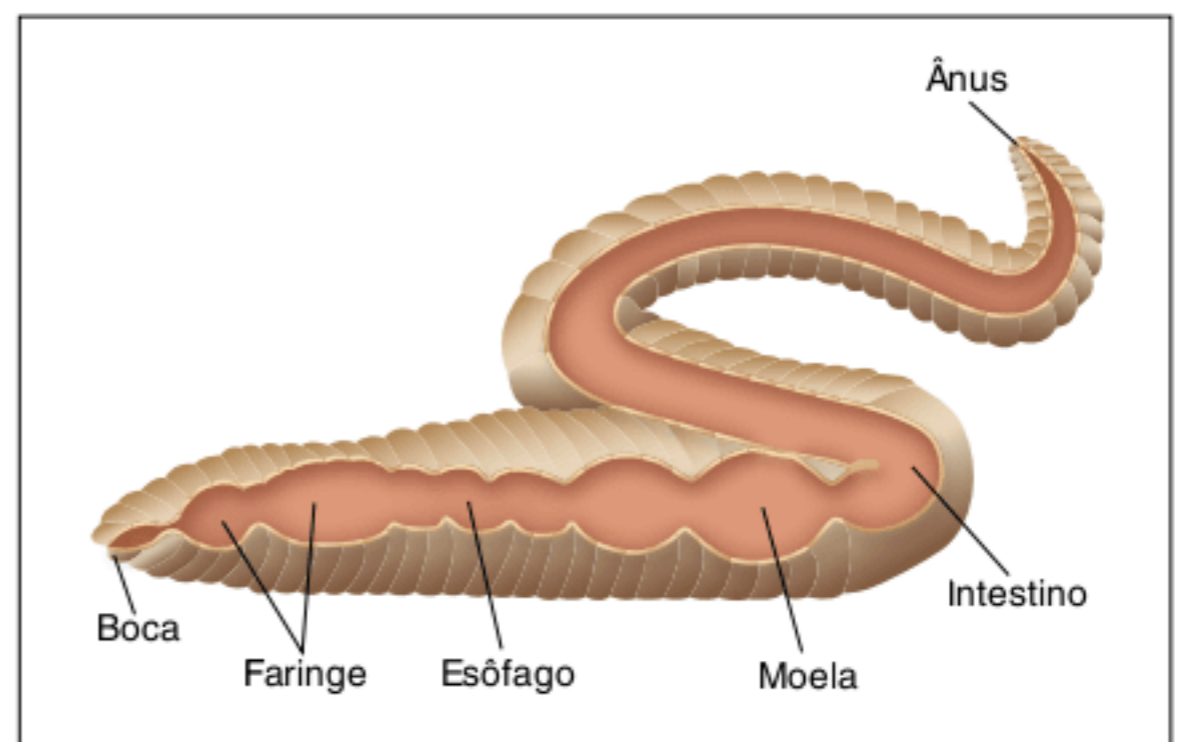


Fig. 10 Sistema digestório de uma minhoca, com compartimentos bastante especializados.

Fezes de minhocas são ricas em material orgânico, o chamado **húmus** da minhoca. Esse material é atacado por bactérias e fungos decompositores, liberando nutrientes minerais que são utilizados pelas plantas em seu metabolismo. Com sua atividade, a minhoca devora porções de terra e abre canais no solo, facilitando a entrada de ar e de água.

Os músculos contribuem para a manutenção da forma e realizam os movimentos, como os que permitem o deslocamento do animal e os que impulsionam o alimento ao longo do tubo digestório. Uma **musculatura circular**, quando contraída, diminui a circunferência do animal e provoca seu alongamento; a **musculatura longitudinal**, ao contrair-se, promove encurtamento do corpo.



O sistema circulatório é constituído pelo sangue que percorre o interior de vasos sanguíneos. Há um grande **vaso dorsal** (acima do intestino) e um **vaso ventral** (abaixo do tubo digestório). Ao redor do esôfago, há **pares de corações** que impulsionam o sangue para o grande vaso ventral. Os vasos se ramificam e originam pequenos vasos, os quais, por sua vez, originaram capilares, que permitem as trocas entre o sangue e os tecidos. O sistema circulatório é **fechado**, pois o sangue circula apenas no interior de vasos sanguíneos (Fig. 11).

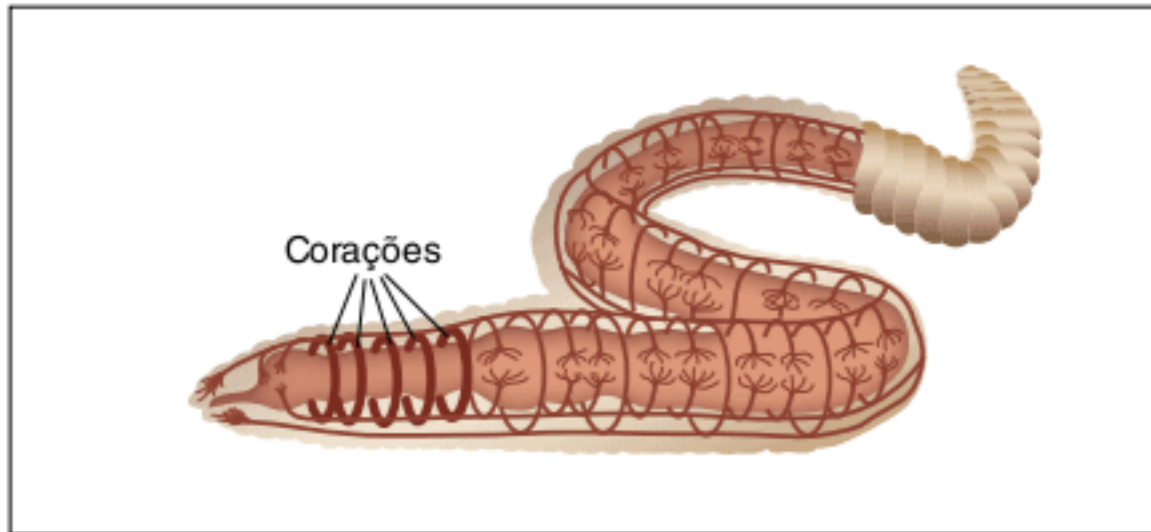


Fig. 11 Sistema circulatório fechado de uma minhoca.

A epiderme é fina, úmida e permeável; também apresenta inúmeros vasos sanguíneos, o que possibilita trocas gasosas. Assim, a minhoca apresenta **respiração cutânea**. Este também é o caso da sanguessuga. Há anelídeos aquáticos que apresentam **brânquias rudimentares**; são expansões do corpo, ricamente vascularizadas e que realizam trocas gasosas com a água. Assim, os vasos das brânquias recebem gás oxigênio da água e nela eliminam gás carbônico.

O sistema excretor é constituído por **metanefrídeos**, sendo que cada metâmero apresenta um par dessas estruturas, uma de cada lado do tubo digestório. Cada metanefrídio é constituído por um tubo envolvido por uma rede de capilares sanguíneos, que se apresenta com uma grande abertura em forma de funil, dotada de cílios e seguida de um tubo que atravessa o septo (a estrutura de separação entre metâmeros vizinhos). Finalmente, o tubo do nefrídio abre-se em um poro localizado na região ventral do metâmero situado logo atrás. As excretas são liberadas pelas células do corpo e são lançadas no líquido celomático. O batimento dos cílios da abertura do nefrídio promove a movimentação do líquido celomático para dentro do tubo. Ao longo do trajeto, ocorre a reabsorção de uma parte do líquido pelos capilares sanguíneos e é eliminada uma urina mais concentrada, contendo ureia (Fig. 12).

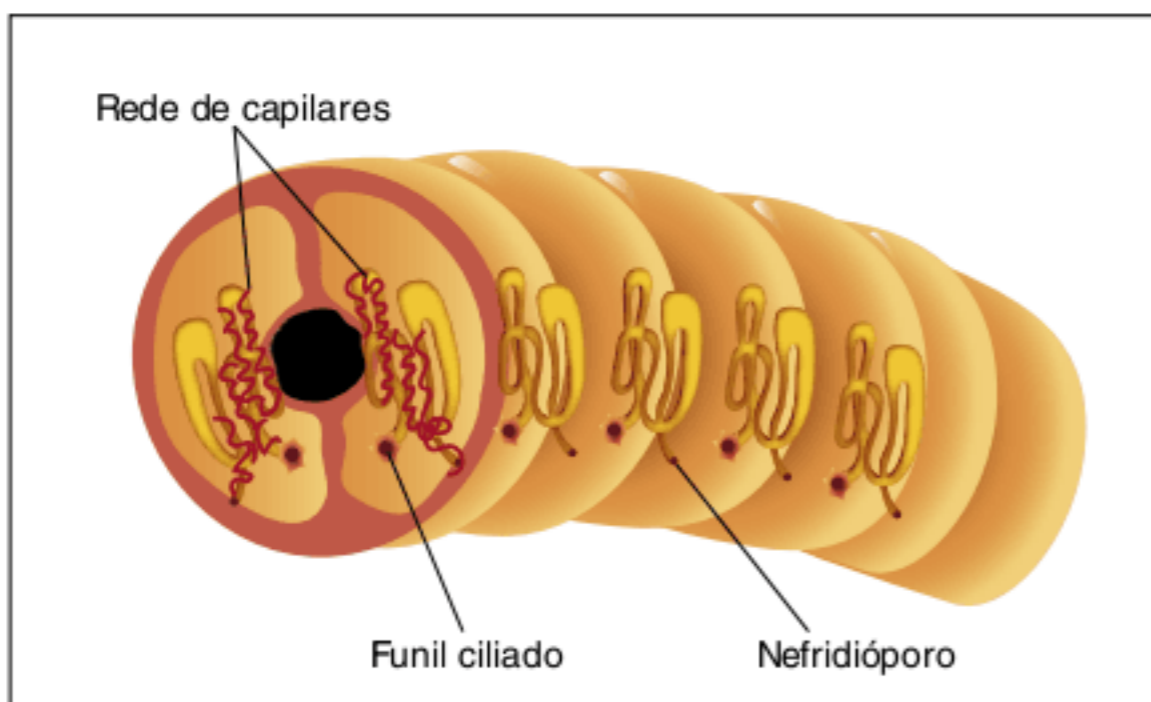


Fig. 12 Sistema excretor de um anelídeo.

## Outros celomados

Além dos anelídeos, há outros grupos de triblásticos celomados: moluscos, artrópodes, equinodermos e cordados. Estudaremos a seguir, de maneira comparativa, os seguintes sistemas presentes nesses animais: digestório, circulatório, respiratório e excretor.

## Sistema digestório

**Moluscos, artrópodes, equinodermos e cordados** têm **sistema digestório completo**. No entanto, há diversas especializações nesses grupos. Entre os **moluscos** é comum a existência de **rádula**, uma língua dotada de dentes que o animal emprega para raspar o alimento. Ela é útil para moluscos que se alimentam de plantas, como o caracol, e também para carnívoros, como o polvo. Outra adaptação alimentar é a presença de um **bico córneo**, presente na lula e no polvo, usado para defesa e também para retirar pedaços de suas presas. A rádula contribui bastante para a alimentação desses moluscos mais complexos. Ostras e mariscos comportam-se de maneira similar às esponjas, isto é, são **filtradores**. Promovem, com a ajuda de cílios, um fluxo de água que penetra pelo sifão inalante e sai pelo sifão exalante. Com a água vem também gás oxigênio e partículas alimentares, que podem conter matéria orgânica e seres vivos, como protozoários, algas microscópicas e pequenos animais. O alimento é enviado à boca, que é desprovida de rádula (Fig. 13).

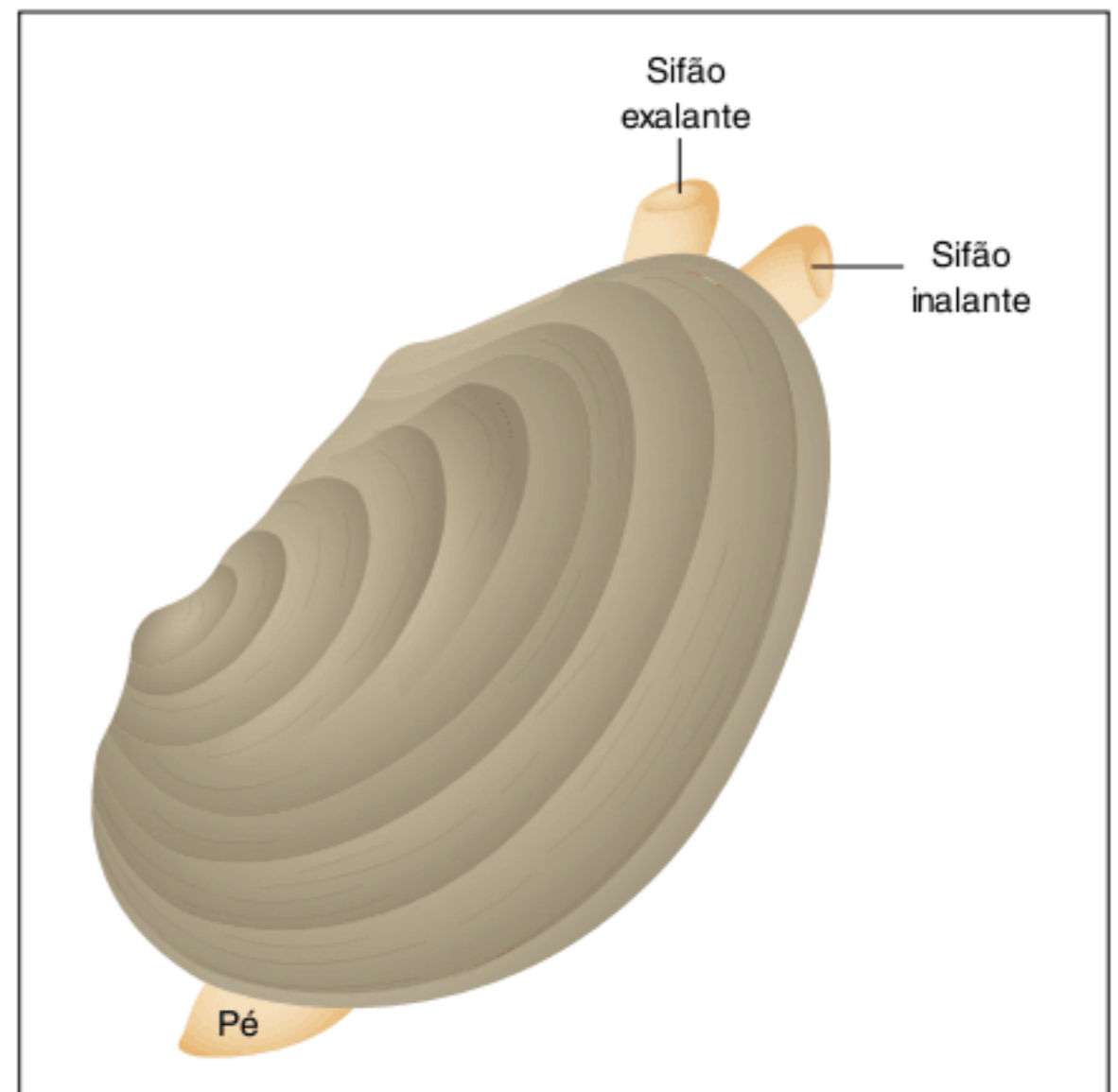


Fig. 13 Moluscos bivalves (como ostras e mariscos) apresentam sifão inalante e sifão exalante.

**Artrópodes** apresentam diversas adaptações relacionadas à obtenção de alimento (Fig. 14). Aranhas têm **quelíceras**; a peçonha realiza digestão extracorpórea. Centopeias possuem **forcípulas**, peças próximas à boca que injetam peçonha e servem para a retirada de pedaços do corpo da presa. Insetos podem apresentar estruturas para picar (mosquito), sugar (borboleta) ou triturar (barata). Crustáceos têm complexas peças bucais para manipular o alimento e levá-lo à boca.



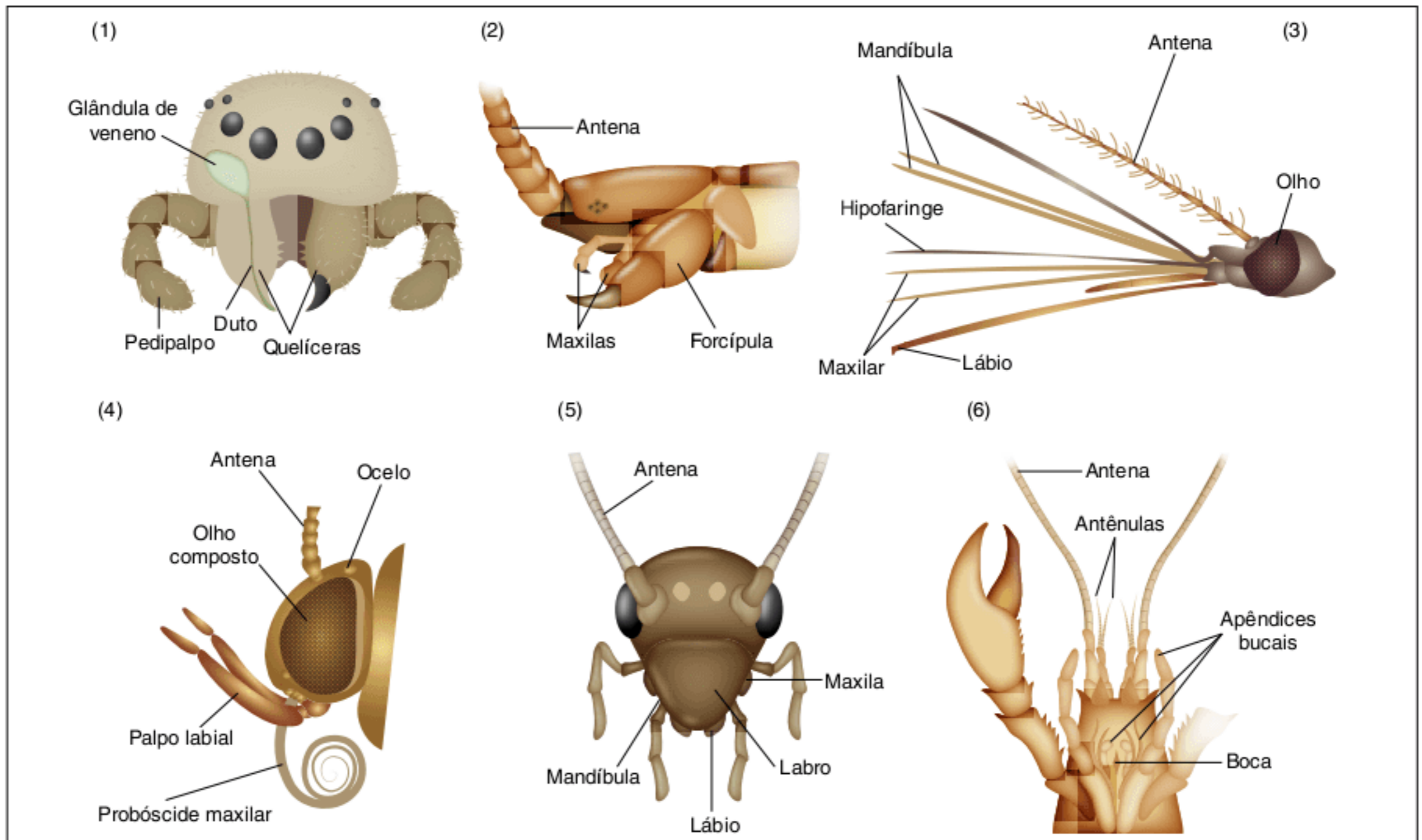


Fig. 14 Apêndices relacionados ao sistema digestório de artrópodes. (1) Aspecto externo e interno das quelíceras de uma aranha. (2) Peças bucais de uma centopeia, com destaque para a forcípula. (3), (4) e (5) Peças bucais de mosquito, borboleta e barata, respectivamente. (6) Vista ventral do aparelho bucal de uma lagosta.

Equinodermos têm sistema digestório completo, com boca e ânus. Estrelas-do-mar podem se alimentar de ostras, forçando a abertura de sua concha até a obtenção de uma fenda por onde introduzem seu estômago. Então, elas liberam enzimas digestivas que atuam na musculatura e em outras estruturas do organismo da ostra, as quais se encontram envolvidas pela concha. Ocorre, assim, uma **digestão extracorpórea**. A estrela-do-mar retira os nutrientes e depois recolhe seu estômago. O ouriço-do-mar apresenta junto à boca uma peça constituída por cinco dentes, conhecida como **lanterna de aristóteles** (Fig. 15). Com essa estrutura, ele raspa rochas ou algas e obtém partículas alimentares.

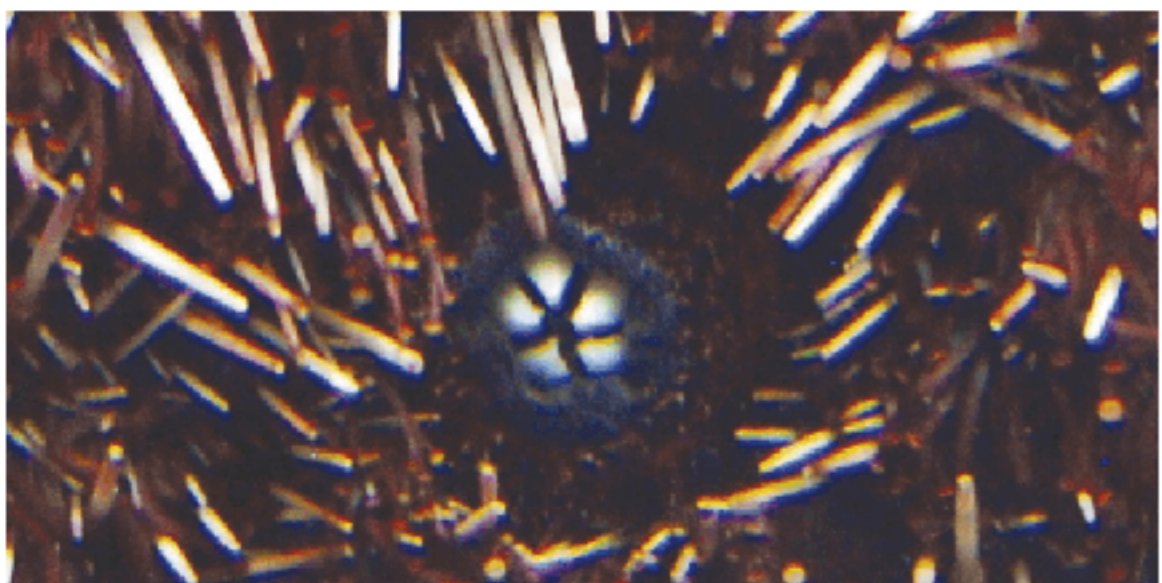


Fig. 15 Lanterna de aristóteles de ouriço-do-mar.

### Sistema circulatório

Os **equinodermos** normalmente não apresentam sistema circulatório, e o transporte é realizado através do **líquido celomático**, que carrega gases, nutrientes e excretas. Outros

celomados apresentam sistema circulatório. Há duas modalidades: **fechado** e **aberto** (ou **lacunar**). No **sistema circulatório fechado**, o sangue é mantido sempre no interior de vasos sanguíneos, o que possibilita a manutenção de uma elevada pressão e de alta velocidade de transporte. Isso favorece o crescimento do animal e também permite alta atividade metabólica. Esse tipo de sistema circulatório ocorre nos **anelídeos**, em **alguns moluscos** (como o polvo e a lula) e nos **vertebrados**.

O **sistema circulatório aberto**, ou lacunar, ocorre na maioria dos **moluscos** e nos **artrópodes** e é percorrido por um líquido denominado **hemolinfa** (Fig. 16). Esse sistema consta de um coração, que se contrai e expulsa a hemolinfa para um ou mais vasos sanguíneos. Posteriormente, o líquido passa para cavidades (lacunas) e retorna ao coração. Esse processo de circulação é mais lento, e a hemolinfa apresenta pressão mais baixa do que a que ocorre no sistema circulatório fechado. Animais com sistema circulatório aberto normalmente não apresentam porte avantajado.

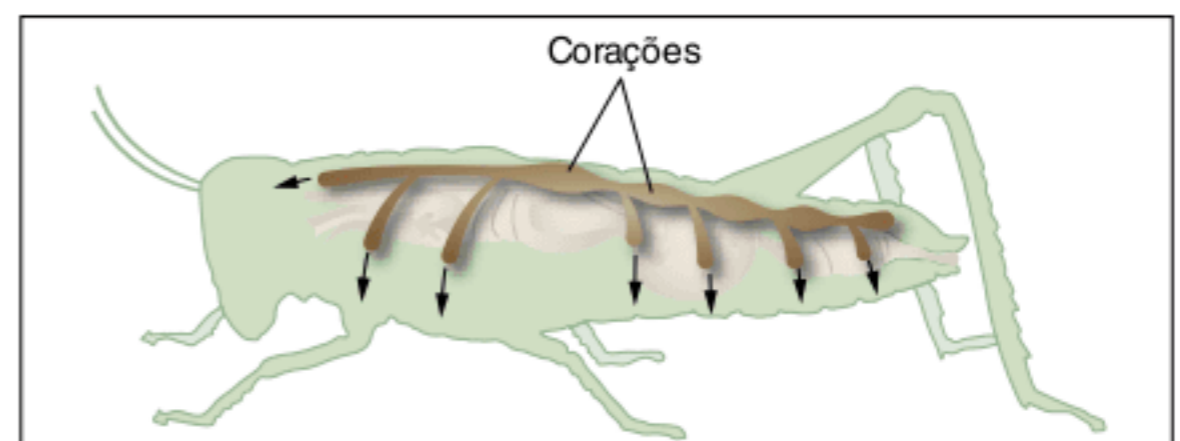


Fig. 16 Sistema circulatório aberto de artrópodes.



### Sistema respiratório

**Equinodermos** possuem **pápulas**, responsáveis pelas trocas gasosas. Essas estruturas são expansões do revestimento do celoma que atravessam poros existentes no esqueleto, permitindo a retirada de gás oxigênio da água, o qual é enviado ao líquido celomático e deste para os tecidos. O gás carbônico gerado na respiração celular passa para o líquido celomático e difunde-se no mar através das pápulas. Alguns equinodermos apresentam **brânquias rudimentares**, como o ouriço-do-mar.

Muitos **moluscos** apresentam **brânquias**, estruturas dotadas de vasos sanguíneos e que estão mais adaptadas à realização de trocas gasosas em meio aquático. Brânquias também ocorrem em crustáceos, peixes e larvas de anfíbios.

Moluscos como lesma, caracol e alguns caramujos, incluindo certos caramujos aquáticos, como o que participa do ciclo da esquistossomose, apresentam **respiração pulmonar**. Esses moluscos têm um **pulmão primitivo**, que possibilita trocas gasosas com o ar (brânquias realizam trocas gasosas com a água), constituído por uma cavidade cuja parede é bastante vascularizada. As trocas gasosas ocorrem entre o ar que penetra na cavidade respiratória (pulmão) e o sangue da sua parede. O pulmão desses moluscos localiza-se na cavidade do **manto** (película situada entre o corpo e a concha). Pulmões também ocorrem em vários grupos de vertebrados: peixes pulmonados ou dipnoicos (piramboia), anfíbios adultos, répteis, aves e mamíferos (Fig. 17).

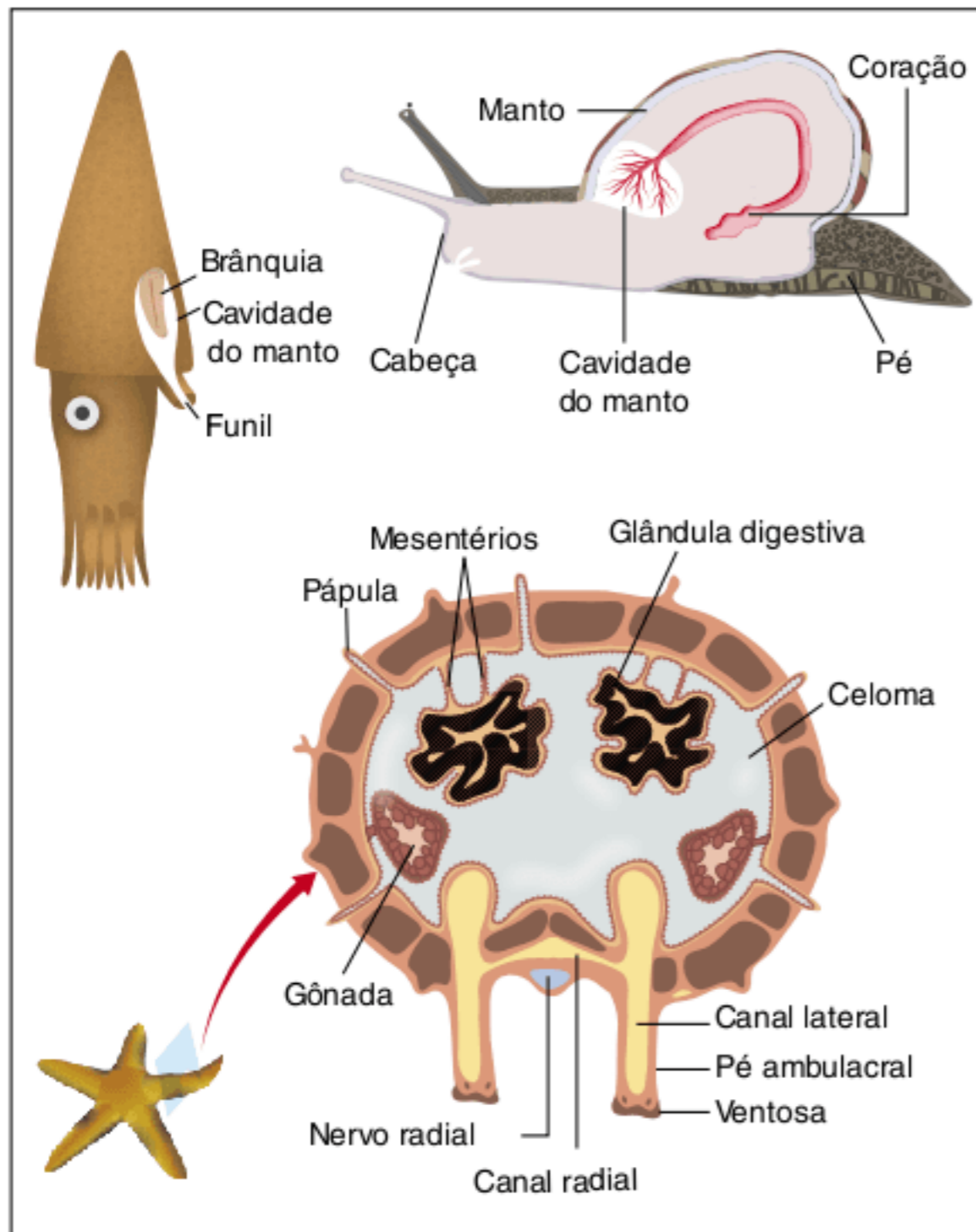


Fig. 17 Brânquias em molusco cefalópode (lula); pulmão primitivo em molusco gastrópode (caramujo); e pápulas de equinodermos (detalhe do corte do braço de uma estrela-do-mar).

A **respiração traqueal** ocorre em artrópodes, como insetos, muitos aracnídeos e nos miriápodes (piolho de cobra e centopeia). Esse tipo de sistema respiratório consta de uma abertura (opérculo) na superfície do exoesqueleto; seguem-se canais bastante ramificados revestidos por quitina, o mesmo material componente do exoesqueleto. Canaliculos acabam entrando em contato direto com os tecidos. Assim, o gás oxigênio chega às células sem ser transportado pelo sangue. As células realizam a respiração celular e produzem gás carbônico, que é também eliminado diretamente para o ambiente através do opérculo da superfície. Os insetos conseguem com isso uma eficiente oxigenação dos tecidos, mesmo apresentando sistema circulatório aberto. Muitas aranhas apresentam sistema respiratório **filotraqueal** (os pulmões-livro). Um poro respiratório da superfície do corpo comunica-se com uma câmara dotada de lâminas vascularizadas (lembram as folhas de um livro aberto). O gás oxigênio difunde-se no sangue das lâminas e é transportado aos tecidos. O gás carbônico gerado nos tecidos chega às lâminas da estrutura respiratória e difunde-se na câmara onde se encontram as lâminas, sendo eliminado para o ambiente através do poro respiratório (Fig. 18).

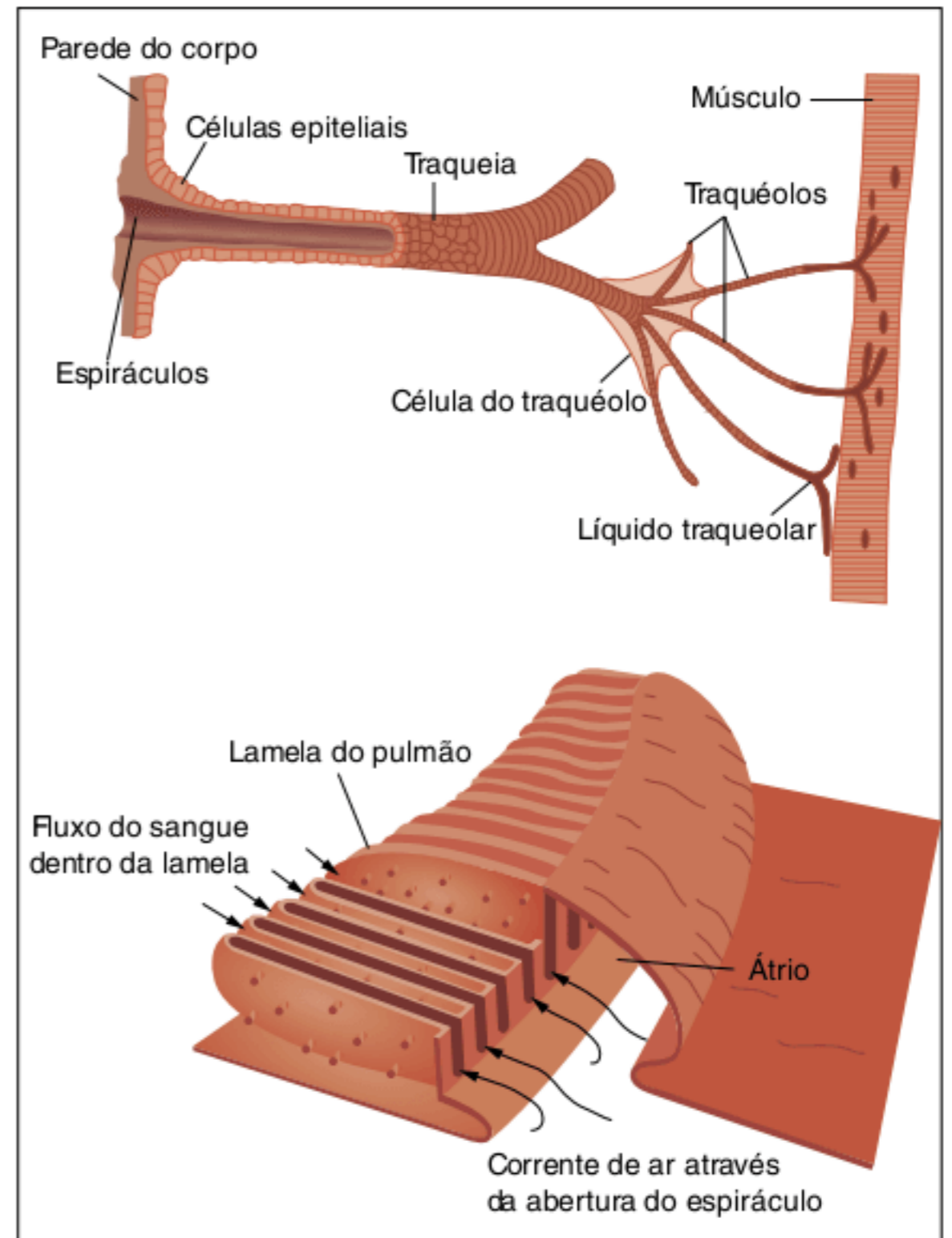


Fig. 18 Sistemas respiratórios traqueal e filotraqueal.

### Sistema excretor

**Equinodermos** eliminam as excretas através das **pápulas**, também responsáveis pelas trocas gasosas. Muitos **moluscos** possuem **metanefrídeos**, que removem as excretas da cavidade



pericárdica, situada entre o coração e o pericárdio (trata-se de uma cavidade celomática). As excretas são eliminadas através de um canal que se abre na superfície do corpo, muitas vezes na cavidade do manto. Os rins dos vertebrados retiram as excretas do sangue. Nos **artropodes**, as excretas são removidas da hemolinfa através de estruturas especializadas: **glândulas coxais** (aracnídeos) e **túbulos de Malpighi** (insetos e miriápodes). Essas estruturas eliminam urina no intestino (túbulos de Malpighi) ou na superfície do corpo por meio de poros situados na base das patas (glândulas coxais) ou abaixo dos olhos (glândulas verdes) (Fig. 19).

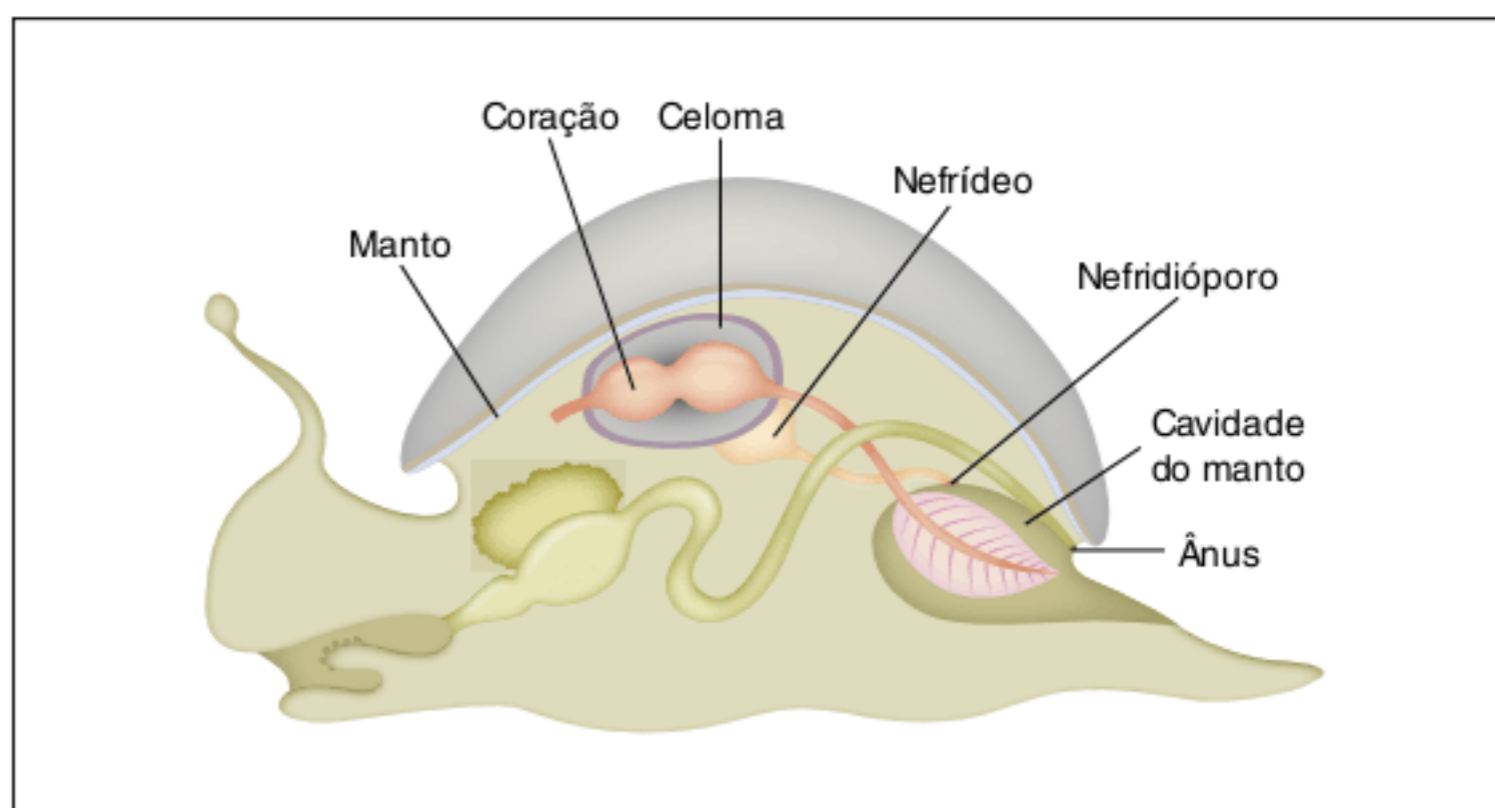


Fig. 19 Sistema excretor típico de moluscos. Os resíduos são recolhidos da cavidade pericárdica e liberados na superfície do corpo.

## Revisando

1 Como é o sistema nervoso dos cnidários?

---



---



---

2 Em quais grupos de animais o sistema nervoso é ganglionar?

---



---



---

3 Caracterize o tipo de sistema nervoso dos cordados.

---



---



---

4 Quais são os dois componentes do sistema nervoso central dos vertebrados?

---



---



---

5 Qual é o tipo de sistema digestório e de digestão que os cnidários têm?

---



---



---

6 Como ocorrem a excreção e as trocas gasosas nos cnidários?

---



---



---



**7** Cnidários não possuem sistema circulatório. Como ocorre o transporte de nutrientes nesses animais?

---

---

---

**8** Quais são as estruturas excretoras dos platelmintos?

---

---

---

**9** Caracterize o tipo de trocas gasosas que ocorre nos platelmintos.

---

---

---

**10** Como é o sistema digestório de uma planária?

---

---

---

---

**11** Como é o sistema digestório de uma lombriga?

---

---

---

**12** A lombriga tem celoma? Explique.

---

---

---

**13** Qual é a função da moela e da tiflosole na minhoca?

---

---

---

**14** Como podem ocorrer trocas gasosas nos anelídeos?

---

---

---

---

**15** Qual é o tipo de sistema circulatório dos anelídeos?

---

---

---

---



**16** Qual é o tipo de sistema circulatório dos artrópodes e da maioria dos moluscos?

---

---

---

**17** Qual é a função da rádula?

---

---

---

**18** Como ocorrem as trocas gasosas nos insetos?

---

---

---

**19** O que são túbulos de Malpighi?

---

---

---

## Exercícios propostos

**1 Fatec 1993** Numere a segunda coluna de acordo com a primeira e assinale a alternativa que apresenta a ordem correta.

1. Conduzem o sangue do coração para as diversas partes do corpo.
2. Permitem a grande irrigação sanguínea com todas as células do corpo.
3. Coletam o sangue das diversas partes do corpo e conduzem-no de volta ao coração.

- Veias  
 Artérias  
 Capilares

- (a) 2, 1, 3                      (c) 3, 1, 2                      (e) 1, 3, 2  
(b) 2, 3, 1                      (d) 3, 2, 1

**2 PUC-MG 1997** Possuem sistema nervoso, exceto:

- (a) agnatos.                      (c) anelídeos.                      (e) moluscos.  
(b) cnidários.                      (d) poríferos.

**3 UFC 2002** Que diferença característica permite considerar os moluscos mais complexos que os cnidários?

- (a) Os cnidários apresentam apenas reprodução assexuada, enquanto os moluscos apresentam reprodução sexuada.  
(b) Os cnidários possuem simetria bilateral, enquanto os moluscos simetria radial.

- (c) Os cnidários possuem circulação aberta, enquanto todos os moluscos têm circulação fechada.  
(d) Os cnidários possuem sistema nervoso difuso, enquanto os moluscos o possuem bastante desenvolvido.  
(e) Os cnidários não apresentam defesa química, enquanto os moluscos a têm como principal arma de proteção.

**4 Cesgranrio 1994** Em relação à evolução do sistema nervoso dos invertebrados, são feitas as afirmações a seguir.

- I. Ocorre uma centralização e uma cefalização à medida em que o animal se torna mais complexo.
- II. A maioria desses animais apresenta tubo nervoso de localização ventral.
- III. As medusas são os primeiros animais a terem um controle central de mensagens.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s):

- (a) apenas I.                      (c) apenas I e III.                      (e) I, II e III.  
(b) apenas I e II.                      (d) apenas II e III.

**5 PUC-MG 1999** Considere os seguintes animais.

- I. Caracol-de-jardim
- II. Camarão
- III. Pepino-do-mar
- IV. Barata
- V. Planária



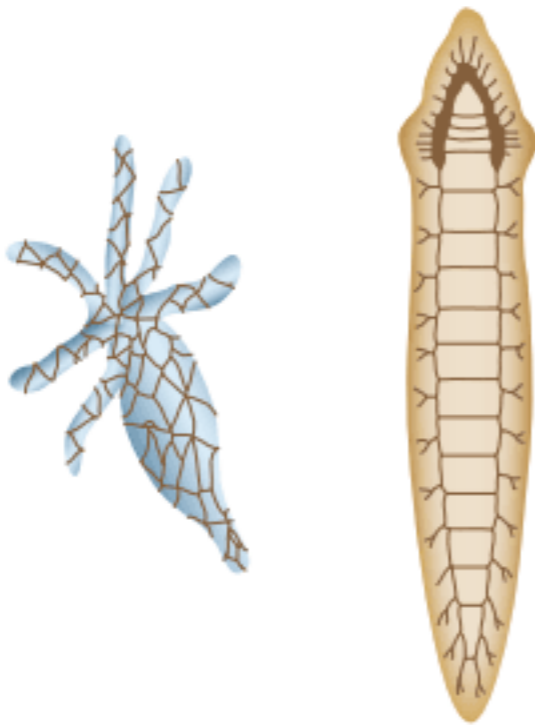
O sistema nervoso de uma minhoca tem um plano básico igual a:

- (a) I e III. (c) III e V. (e) II e V.  
 (b) II e IV. (d) I e IV.

**6 UFGM 1994** Rede nervosa e gânglios nervosos constituem dois tipos primitivos de sistema nervoso encontrados, respectivamente, em:

- (a) esponja e sanguessuga.  
 (b) hidra e planária.  
 (c) lombriga e caracol.  
 (d) minhoca e medusa.  
 (e) paramécio e borboleta.

**7 Puccamp 1998** As figuras a seguir esquematizam o sistema nervoso de uma hidra e de uma planária.



Com base nesses esquemas, fizeram-se as afirmações a seguir.

- I. O sistema nervoso da planária pode ser considerado mais evoluído que o da hidra.
- II. A hidra possui um centro nervoso, que envia ordens para todas as partes do corpo, enquanto a planária não apresenta centralização do sistema nervoso.
- III. O sistema nervoso da hidra é difuso e o da planária é ganglionar.

Dessas afirmações, somente:

- (a) I é correta.  
 (b) II é correta.  
 (c) III é correta.  
 (d) I e III são corretas.  
 (e) II e III são corretas.

**8 UFRN 2000** Se uma minhoca for seccionada transversalmente, em duas partes de mesmo tamanho, cada uma das partes resultantes pode continuar a mover-se de forma independente.

Isso é possível devido ao funcionamento do(a):

- (a) sistema nervoso difuso.  
 (b) cadeia nervosa ventral.  
 (c) sistema nervoso cerebrospinal.  
 (d) gânglio cerebroide.

**9 Uece 1996** Os recifes são verdadeiras barreiras de depósitos calcários que se formaram ao longo dos anos em várias costas brasileiras. A constituição física dessas barreiras marinhas se deve ao acúmulo de “esqueletos” de:

- (a) crustáceos. (c) espongiários.  
 (b) algas. (d) celenterados.

**10 UFV 1996** Um organismo com as seguintes características: tubo digestivo incompleto, diblástico e com tecidos verdadeiros pertence ao filo:

- (a) *Cnidaria*. (d) *Mollusca*.  
 (b) *Platyhelminthes*. (e) *Aschelminthes*.  
 (c) *Porifera*.

**11 Fatec 2007** As planárias são vermes acelomados, pequenos e achatados dorsoventralmente; apresentam um tubo digestório com inúmeras ramificações.

O tamanho e a forma das planárias estão diretamente relacionados:

- (a) à capacidade regenerativa de seu mesênquima.  
 (b) ao sistema nervoso ganglionar ventral.  
 (c) à presença de células-flama.  
 (d) aos ocelos acima dos gânglios cerebroides.  
 (e) à ausência de um sistema circulatório.

**12 Mackenzie 2002** A respeito dos platelmintos, é incorreto afirmar que:

- (a) há representantes que possuem tanto reprodução assexuada como sexuada.  
 (b) há representantes tanto de vida livre como parasitas.  
 (c) são todos triblásticos acelomados.  
 (d) possuem sistema respiratório e circulatório.  
 (e) há representantes hermafroditas e de sexos separados.

**13 Uece 2007** A denominação células-flama provém da aparência destes tipos de células, as quais apresentam tufo de cílios que se assemelham à chama de uma vela. Estão presentes nos platelmintos, funcionando no processo de:

- (a) excreção. (c) respiração.  
 (b) digestão. (d) circulação.

**14 UFF 2000** Os platelmintos pertencem ao primeiro grupo de animais a possuir um sistema excretor. Este é bastante primitivo, formado por células-flama. A principal função destas células é:

- (a) remover o excesso de água e os resíduos nitrogenados do sangue e lançá-los para o intestino.  
 (b) remover o excesso de água e os resíduos nitrogenados do sistema circulatório e lançá-los para o exterior.  
 (c) remover o excesso de água e os resíduos nitrogenados do tecido epitelial e lançá-los para o intestino.  
 (d) remover o excesso de água e os resíduos nitrogenados do ectoderma e lançá-los para os túbulos de Malpighi.  
 (e) remover o excesso de água e os resíduos nitrogenados do mesoderma e lançá-los para o exterior.



**15 UFSCar 2004** Encontra-se em cordados, artrópodos, moluscos e anelídeos, mas não em platelmintos:

- (a) celoma.
- (b) simetria bilateral.
- (c) sistema nervoso dorsal.
- (d) endoesqueleto calcificado.
- (e) reprodução sexuada.

**16 PUC-MG 1999** Não apresentam tubo digestivo completo:

- (a) platelmintos.
- (b) nematódeos.
- (c) moluscos.
- (d) anelídeos.
- (e) aracnídeos.

**17 Uece 2008** Em uma aula de campo na Serra de Baturité, um estudante de biologia coletou um animal de aspecto vermiforme. Porém, ao chegar ao laboratório para realizar a identificação do material, o aluno ficou em dúvida se o mesmo era representante do filo *Annelida* ou *Nematoda*. Para decidir entre as duas opções, o estudante deverá observar a presença de:

- (a) simetria bilateral.
- (b) segmentação corporal.
- (c) sistema digestivo completo.
- (d) sistema nervoso presente.

**18 Puccamp 2004**

*As florestas são os ecossistemas mais complexos do ambiente terrestre. O aumento das áreas naturais impactadas, as altas taxas de desmatamento e os problemas ambientais justificam o esforço mundial para o plantio de grandes áreas com espécies arbóreas.*

O solo das florestas abriga anelídeos, que são animais de corpo vermiforme e metamerizado, com sistema digestório completo e digestão extracelular. Além disso, os anelídeos apresentam:

- (a) pseudoceloma e células-flama.
- (b) sistema circulatório fechado e respiração traqueal.
- (c) celoma e respiração cutânea.
- (d) sistema circulatório aberto e cordão nervoso ventral.
- (e) protonefrídios e larva trocófora.

**19 Mackenzie 1999** A respeito das minhocas, é correto afirmar que:

- (a) são pseudocelomadas.
- (b) têm sistema circulatório fechado.
- (c) são de sexos separados.
- (d) têm digestão intracelular.
- (e) têm desenvolvimento indireto.

**20 Mackenzie 2001** Qual característica não é encontrada na minhoca?

- (a) Sangue com pigmento respiratório.
- (b) Digestão extracelular.
- (c) Excreção por nefrídios.
- (d) Desenvolvimento indireto com estágio larval.
- (e) Respiração cutânea.

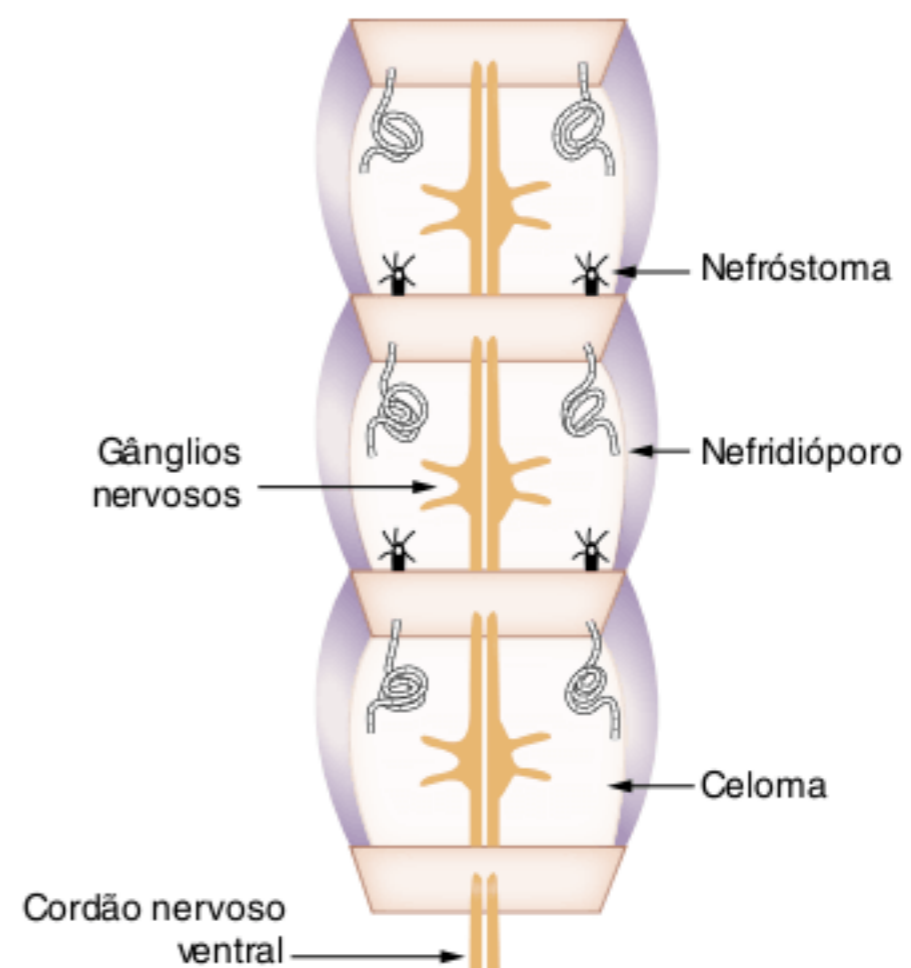
**21 PUC-MG 2001** As minhocas são antigas aliadas do homem. Esses animais atuam como verdadeiros "arados naturais", construindo galerias subterrâneas, removendo o solo. São benefícios proporcionados pelas minhocas, exceto:

- (a) aumentar a aeração do solo.
- (b) facilitar a drenagem do solo.
- (c) contribuir para a formação de húmus.
- (d) liberar antibióticos contra patógenos.

**22 PUC-SP 2004** Um biólogo coletou exemplares de uma espécie animal desconhecida, os quais foram criados em laboratório e analisados quanto a diversas características. Concluiu que se tratava de representantes do filo *Annelida*, pois eram animais:

- (a) diblásticos, celomados, segmentados e de simetria radial.
- (b) triblásticos, celomados, não segmentados e de simetria bilateral.
- (c) triblásticos, acelomados, segmentados e de simetria bilateral.
- (d) diblásticos, celomados, segmentados e de simetria bilateral.
- (e) triblásticos, celomados, segmentados e de simetria bilateral.

**23 UEL 1996** O esquema a seguir mostra parte de um animal.



Uma tal organização dos nefrídios, do sistema nervoso e do celoma encontra-se em:

- (a) minhocas.
- (b) caramujos.
- (c) gafanhotos.
- (d) planárias.
- (e) ouriços-do-mar.



**24 UEG 2005** Sobre a digestão nos diferentes grupos animais, assinale a alternativa incorreta.

- (a) É intracelular nas amebas e ocorre no interior dos vacúolos digestivos.
- (b) É intracelular nas esponjas e ocorre no interior de células especiais, denominadas coanócitos.
- (c) Começa extracelular na cavidade digestiva e termina no interior das células nas hidras.
- (d) Na minhoca e em outros invertebrados complexos, é parcialmente extracelular, iniciando-se na cavidade digestiva.
- (e) Nos vertebrados, é extracelular e ocorre inteiramente na cavidade do tubo digestivo.

**25 PUC-MG 1999** Considere os seguintes sistemas.

- I. Locomotor
- II. Respiratório
- III. Circulatório
- IV. Excretor

Crustáceos, aracnídeos e insetos são semelhantes quanto aos sistemas:

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

**26 PUC-SP 2006** O animal A é hermafrodita e tem respiração cutânea, enquanto o animal B é dioico (tem sexos separados) e tem sua excreção feita por túbulos de Malpighi; já o animal C apresenta simetria pentarradial e sistema ambulacral. Os animais A, B e C podem ser, respectivamente:

- (a) minhoca, gafanhoto e estrela-do-mar.
- (b) minhoca, planária e estrela-do-mar.
- (c) barata, planária e ouriço-do-mar.
- (d) barata, gafanhoto e hidra.
- (e) gafanhoto, barata e hidra.

**27 UEL 2000** Para responder à questão, considere as figuras a seguir, que apresentam, de forma esquemática, algumas características da estrela-do-mar.

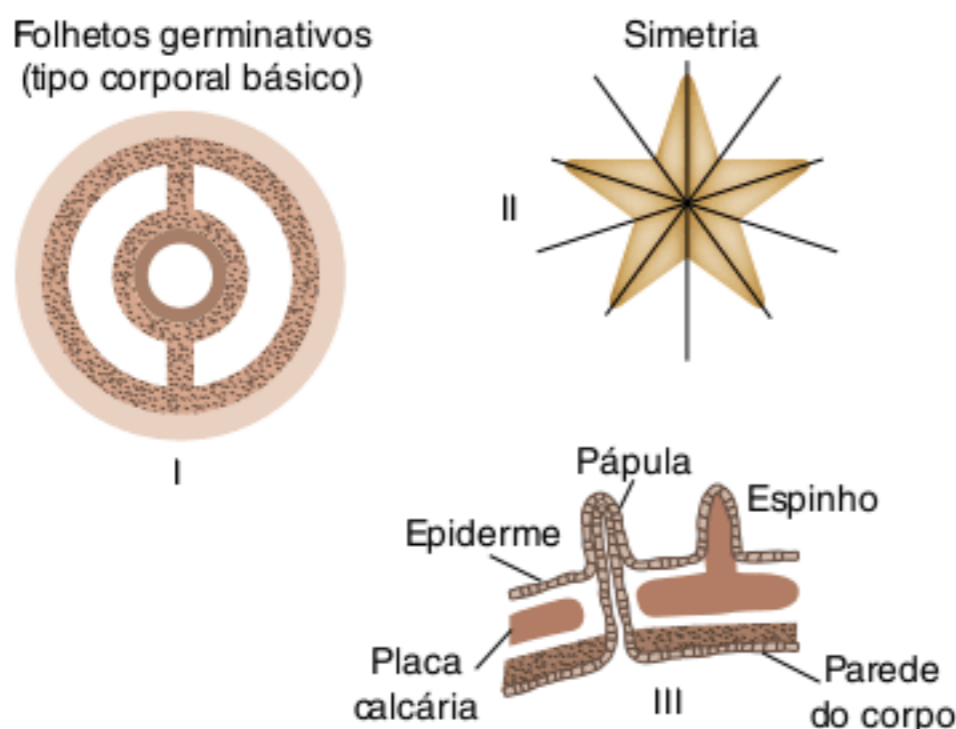


Fig. 1 e 2: José Mariano Amabis; Gilberto Rodrigues Martho. *Biologia dos organismos*. São Paulo: Moderna, 1995. p. 159 e 168.

Os esquemas mostram que a estrela-do-mar apresenta simetria:

- (a) bilateral e exoesqueleto.
- (b) bilateral e endoesqueleto.
- (c) radial e exoesqueleto.
- (d) radial e endoesqueleto.
- (e) radial e espinhos córneos.

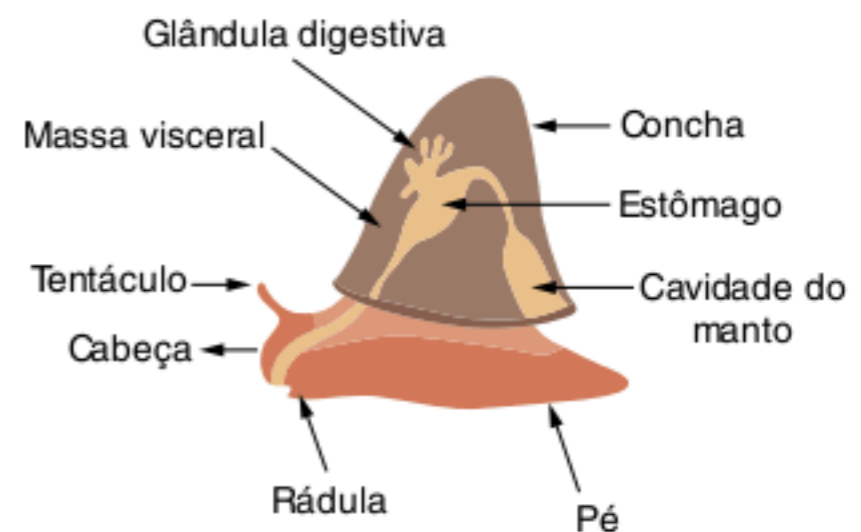
**28 Mackenzie 2009** A respeito dos moluscos, é correto afirmar que:

- (a) são de simetria bilateral, celomados e não segmentados.
- (b) são encontrados, unicamente, no ambiente marinho.
- (c) todos apresentam sistema circulatório aberto.
- (d) a maioria é hermafrodita (monoicos).
- (e) têm excreção por túbulos de Malpighi.

**29 Uece 2007** Os moluscos caracterizam-se por serem animais que:

- (a) utilizam uma estrutura denominada rádula para se alimentar.
- (b) possuem, logo após a faringe, uma região dilatada de paredes grossas denominada moela.
- (c) apresentam exoesqueleto de quitina.
- (d) eliminam os produtos da excreção através de estruturas denominadas túbulos de Malpighi.

**30 UFPE 2002** Na figura a seguir, é ilustrada a organização geral de um molusco gastrópodo, em que se observa um corpo constituído por cabeça, massa visceral (onde se concentram os órgãos) e pé. Com relação ao filo *Mollusca*, é correto afirmar que:



- (a) não apresenta sistema digestivo completo, de forma que a digestão é processada através de uma bolsa enzimática.
- (b) apresenta respiração exclusivamente branquial.
- (c) o sistema nervoso consiste de um anel situado em torno da boca.
- (d) a excreção é feita através dos túbulos de Malpighi e de glândulas localizadas na base dos pés.
- (e) lesmas, ostras, mexilhões, lulas e polvos são moluscos.

**31 PUC-MG 1997** O esqueleto dos equinodermos é um:

- (a) endoesqueleto ectodérmico quitinoso.
- (b) endoesqueleto mesodérmico calcário.
- (c) exoesqueleto endodérmico calcário.
- (d) exoesqueleto ectodérmico quitinoso.
- (e) exoesqueleto mesodérmico quitinoso.



**32 Fatec 1999** Associe os grupos da Coluna I com as estruturas da Coluna II.

Coluna I

1. Moluscos
2. Poríferos
3. Nematelmintos
4. Artrópodos
5. Platelminhos
6. Cnidários

Coluna II

- A. Sistema digestivo completo
- B. Células digestivas
- C. Cavidade digestiva com células digestivas

Assinale a alternativa que contém as associações corretas.

- (a) 1A; 2C; 3B; 4A; 5C; 6A.      (d) 1A; 2B; 3A; 4A; 5C; 6C.  
(b) 1A; 2B; 3B; 4A; 5B; 6C.      (e) 1A; 2B; 3C; 4A; 5B; 6C.  
(c) 1A; 2C; 3A; 4A; 5A; 6A.

**33 PUC-PR 2007** Relacione as descrições dos sistemas circulatórios com seus respectivos filos animais.

- I. Ausente. O alimento é distribuído diretamente da cavidade gastrovascular.
- II. Ausente. O alimento é distribuído pelo intestino muito ramificado.
- III. Ausente. O alimento é distribuído pelo fluido da cavidade pseudocelomática.
- IV. Presente. Do tipo fechado, com vasos pulsáteis e sangue dotado de pigmentos respiratórios.
- V. Presente. Do tipo aberto, com coração e vasos sanguíneos, onde circula o fluido celômico.

P = Artrópodes

S = Nematelmintos

Q = Anelídeos

T = Platelminhos

R = Moluscos

U = Cnidários

Assinale a opção que contém as associações corretas.

- (a) I-P; II-Q; III-R; IV-T; V-U.  
(b) I-U; II-T; III-S; IV-Q; V-P.  
(c) I-P; II-Q; III-R; IV-S; V-T.  
(d) I-P; II-Q; III-R; IV-U; V-T.  
(e) I-U; II-T; III-R; IV-Q; V-S.

**34 Uece 1999** Indique a opção que contém somente seres vivos que apresentam os sistemas circulatórios abertos.

- (a) Polvos, mexilhões e ostras.  
(b) Ostras, lulas e mariscos.  
(c) Mexilhões, lulas e polvos.  
(d) Mariscos, mexilhões e ostras.

**35 UFV 2003** Leia com atenção o trecho abaixo.

[...] e como nesses organismos o sangue não permanece somente no interior de vasos, sua pressão é baixa e a velocidade

do fluxo reduzida. Por essa razão, a distribuição de substâncias é lenta e não vence longas distâncias, e no entanto, esses organismos podem apresentar movimentos tão rápidos que indicam que a oxigenação dos tecidos é muito eficiente.

E. B. Avancini ; J. A. Favaretto.  
Biologia. São Paulo: Moderna, 1997. p. 655. v. 2.

Pode-se afirmar que o organismo a que o trecho acima se refere é um exemplo de:

- (a) inseto, pois a oxigenação dos tecidos independe do sistema circulatório.  
(b) celenterado, pois as brânquias transferem o oxigênio diretamente para os tecidos.  
(c) nematoide, pois o líquido celomático se encarrega de levar o oxigênio aos tecidos.  
(d) anelídeo, pois, embora a respiração seja cuticular, o oxigênio é transportado pelos túbulos de Malpighi.  
(e) platelminto, pois, na fase adulta, além de respiração branquial, apresenta também respiração cutânea.

**36 Mackenzie 1998** Os rins são órgãos relacionados com excreção e controle hídrico. Das estruturas a seguir, todas apresentam a mesma função dos rins, exceto:

- (a) os vacúolos contráteis.      (d) os nefrídios.  
(b) os cnidócitos.      (e) as glândulas verdes.  
(c) as células-flama.

**37 PUC-PR 1999** Excreção é um processo de remoção de substâncias tóxicas ou inúteis do interior dos organismos, realizado por estruturas especializadas. Analise os 5 exemplos, verificando se há correspondência entre o animal e a estrutura excretora.

Animal		Estrutura para excreção
I. gafanhoto	→	tubo de Malpighi
II. planária	→	célula-flama
III. esquilo	→	rim
IV. minhoca	→	nefrídio
V. hidra	→	vacúolo contrátil

Estão corretas:

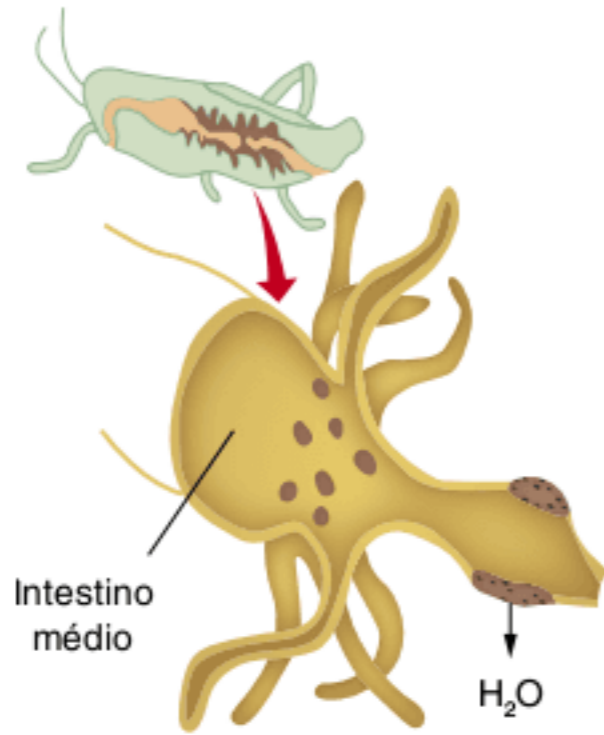
- (a) apenas II, III e IV.      (d) apenas II, III, IV e V.  
(b) apenas III, IV e V.      (e) apenas I, II e III.  
(c) apenas I, II, III e IV.

**38 UFMG 1994** Com relação aos mecanismos de excreção desenvolvidos durante a evolução dos seres vivos, todas as afirmativas estão corretas, exceto:

- (a) As traqueias dos insetos eliminam produtos nitrogenados.  
(b) O sistema excretor funciona de modo a manter constante a composição do sangue.  
(c) Os protonefrídios são os órgãos de excreção das planárias.  
(d) Os protozoários e os poríferos realizam a excreção por difusão.  
(e) Os rins, assim como os pulmões e a pele, participam da excreção no homem.



**39 UFRRJ 1999** Estrutura, função e grupo de animal, representados na figura a seguir, apresentam-se relacionados em:



Solomon *et al.* *Biology*, 1996.

- (a) célula-flama – respiração – insetos.
- (b) tubos de Malpighi – respiração – aranhas.
- (c) tubos de Malpighi – excreção – insetos.
- (d) célula-flama – excreção – aranhas.
- (e) tubos de Malpighi – respiração – inseto.

**40 UFRGS 1997** Relacione as colunas a seguir, identificando corretamente os tipos de estruturas excretoras dos animais.

- |              |                          |                   |
|--------------|--------------------------|-------------------|
| 1. Ameba     | <input type="checkbox"/> | Tubos de Malpighi |
| 2. Rato      | <input type="checkbox"/> | Nefrídios         |
| 3. Minhoca   | <input type="checkbox"/> | Rins              |
| 4. Planária  | <input type="checkbox"/> | Vacúolo pulsátil  |
| 5. Gafanhoto | <input type="checkbox"/> | Células-flama     |

A ordem correta, na segunda coluna, de cima para baixo, é

- (a) 2 – 1 – 5 – 3 – 4
- (b) 5 – 3 – 2 – 1 – 4
- (c) 4 – 1 – 2 – 5 – 3
- (d) 1 – 4 – 2 – 3 – 5
- (e) 5 – 4 – 3 – 2 – 1

**41 UFRGS 2007** Os verdadeiros órgãos excretores são observados apenas nos filos animais que apresentam simetria bilateral. A coluna 1, a seguir, apresenta cinco diferentes tipos de órgãos excretores; a coluna 2, quatro exemplos de animais invertebrados. Associe, adequadamente, a coluna 1 com a coluna 2.

- | Coluna 1               | Coluna 2                             |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1. Nefrídio            | <input type="checkbox"/> Gafanhoto   |
| 2. Túbulos de Malpighi | <input type="checkbox"/> Sanguessuga |
| 3. Glândulas antenais  | <input type="checkbox"/> Planária    |
| 4. Superfície do corpo | <input type="checkbox"/> Caranguejo  |
| 5. Células-flama       |                                      |

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- (a) 2 – 1 – 5 – 3.
- (b) 1 – 2 – 3 – 4.
- (c) 5 – 3 – 1 – 4.
- (d) 3 – 4 – 2 – 1.
- (e) 4 – 5 – 2 – 1.

## TEXTO COMPLEMENTAR

### Refazendo o caminho

Percorremos diversos grupos de animais invertebrados, com suas características funcionais fundamentais. Em termos de história da vida, isso significa algo em torno de 500 milhões de anos de processo evolutivo. Apesar da grande variedade de grupos animais, pode-se constatar a ocorrência de certos padrões.

Todos os animais compartilham uma origem evolutiva comum e apresentam multicelularidade. Um organismo multicelular tem certas vantagens em relação aos unicelulares, como um considerável aumento de tamanho e de capacidade de mobilidade (ou de mover o meio, como na circulação de água causada pelos poríferos), possibilitando melhores condições de explorar o ambiente e dele retirar recursos necessários à sobrevivência. Quando unicelulares se deslocam, percorrem pequenas distâncias, ficando restringida a exploração dos recursos ambientais. A movimentação dos animais depende, em sua maior parte, do desenvolvimento de células musculares especializadas, muito mais eficientes do que

cílios e flagelos, ainda presentes em poríferos (nos coanócitos) e na parte ventral de planárias, por exemplo. Na evolução dos grupos animais, ocorreu o surgimento de tecidos e órgãos especializados, aumentando a eficácia de desempenho das atividades do organismo. Nesse processo evolutivo, também surge o pseudoceloma e, posteriormente, um celoma verdadeiro; nos grupos animais mais simples (como nos cnidários) surgem estruturas que executam funções primordiais, como movimentação, nutrição e digestão. Em grupos mais complexos, desenvolveram-se estruturas responsáveis pela excreção, pela respiração e pelo transporte.

A maior parte das células de animais mais complexos fica afastada da superfície do corpo, que tem contato com os inúmeros estímulos ambientais, como luz, temperatura, pressão e substâncias químicas. As informações sobre o ambiente são de grande relevância para a sobrevivência dos animais; as informações são obtidas por células especializadas e enviadas a outras estruturas



do sistema nervoso, que elabora respostas adequadas ao ajuste do animal, como buscar o alimento ou afastar-se de um perigo presente no meio circundante. Poríferos são desprovidos de sistema nervoso, que é mais rudimentar nos cnidários; concomitantemente com a simetria bilateral (como a existente em platelmintos), ocorre cefalização e maior desenvolvimento do sistema nervoso. A maior

complexidade atingida por vários grupos animais requer uma precisa coordenação de atividades, realizada pelos sistemas nervoso e endócrino. Todas essas aquisições evolutivas tornam muitos animais capazes de controlar seu ambiente interno, suportando com mais facilidade as modificações que ocorrem frequentemente no ambiente que os cerca.

## RESUMINDO

Grupos	Sistema digestório	Sistema respiratório	Sistema excretor	Sistema nervoso	Sistema circulatório
Cnidários	Incompleto; digestão extra e intracelular. A cavidade digestória distribui os nutrientes.	Ausente; trocas gasosas efetuadas pela superfície do corpo.	Ausente; eliminação de excretas ocorre por toda a superfície do corpo.	Difuso; não há um centro de comando.	Ausente.
Platelmintos	Incompleto; digestão extracelular. Tênia não têm sistema digestório. A cavidade digestória distribui os nutrientes.	Ausente; trocas gasosas efetuadas pela superfície do corpo.	Protonefrídeos constituídos por células-flama; excretas recolhidas do líquido que envolve as células e eliminadas por poros excretores.	Ganglionar; há um gânglio cerebral e cordões nervosos longitudinais.	Ausente.
Nematódeos	Completo, com boca e ânus. Tubo digestório com pouca especialização.	Ausente; trocas gasosas efetuadas pela superfície do corpo.	Dois tubos excretores localizados nas laterais recolhem excretas da cavidade do corpo.	Um anel esofágico e dois cordões nervosos, um dorsal e outro ventral.	Ausente. O líquido do pseudoceloma realiza transporte de muitos materiais.
Anelídeos	Completo, com boca e ânus. Na minhoca o tubo digestório apresenta especializações: faringe, papo, moela e intestino com tiflosole.	Minhoca e sanguessuga apresentam respiração cutânea; a epiderme é vascularizada. Muitos anelídeos aquáticos têm brânquias primitivas.	Metanefrídeos; excretas recolhidas a partir do líquido celomático e eliminadas por poros. O sangue reabsorve líquido e outros materiais.	Ganglionar ventral.	Fechado. O sangue circula apenas no interior de vasos. Manutenção de elevada pressão.
Grupos	Sistema digestório	Sistema respiratório	Sistema excretor	Sistema nervoso	Sistema circulatório
Moluscos	Completo, com boca e ânus. Muitos apresentam rádula (ausente em ostras e mariscos) e bico córneo (presente em lula e polvo).	Branquial (polvo, lula, ostra, marisco, alguns caramujos) e pulmões primitivos (lesma, caracol, alguns caramujos).	Metanefrídeos, que removem excretas da cavidade pericárdica (celoma).	Gânglio cerebral e vários gânglios espalhados pelo corpo. Ostras e mariscos não têm cabeça definida.	Fechado em lula e polvo. Aberto ou lacunar na maioria. O sangue percorre lacunas do corpo e tem transporte mais lento.
Equinodermos	Sistema digestório completo. Estrelado-mar pode ter digestão extracorpórea. Ouriço-do-mar apresenta lanterna de aristóteles.	Brânquias rudimentares ou pápulas provenientes do revestimento do celoma.	Eliminação de excretas através de pápulas.	Um anel ao redor do esôfago ligado aos nervos localizados em cada uma das cinco partes do corpo. Há receptores químicos e luminosos.	Sistema circulatório ausente; o transporte é realizado pelo líquido celomático.
Artrópodes	Sistema digestório completo. Há diversas adaptações. Aranhas têm quelíceras; a peçonha realiza digestão extracorpórea. Centopeias possuem forcípulas. Insetos podem apresentar estruturas para picar, sugar, triturar. Crustáceos têm complexas peças bucais para rasgar alimento e levá-lo à boca.	Branquial (crustáceos), filotraqueal (aranhas) e traqueal (insetos, aranhas e miriápodes).	Estruturas que removem excretas da hemolinfa: glândulas verdes (crustáceos), glândulas coxais (aracnídeos) e túbulos de Malpighi (insetos e miriápodes).	Ganglionar ventral.	Aberto (ou lacunar).



## ■ QUER SABER MAIS?



■ Filos

<[www.ucmp.berkeley.edu/phyla/phyla.html](http://www.ucmp.berkeley.edu/phyla/phyla.html)>.

## Exercícios complementares

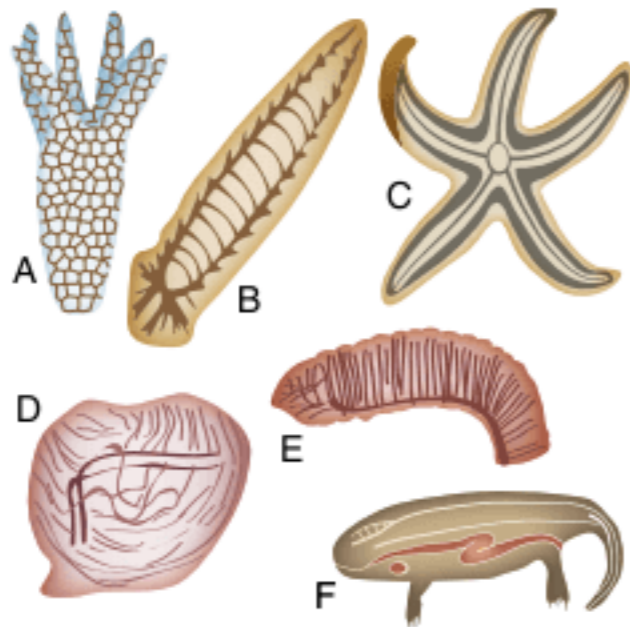
**1 Unicamp 2001 (Adapt.)** Os animais podem ou não apresentar simetria. Considere os seguintes animais: planária, esponja, medusa (água-viva), minhoca, coral e besouro.

- Quais deles apresentam simetria radial? E quais apresentam simetria bilateral?
- Caracterize esses dois tipos de simetria.

**2 UFSC 2000** [...] Com a finalidade de perceber estímulos, transmiti-los a diversas partes do corpo e efetuar as respostas, a maioria dos animais tem um sistema nervoso.

T. Storer; R. Usinger. *Zoologia geral*. Ed. Nacional, 1979. p. 143.

Com relação ao sistema nervoso e à interpretação das figuras, assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s).



- Em A, temos a hidra, que, assim como os demais celenterados, tem uma rede nervosa difusa no corpo, com um gânglio central.
- Em B, temos uma planária com gânglios na região da “cabeça”, dos quais partem dois cordões nervosos separados, ligados por comissuras.
- Em C, está representada uma estrela-do-mar, que tem um sistema nervoso bilateral.
- No berbigão (D) e na minhoca (E), os gânglios supraesofágicos e subesofágicos situam-se, respectivamente, sobre e sob o esôfago e ligam-se por conectivos.
- No lagarto (F), o sistema nervoso caracteriza-se pela presença do encéfalo, do cordão nervoso ventral e dos nervos segmentares pares.
- Enquanto nos invertebrados a posição do sistema nervoso é ventral, nos vertebrados ela é dorsal.

Soma =

**3 Fatec 2000** Diagnose de um grupo animal:

“Animal com forma de pólipô ou medusa, diblástico, isto é, com ectoderme e endoderme e epiderme com células urticantes, os cnidoblastos”.

Após a análise da diagnose, assinale a alternativa que contém o grupo animal que diz respeito a ela.

- Porífero.
- Platelminto.
- Celenterado.
- Asquelminto.
- Molusco.

**4 UFSM 2000** Um zoólogo recebe, para classificar, um animal vermiforme desconhecido. Após estudar os aspectos anatômicos e histológicos, o pesquisador verifica que o exemplar possui certas características: uma grande cavidade entre a parede do corpo e o sistema digestivo, tubo digestivo completo e tecidos de origem mesodérmica.

Essas características excluem a possibilidade de o animal ser classificado entre os:

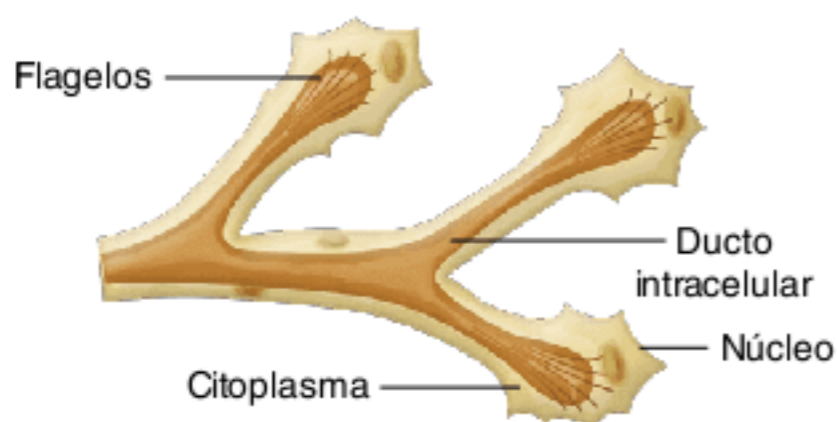
- Annelida*.
- Platyhelminthes*.
- Nematoda*.
- Holothuroidea*.
- Gymnophiona (Apoda)*.

**5 UFU 2001** Nesse filo, os animais apresentam simetria bilateral, são não segmentados, protostômios, triblásticos, acelomados. Eles apresentam órgãos com funções especializadas e células excretoras organizadas num sistema excretor. É o primeiro grupo na escala evolutiva a apresentar um sistema excretor e uma cefalização. Assinale a alternativa que apresenta o nome do táxon acima mencionado.

- Celenterados.
- Nematelmintos.
- Platelmintos.
- Anelídeos.



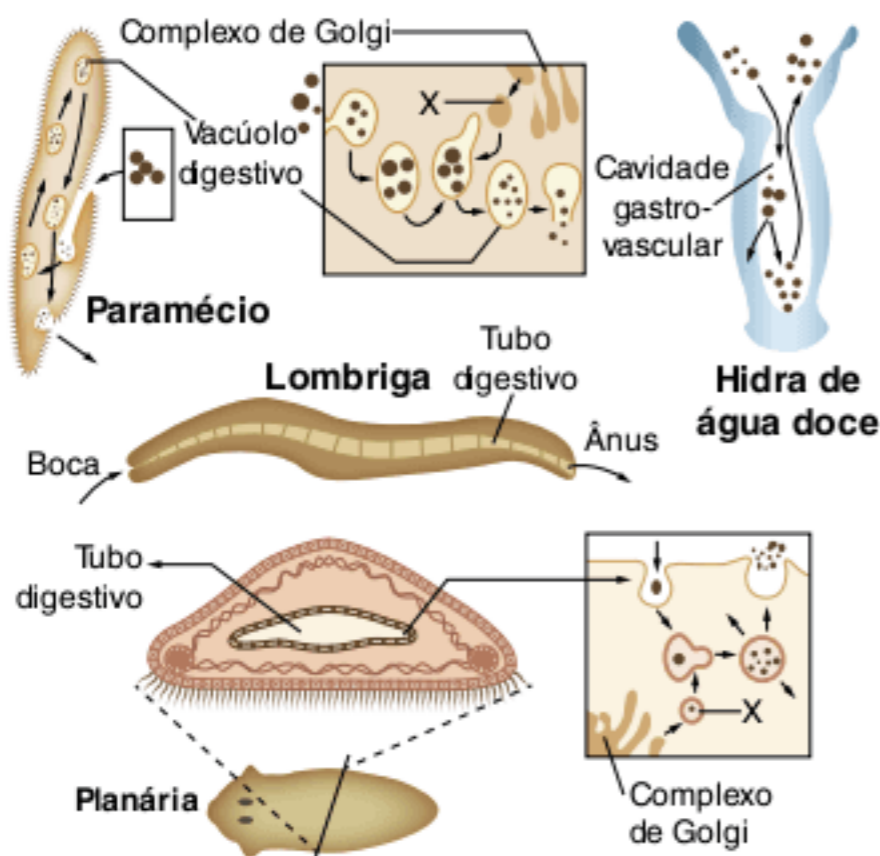
**6 Puccamp 1997** Observe a figura a seguir.



Nela estão representadas células características do sistema excretor dos:

- (a) insetos.
- (b) anelídeos.
- (c) moluscos.
- (d) nematelmintos.
- (e) platelmintos.

**7 Unirio 2000** Todas as células necessitam de alimentos, que utilizam, em parte, para obter energia e, em parte, como material de construção. Para os indivíduos heterótrofos, porém, os alimentos não se encontram no ambiente numa forma que lhes permita sua utilização direta pelas células. As grandes moléculas que deles fazem parte terão de ser desdobradas em moléculas menores, e essa é a finalidade da digestão. Os esquemas a seguir representam o processo digestivo como uma necessidade comum a diferentes tipos de organismos.



Hidra de água doce: A digestão inicia-se na cavidade gastrovascular (tubo digestivo com uma só abertura) e termina em vacúolos digestivos das células que a revestem.

- a) Em qual destes seres vivos a digestão é exclusivamente intracelular?
- b) Que estrutura celular, assinalada com um "X" nos esquemas acima, participa ativamente desse processo?
- c) A evolução nos animais acabou por permitir que o movimento dos alimentos se fizesse num só sentido e, conseqüentemente, que as suas transformações se sucedessem em cadeia, o que tornou a digestão mais fácil e eficiente. Em qual dos seres vivos representados nos esquemas ocorre esse processo digestivo?

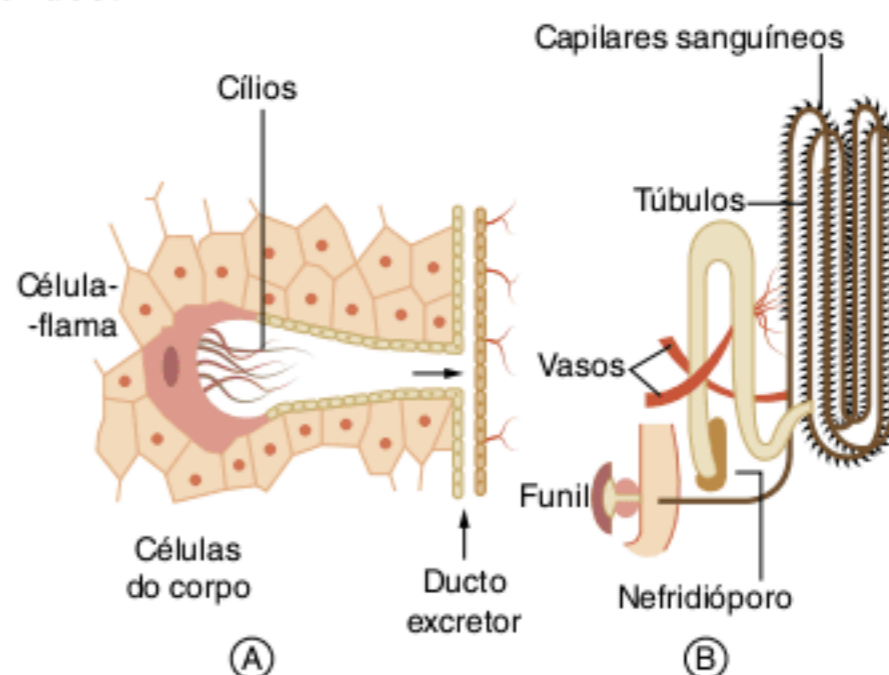
**8 UEL 2005** Nematódeos são animais vermiformes de vida livre ou parasitária, encontrados em plantas e animais, inclusive no homem. Sobre as características presentes em nematódeos, considere as afirmativas a seguir.

- I. Corpo não segmentado coberto por cutícula.
- II. Trato digestório completo.
- III. Órgãos especializados para circulação.
- IV. Pseudoceloma.

Estão corretas apenas as afirmativas:

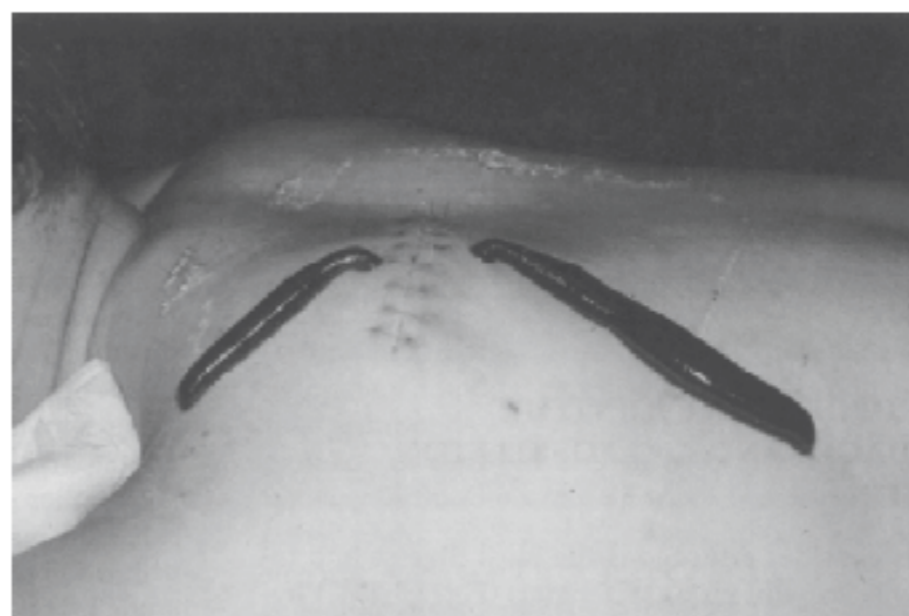
- (a) I e III.
- (b) I e IV.
- (c) II e III.
- (d) I, II e IV.
- (e) II, III e IV.

**9 Uerj 1999** Observe os esquemas a seguir, em que A representa a célula-flama de um platelminto, e B o nefrídio de um anelídeo.



- a) Explique a função da célula-flama e descreva o papel desempenhado por seus cílios.
- b) Cite uma vantagem da disposição contorcida do túbulo dos nefrídios e explique a importância da rica rede de capilares sanguíneos ao redor do túbulo.

**10 UFMG 2003** Observe esta figura.



Na prática médica, a utilização de sanguessugas como agentes indutores de sangramento remonta ao ano 180 a.C. Atualmente, as sanguessugas têm sido usadas na prevenção de necrose tecidual, após cirurgias reparadoras. Considerando-se essa situação, é correto supor que o uso de sanguessugas se deve à:



- (a) redução da oxigenação dos tecidos lesados.
- (b) estimulação da atividade da trombina.
- (c) ação anestésica, visando a redução da dor.
- (d) prevenção da coagulação sanguínea.

**11 Unesp 1991** Ausência de órgão respiratório, epiderme delgada, úmida e densamente vascularizada para facilitar as trocas gasosas são características de:

- (a) caracol.
- (b) hidra.
- (c) inseto.
- (d) minhoca.
- (e) ouriço-do-mar.

**12 Unicamp 1993** O zumbido do voo de um pernilongo é produzido pelo movimento de suas asas. Essa intensa atividade muscular, requerendo alto consumo de oxigênio, é compatível com o tipo de sistema circulatório dos insetos? Explique.

**13 Ufes 2000** Em relação aos animais, é correto afirmar que:

- (a) o sistema circulatório aberto permite o desenvolvimento de órgãos maiores, conseqüentemente um aumento do corpo animal.
- (b) os artrópodes foram os primeiros animais a apresentar sistema circulatório.
- (c) quanto mais ativo for o animal, tanto mais rápido deve ser o fornecimento de oxigênio pelo sangue aos seus tecidos.
- (d) em animais de pequeno porte, o sangue circula sob pressão relativamente alta.
- (e) a complexidade da estrutura e da fisiologia do sistema circulatório dos animais é inversamente proporcional às suas taxas metabólicas.

**14 Ufes 1999** As estrelas-do-mar são animais bentônicos, carnívoros, que se alimentam de presas muitas vezes maiores que a própria boca, como, por exemplo, mexilhões. Considerando o exemplo citado, descreva o mecanismo de tomada de alimento que ocorre nas estrelas-do-mar.

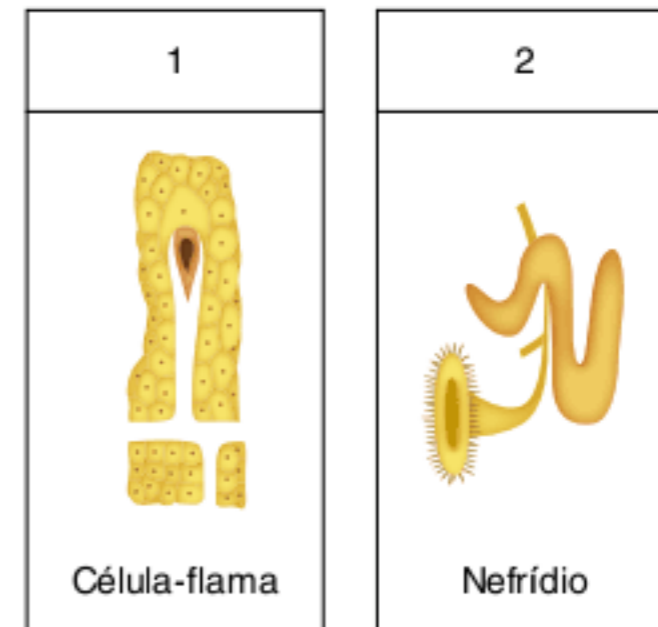
**15 Unicamp 2000 (Adapt.)** Numa excursão à praia foram coletados alguns organismos que foram colocados em sacos plásticos e identificados como: esponjas, cracas, algas macroscópicas, gastrópodes, mexilhões (bivalvos), ouriços-do-mar, caranguejos e estrelas-do-mar.

- a) Organize os animais coletados por filos.
- b) Além dessa organização por filo, os animais podem ser classificados pela mobilidade (os fixos e os que se deslocam) ou pelo seu principal modo de obter o alimento (filtradores, predadores e herbívoros). Organize-os segundo a mobilidade e depois segundo o modo de obter alimentação.

**16 Unicamp 2003** Os invertebrados, como, por exemplo, borboletas, planárias, esponjas, minhocas, baratas, hidras e estrelas-do-mar, podem ser agrupados de acordo com características relativas à excreção.

- a) Dentre os animais citados, quais não apresentam estruturas especializadas para a excreção? Explique como é realizada a excreção nestes casos.
- b) Os Túbulos de Malpighi têm função excretora. Indique em quais dos animais citados eles ocorrem e explique o mecanismo de excreção nestes animais.

**17 Mackenzie 1997** Observe os seguintes esquemas que representam estruturas excretoras.



Assinale a alternativa correta.

- (a) A estrutura 1 retira excretas do celoma do animal.
- (b) A estrutura 2 é encontrada em animais como as tênias.
- (c) A estrutura 2 pode retirar excretas tanto do celoma quanto do sangue.
- (d) A estrutura 1 pode ser encontrada em águas-vivas.
- (e) As estruturas 1 e 2 são encontradas em artrópodos.

**18 UFLA 1997** A estrutura excretora encontrada em anelídeos, platelmintos, anfíbios, crustáceos e aracnídeos é, respectivamente:

- (a) nefrídio, células-flama, rim, glândula verde, túbulos de Malpighi.
- (b) células-flama, nefrídio, rim, túbulos de Malpighi, glândula verde.
- (c) glândula verde, nefrídio, rim, células-flama, túbulos de Malpighi.
- (d) nefrídio, rim, glândula verde, túbulos de Malpighi, células-flama.
- (e) túbulos de Malpighi, glândula verde, nefrídio, células-flama, rim.



# Verminoses

As verminoses atingem milhões de pessoas no Brasil e promovem um sério risco à saúde, afetando as condições socioeconômicas desses brasileiros. O personagem Jeca Tatu, portador de amarelão, foi criado por Monteiro Lobato, em 1918, e é bastante representativo da situação dos indivíduos afetados por essa enfermidade.

– Jeca, porque não trabalhas ?

*Pergunta Monteiro Lobato, o autor de Urupês, a Jéca Tatú*

Não é preguiça “seu” Lobato. É uma dôr na cacunda, palpitação, uma canceira que não acaba nunca!..  
– Sim, eu sei, Jéca Tatú amigo. Soffres de AMARELLÃO (ou opilação). Tens no sangue e nas tripas um jardim zoológico da peor especie. É essa bicharia que te faz papudo, feio, molengo e inerte. Só tens um remedio, o verdadeiro específico do amarellão:

**ANKILOSTOMINA  
FONTOURA**





## Verminoses: aspectos gerais

No primeiro volume desta coleção, foram estudadas as protozooses, doenças causadas por protozoários. Neste capítulo, serão estudadas as verminoses ou helmintíases, causadas por dois grupos de animais: platelmintos (como a esquistossomose e a teníase) e nematelmintos (como o amarelão e a ascaridíase).

## Verminoses causadas por platelmintos

### Teníase Parasita

Os agentes etiológicos são **tênias** ou **solitárias**. A *Taenia solium* e a *Taenia saginata* são duas espécies de platelmintos cestódeos, **hermafroditas** e desprovidos de sistema digestório. O corpo desses animais é dividido em três partes: escólex, colo e estróbilo.

O **escólex** corresponde à cabeça, com aproximadamente um milímetro; tem quatro **ventosas** que permitem ao verme se fixar na parede do intestino humano, onde o parasita se desenvolve.

*Taenia solium* também apresenta na extremidade do escólex duas fileiras de **ganchos**, que são empregados na fixação do parasita ao intestino (Fig. 1).

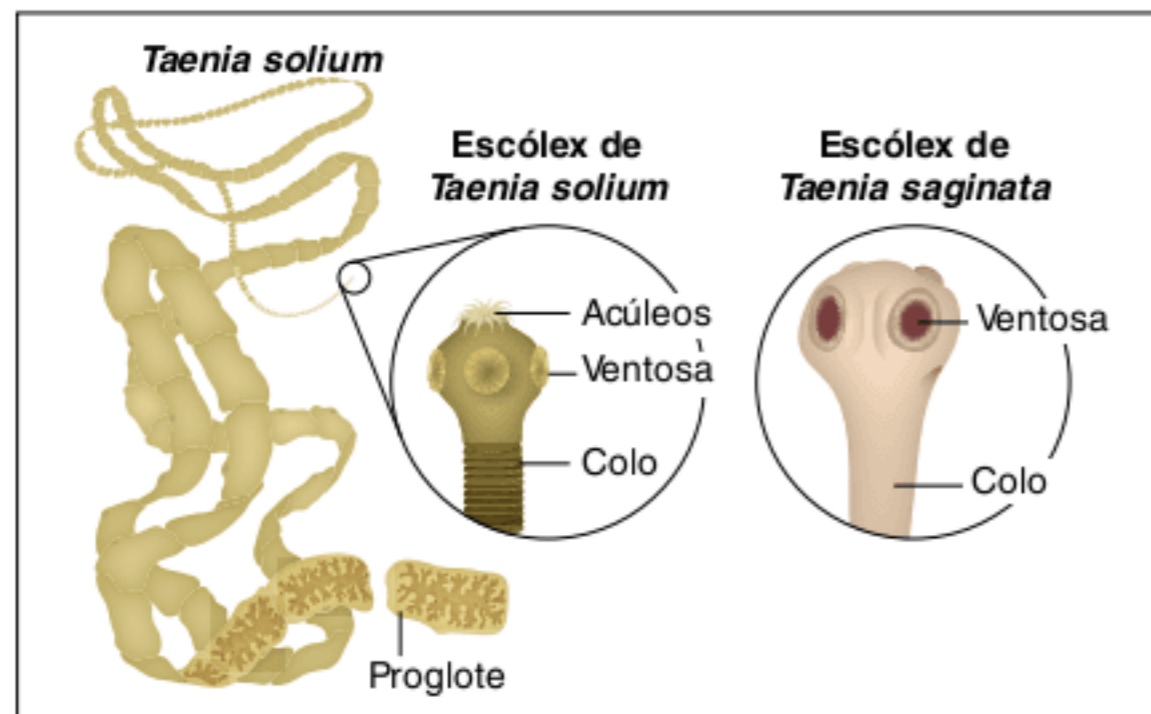


Fig. 1 Aspecto geral do organismo de *Taenia solium*, com detalhe de sua cabeça (escólex), dotada de ventosas e acúleos. À direita, escólex de *Taenia saginata*.

O **colo** corresponde à parte ligada ao escólex, que gera o estróbilo, constituído pelas **proglotes** (anéis). O formato do **estróbilo** é de uma longa fita, com cerca de dois metros de comprimento.

Cada proglote tem testículos e ovários. Ocorre **autofecundação**, gerando milhares de ovos em cada proglote. Na parte final do estróbilo, encontram-se as proglotes contendo ovos dotados de um embrião **hexacanto** (com seis ganchos), protegido por um envoltório.

### Ser humano

O homem é o hospedeiro **definitivo** da tênia e pode apresentar mais de um desses parasitas.

A tênia adulta retira nutrientes do **intestino** humano. Podem ocorrer hemorragias intestinais no processo de fixação do parasita. O hospedeiro pode ter aumento de apetite, dores abdominais e perda de peso.

### Transmissão

O parasita sai do ser humano pelas fezes, na forma de ovos embrionados. Esses ovos podem contaminar o alimento de bois ou porcos. No intestino do animal ocorre a liberação do embrião, que atravessa a parede intestinal e passa para o sangue. O embrião alcança tecidos variados (cérebro, músculos, olhos) e neles transforma-se na larva cisticerco.

Boi e porco são os hospedeiros **intermediários** da tênia. O ser humano pode adquirir o parasita comendo carne de porco ou de boi, crua ou mal cozida, contendo a larva cisticerco. A larva cisticerco tem um escólex e um colo, imersos em um líquido; todos esses componentes são envolvidos por uma vesícula protetora. Depois que o cisticerco passa pelo estômago do homem, o colo e o escólex evertem. O escólex fixa-se à parede intestinal e o parasita inicia seu crescimento (Fig. 2).

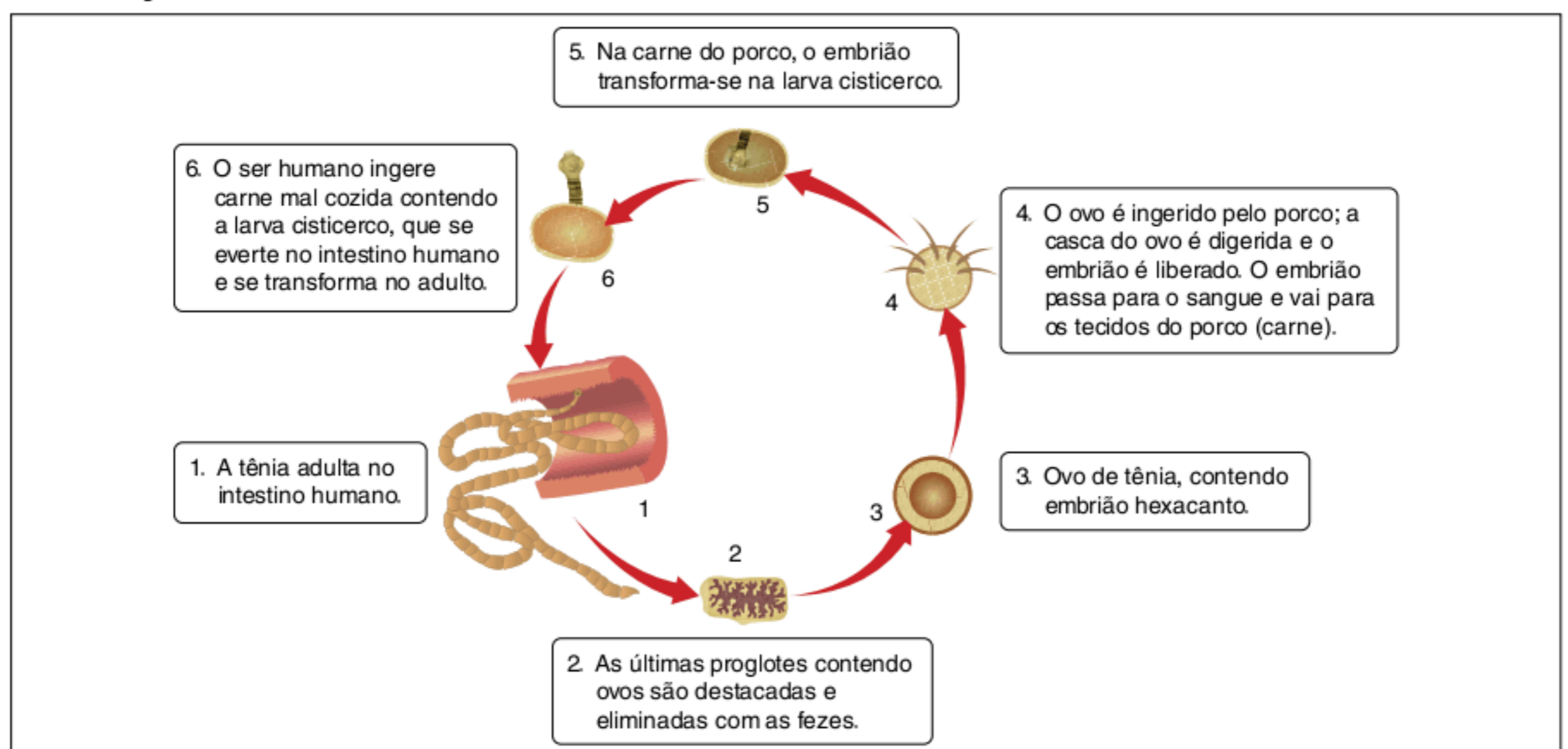


Fig. 2 Ciclo de vida de *Taenia solium*.



## Profilaxia

As principais medidas profiláticas são: o tratamento do doente, o saneamento básico, a seleção de alimentos destinados a bois e porcos, a inspeção da carne (para detectar a presença de cisticercos) e o cozimento adequado de carne (que mata eventuais cisticercos presentes).

## Gsticercose humana

### Parasita

O agente etiológico é o **cisticercos** de *Taenia solium*, também denominado *Cysticercus cellulosae*.

### Ser humano

O homem é o hospedeiro **intermediário**, uma vez que abriga a larva da tênia de porco. As estruturas afetadas pelo parasita são **músculos**, **olhos** (podendo ocorrer **distúrbios** de visão e até cegueira) e **encéfalo** (neurocisticercose).

A transmissão é feita com a ingestão de alimentos ou água contaminados por ovos de tênia suína; pode ocorrer **autoinfestação**, quando o portador de teníase contamina suas mãos na região anal e posteriormente leva as mãos à boca sem lavá-las. A profilaxia envolve principalmente a higiene pessoal e o cuidado com a ingestão de água e de alimentos, como frutas e verduras.

## Esquistossomose

É uma verminose também conhecida como **xistose** ou **barriga-d'água**.

### Parasita

É o trematódeo *Schistosoma mansoni* ou **esquistossomo**, com cerca de 1 cm, dotado de duas ventosas, uma junto à boca e outra em posição lateral. É **dioico**, com **dimorfismo sexual**: o macho é mais curto e mais largo do que a fêmea e apresenta uma fenda onde a fêmea fica alojada. A **fecundação é interna** e a fêmea elimina centenas de ovos por dia (Fig. 3).



Fig. 3 Aspecto do casal de *Schistosoma mansoni*.

### Ser humano

É o hospedeiro **definitivo**. Os vermes adultos alojam-se principalmente no **fígado**; ocupam também **vasos sanguíneos** situados entre o intestino e o fígado. O hospedeiro sofre vários transtornos, como lesões do fígado, com comprometimento da função hepática. Ocorrem também distúrbios circulatórios, uma vez que os vermes dificultam o fluxo sanguíneo do intestino ao

fígado; isso pode provocar perda de líquido do sangue para a cavidade abdominal. O acúmulo de líquido na cavidade abdominal constitui a **barriga-d'água (ascite)** e dificulta a realização de movimentos respiratórios.

Os vermes deslocam-se no interior de vasos até a parede do intestino; a fêmea deposita centenas de ovos na cavidade intestinal, que são liberados com as fezes. A passagem dos ovos para a cavidade intestinal pode provocar hemorragias.

## Transmissão

Um ser humano com esquistossomose elimina ovos do parasita pelas fezes, as quais podem contaminar lagoas ou rios. O ovo do esquistossomo apresenta um envoltório dotado de um **espículo lateral** (Fig. 4); em seu interior forma-se uma larva ciliada, o **miracídio**. Com a ruptura do ovo na água, o miracídio é liberado e nada em busca do hospedeiro intermediário, um caramujo planorbídeo pulmonado; no Brasil, há representantes do gênero *Biomphalaria*. No interior do caramujo, o miracídio atua como um parasita e se multiplica; gera a larva **esporocisto**, em cujo interior são produzidas milhares de larvas **cercárias**, as quais deixam o corpo do caramujo e passam para a água do ambiente (Fig. 5).



Fig. 4 Ovo de *Schistosoma mansoni*.

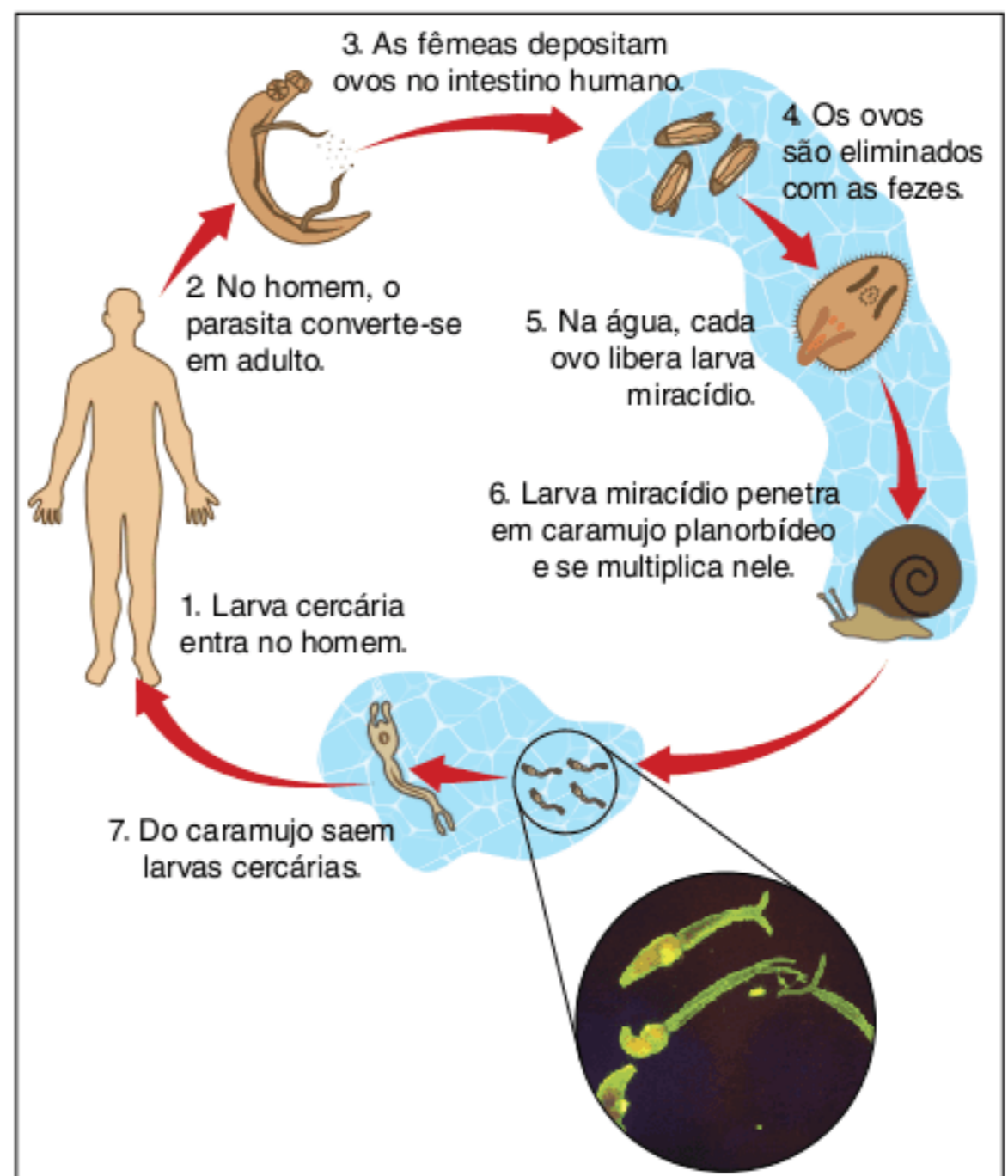


Fig. 5 Ciclo de vida de *Schistosoma mansoni* e aspecto da larva cercária.



A larva cercária apresenta cerca de 0,5 mm de comprimento e tem cauda bifurcada. A cercária nada e pode entrar em um ser humano através da pele ou mucosa da boca, caso a água seja ingerida. A penetração da larva provoca uma irritação da pele; as lagoas em que isso acontece (por conta da presença de caramujos e cercárias) são denominadas **lagoas de coceira**.

As cercárias atingem a corrente sanguínea e alcançam o fígado, onde se convertem em adultos.

### Profilaxia

As principais medidas profiláticas incluem o tratamento dos doentes, o saneamento básico e o combate aos caramujos planorbídeos. Deve-se evitar entrar em rios ou lagoas que apresentem caramujos planorbídeos. A água consumida deve ser fervida ou filtrada.

### Outros parasitas do grupo dos platelmintos

- *Echinococcus granulosus*: também conhecido como **cisto hidático**. O parasita chega a ter mais de 10 centímetros, apresenta envoltórios e líquido em seu interior; na parte interna do envoltório, ocorre a formação de inúmeros escólexes (Fig. 6). Causa uma parasitose conhecida como **hidatose**. O ser humano é o hospedeiro **intermediário**, pois apresenta a larva do parasita. Os órgãos atingidos são **fígado, pulmões e cérebro**. É mais frequente nos estados do sul do Brasil.

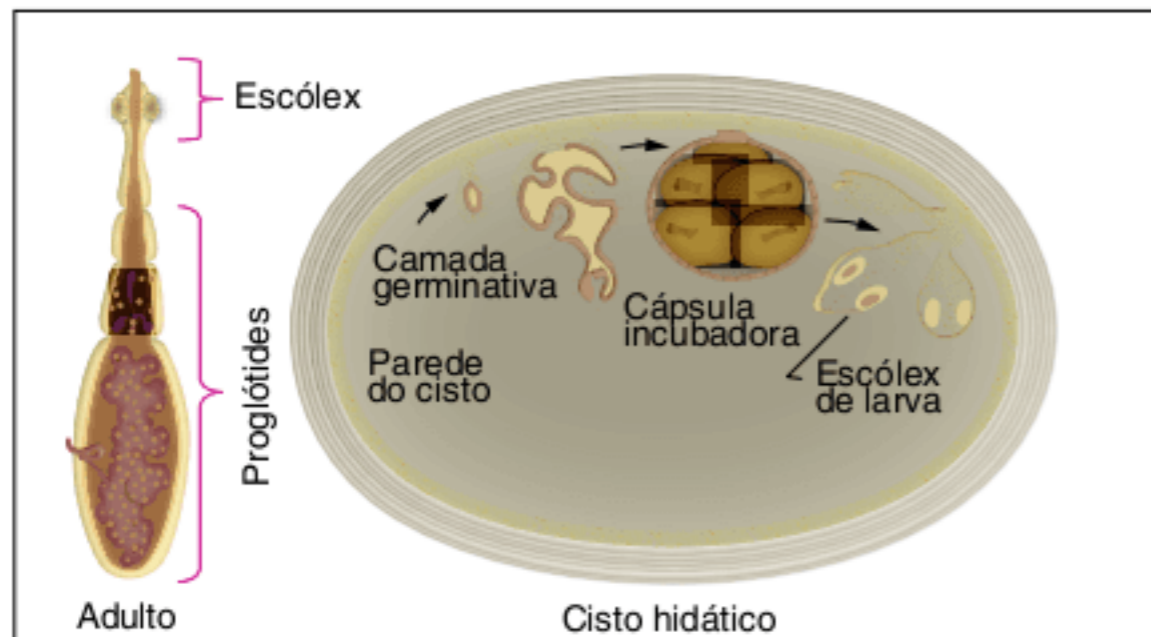


Fig. 6 *Echinococcus granulosus*. À esquerda está representado o indivíduo adulto; e à direita, o cisto hidático.

A transmissão ocorre por meio de uma tênia adulta de 5 mm de comprimento, habitante do intestino de cães. Apresenta **escólex** (com ventosas e acúleos), colo e cerca de 4 proglotes. É **monoica** e gera ovos com embrião **hexacanto**. Os ovos são liberados nas fezes do cão e podem ser ingeridos por hospedeiros intermediários: seres humanos (o pelo de cães pode ter muitos ovos) ou por ovelhas. O embrião passa do intestino para o sangue e depois se instala em tecidos, principalmente no **fígado**, desenvolvendo-se no cisto hidático.

A profilaxia envolve a separação de cães e ovelhas, impedir que cães se alimentem de vísceras de ovelhas, inspeção de ovelhas abatidas e a eliminação ou tratamento de cães afetados.

- *Fasciola hepatica*: trematódeo com aproximadamente 3 cm de comprimento; aloja-se principalmente no **fígado** de ovelhas e, eventualmente, de seres humanos. O ciclo envolve o caramujo do gênero *Lymnaea*.

- *Hymenolepis nana*: cestódeo com cerca de 3 a 5 cm; é parasita do **intestino delgado** humano. A transmissão geralmente se dá pela ingestão de ovos presentes no ambiente. Um portador do parasita elimina fezes que contêm ovos do verme; esses ovos contaminam o ambiente e podem ser ingeridos por outra pessoa. Há casos em que larvas de pulga ingerem ovos, que se convertem em pequenas larvas cisticercos. A pulga adulta pode ser ingerida por uma criança; a cisticercos desenvolve-se em verme adulto no intestino da criança.
- *Diphyllobothrium latum*: cestódeo com até 10 metros de comprimento; é parasita do **intestino delgado** humano. A transmissão é feita com ingestão de **peixe cru**, contendo a larva do parasita.

## Parasitoses causadas por nematelmintos

### Ascaridíase

É uma verminose também conhecida como **ascariose**, provocada pela lombriga, que afeta principalmente o intestino delgado e os pulmões.

### Parasita

O agente etiológico é a lombriga, *Ascaris lumbricoides*. Esse nematelminto é cilíndrico, tem o corpo revestido por uma **cutícula** e apresenta três lábios. É um verme **dioico** e que apresenta **dimorfismo sexual**: a extremidade do macho é encurvada e tem espículas penianas, que são introduzidas na vagina da fêmea durante o acasalamento; o macho é menor (entre 20 e 30 cm) do que a fêmea (30 a 40 cm). Sua **fecundação é interna** e a fêmea pode liberar milhares de ovos por dia (Fig. 7).



Fig. 7 Macho e fêmea de *Ascaris Lumbricoides*.

### Ser humano

O homem é o único hospedeiro da lombriga, um parasita **monoxênico**. Os vermes adultos normalmente alojam-se no **intestino delgado** e podem se prender à parede intestinal com seus lábios. A presença desses parasitas provoca graves problemas nutricionais, pois eles retiram nutrientes da cavidade



intestinal. Dores abdominais são frequentes, por conta da irritação que ocorre na parede intestinal. Pode haver um grande número de vermes no intestino, provocando sua obstrução. Algumas vezes, os parasitas migram para outros locais, como o ceco intestinal (provocando **apendicite**) e o canal pancreático (desencadeando **pancreatite**).

Os vermes adultos são oriundos de ovos que o ser humano ingeriu. Cada ovo tem uma casca que envolve uma larva, e as larvas de lombriga passam por vários estágios ao longo do seu desenvolvimento. O ovo passa sucessivamente pelo esôfago e pelo estômago; no intestino a larva é liberada e atravessa a parede intestinal, entrando na circulação sanguínea. Ela é então transportada para o coração e depois é conduzida aos pulmões, onde permanece durante alguns dias, sofrendo modificações. Durante sua permanência nos pulmões, a larva desencadeia problemas como tosse e pode haver complicações secundárias, como **pneumonia** e **bronquite**. O catarro expelido com a tosse pode conter várias larvas.

Posteriormente, a larva passa pelos brônquios, traqueia e laringe; então é deglutida e passa para o esôfago. Não é rara a eliminação dessas larvas com a expectoração. A larva alcança o intestino e transforma-se em um verme adulto (Fig. 8).

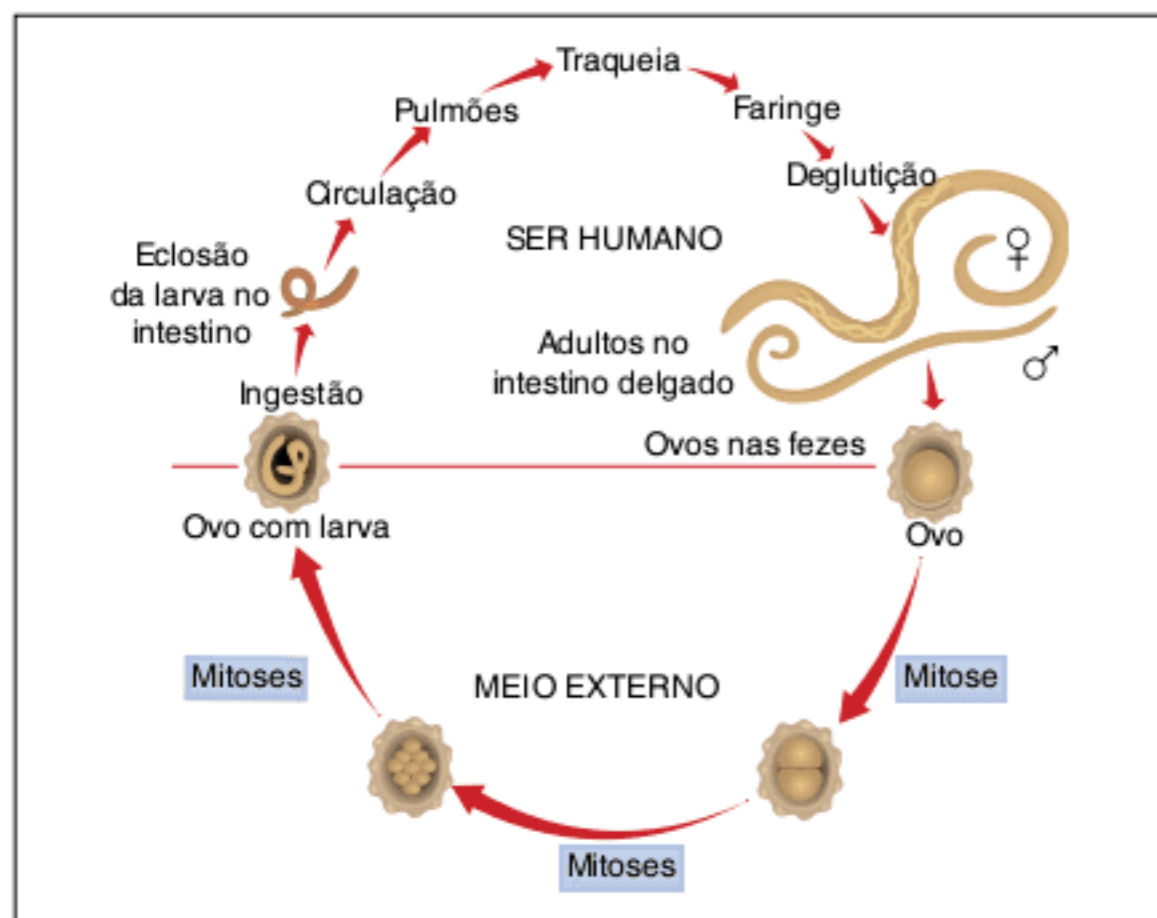


Fig. 8 Ciclo de vida da *Ascaris lumbricoides*.

## Transmissão

A fêmea libera ovos na cavidade intestinal humana. Assim, os ovos da lombriga são eliminados pelas fezes humanas. Os ovos eliminados podem contaminar o ambiente, como o solo e a água. A água contaminada pode ser usada na irrigação de verduras, constituindo outra via de contaminação. Insetos podem espalhar ovos de lombriga.

A transmissão é feita com a ingestão de ovos presentes na água, verduras mal lavadas e mãos sem a higienização adequada. Trata-se de uma **infestação passiva**, sem que o parasita atravesse ativamente uma barreira do hospedeiro, como pele ou mucosa. A larva cercária do esquistossomo apresenta penetração ativa.

## Profilaxia

As principais medidas profiláticas envolvem o tratamento do paciente, o saneamento básico e higiene pessoal. A água para consumo deve ser fervida ou filtrada e as frutas e verduras devem ser bem lavadas.

## Ancilostomose

É uma verminose também conhecida como **ancilostomíase**, **opilião**, **mal da terra** ou **amarelão**; corresponde à famosa doença do Jeca Tatu, personagem criado por Monteiro Lobato.

## Parasita

Há duas espécies causadoras de amarelão: *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus*. Esses parasitas são **monoxênicos** e vivem, na fase adulta, no intestino delgado do homem; têm cerca de 1 cm e se prendem à parede intestinal, de onde retiram sangue (são parasitas **hematófagos**). A boca desses vermes tem **dentes** (*Ancylostoma duodenale*) ou **placas cortantes** (*Necator americanus*), empregadas para fixação à parede intestinal e para promover a retirada de sangue (Fig. 9). São vermes **dioicos**, com o macho menor do que a fêmea; têm **fecundação interna**.

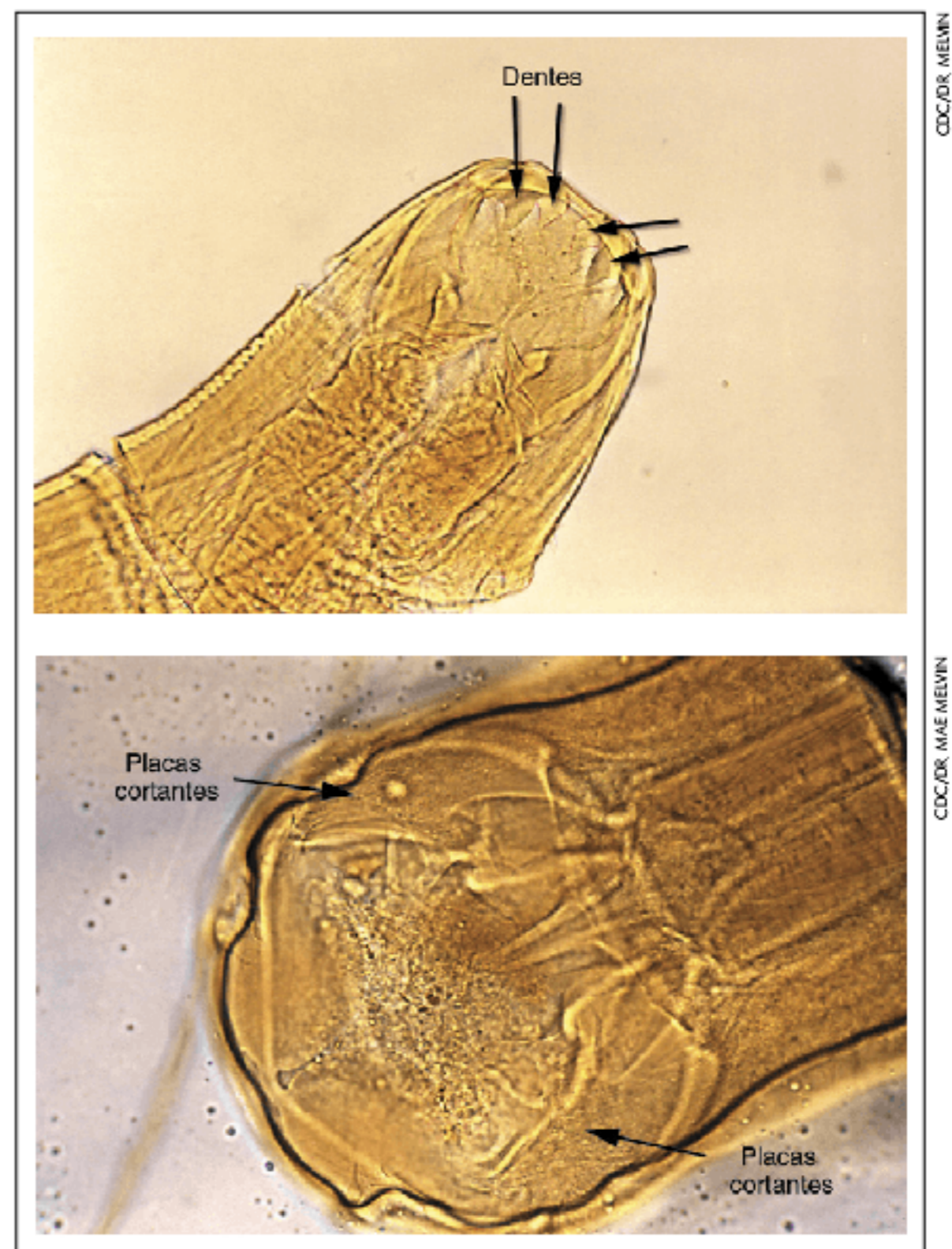


Fig. 9 Aspecto da boca de *Ancylostoma duodenale* (imagem superior) e de *Necator americanus* (imagem inferior).



## Ser humano

Os parasitas adultos retiram sangue da **parede intestinal**. Dependendo da quantidade de parasitas, a perda de sangue pode ser expressiva, levando a um quadro de **anemia**. A deficiência de hemácias (glóbulos vermelhos) na circulação prejudica o transporte de gás oxigênio para os tecidos. Isso provoca no indivíduo grande enfraquecimento, reduzindo sua capacidade de trabalho e aprendizado. O aspecto empalidecido de doentes é a razão da denominação popular da enfermidade (“amarelão”). O indivíduo pode ter dores abdominais, náuseas, vômito e diminuição de apetite. Em casos extremos, pode ocorrer intensa hemorragia e necrose de tecido intestinal, levando o indivíduo à morte.

Os vermes adultos são provenientes de larvas que penetraram no ser humano através da pele ou mucosas. A larva atinge vasos sanguíneos ou linfáticos e alcança o coração, chegando, posteriormente, aos pulmões, onde permanece alguns dias e prossegue em suas modificações. Dos pulmões, a larva sobe através dos brônquios, traqueia e laringe, sendo depois deglutida. Assim, a larva passa para o tubo digestório e chega ao intestino delgado, onde se converte em adulto. Em sua permanência na área pulmonar, a larva causa pequenas lesões, tosse e febre (Fig. 10).

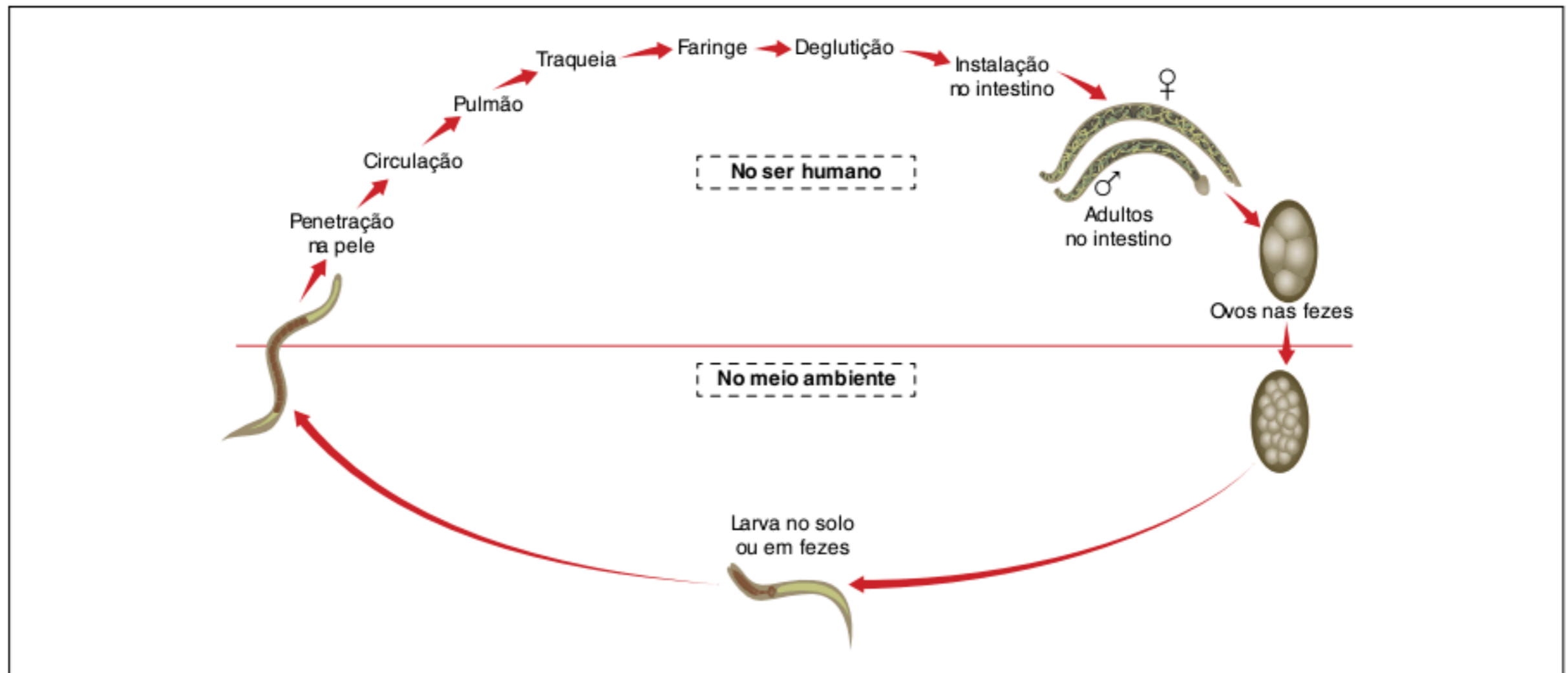


Fig. 10 Ciclo de vida do ancilóstomo.

## Transmissão

A fêmea pode eliminar centenas de ovos por dia no interior do intestino humano. Assim, o parasita deixa o corpo do hospedeiro com a eliminação de fezes. Caso as fezes sejam inadequadamente eliminadas sobre o solo, os ovos liberam uma larva de seu interior. Essa larva alimenta-se de matéria orgânica do solo e passa por diversos estágios. Posteriormente, uma larva madura pode penetrar na pele de uma pessoa, principalmente se o indivíduo estiver descalço. Trata-se de uma infestação ativa.

## Profilaxia

Uma das principais medidas profiláticas é o tratamento do paciente, que deve receber medicamentos para a eliminação dos parasitas e ter a reposição dos nutrientes que perdeu, como proteínas e ferro (componente da hemoglobina dos glóbulos vermelhos). Outros aspectos são o saneamento básico e o uso de calçados.

## Filariase

É uma enfermidade também conhecida como **filariose** ou **elefantíase**. Uma das características mais notáveis da doença é o aumento de volume de alguns órgãos do corpo, como as pernas; daí a designação de elefantíase.

## Parasita

O agente etiológico da filariase é o nematelminto *Wuchereria bancrofti*. É um verme **dioico**, com **fecundação interna** e **dimorfismo sexual**, pois o macho é bem menor que a fêmea. Os adultos são as **filárias**, e ocupam o interior de vasos linfáticos; o macho tem até 4 cm e a fêmea chega a apresentar 10 cm de comprimento, sendo ambos bastante delgados.

## Ser humano

É o hospedeiro **definitivo**. Abriga os adultos, as filárias, que ficam em **vasos linfáticos**. Esses vasos transportam linfa, um líquido de composição similar à do fluido intersticial e que nele se origina. A linfa é conduzida a vasos sanguíneos situados nas proximidades do coração; na fisiologia humana, serão discutidos os detalhes acerca da linfa e dos vasos linfáticos (Fig. 11).



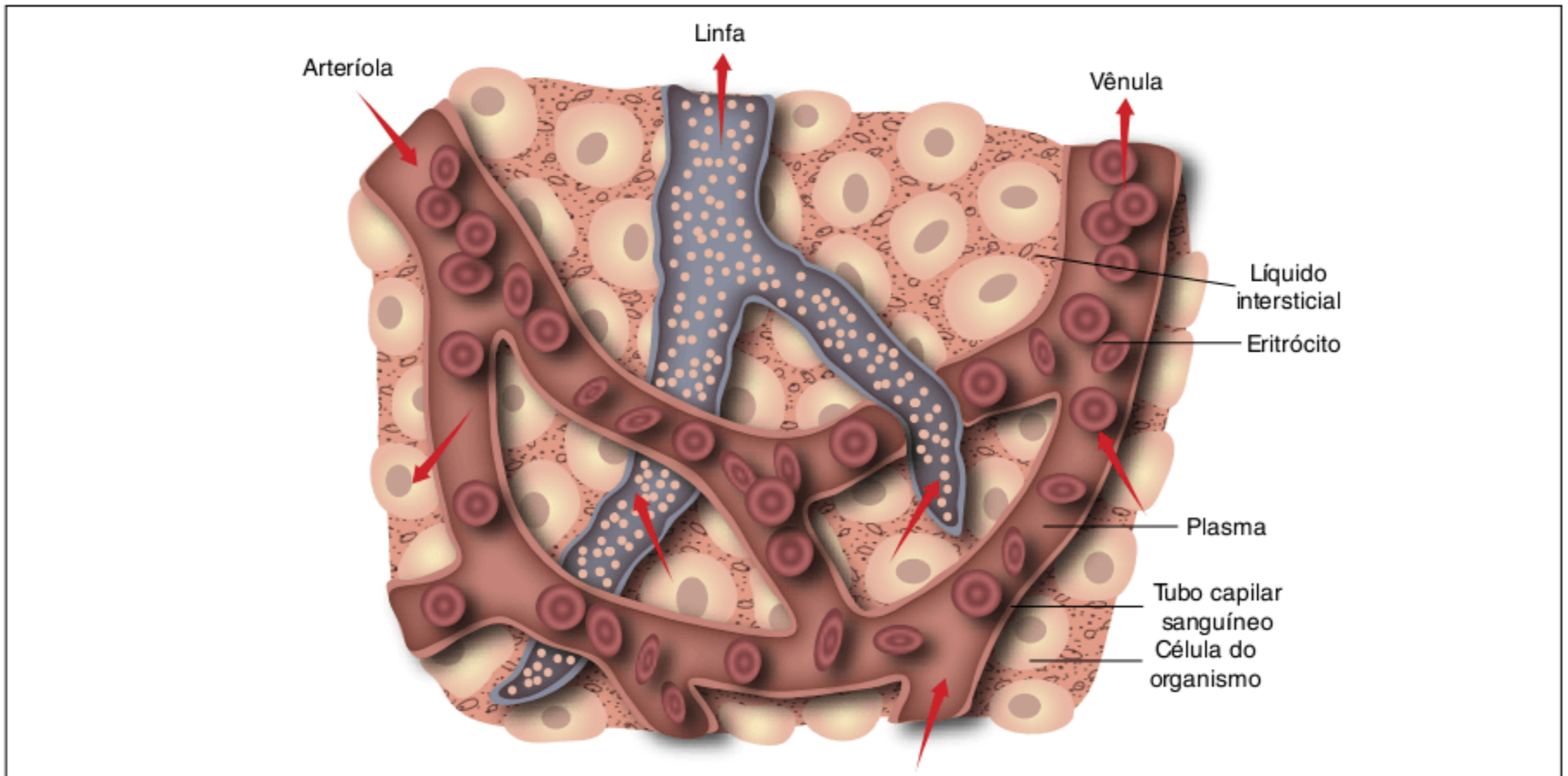


Fig. 11 Origem da linfa, que circula em vasos linfáticos; uma das estruturas atingidas pelas filárias.

Os parasitas obstruem vasos linfáticos de mamas, bolsa escrotal e membros; isso provoca retenção de linfa e a dilatação dos vasos linfáticos, o que pode causar ruptura nesses vasos e o extravasamento de linfa para os tecidos (como nas pernas), na cavidade abdominal e na cavidade escrotal; isso gera o aumento de volume dessas estruturas, caracterizando a elefantíase.

Os adultos se acasalam e com a fecundação são gerados ovos que se desenvolvem em larvas, as **microfilárias**; seu tamanho é de cerca de 250 micrometros ( $\frac{1}{4}$  de milímetro). As microfilárias migram dos vasos linfáticos para os vasos sanguíneos, onde passam a viver.

## Transmissão

Microfilárias situadas em vasos sanguíneos próximos da pele podem ser sugadas pelas fêmeas de mosquitos do gênero *Culex*, que se alimentam de sangue e têm hábito noturno. O mosquito é o hospedeiro intermediário. Em algumas partes do mundo, como no sudeste da Ásia, o mosquito é do gênero *Anopheles*.

As microfilárias passam do tubo digestório do inseto para sua musculatura e prosseguem seu desenvolvimento, convertendo-se em larvas que podem ser transmitidas a outros seres humanos. Assim, a transmissão é feita por meio da picada do mosquito *Culex* sp. (Fig. 12).

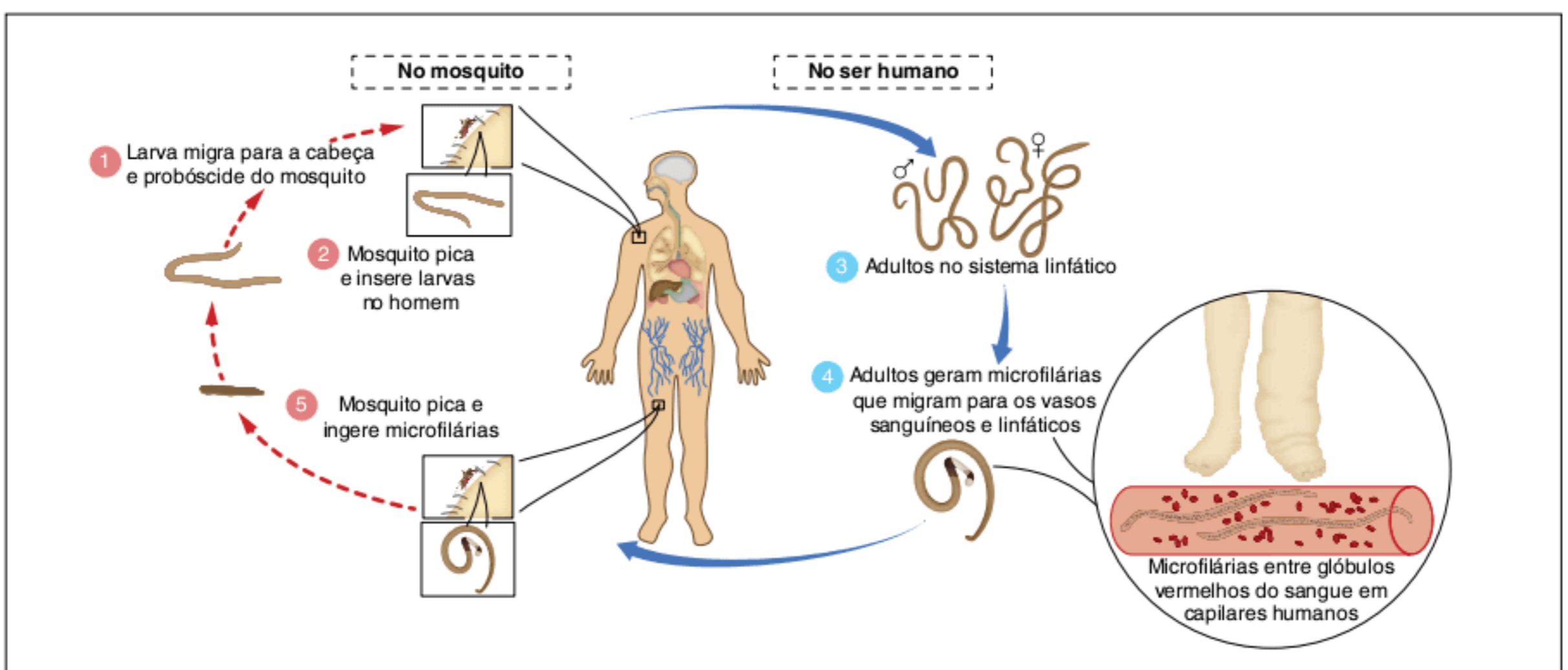


Fig. 12 Ciclo de vida da *Wuchereria bancrofti*.



## Profilaxia

A principal medida profilática é o combate ao mosquito transmissor; de qualquer forma, deve-se evitar a picada, com o uso de repelentes e de telas de proteção colocadas acima de camas (o mosquito é bastante ativo à noite). Além disso, é importante realizar o tratamento de pacientes com procedimentos cirúrgicos; isso melhora as condições de vida do paciente e reduz a transmissão na população.

## Outros parasitas do grupo dos nematelmintos

- *Trichinella spiralis*: verme causador da **triquinose**. Esses nematoides podem viver no intestino de porcos. O macho tem cerca de 2 mm e a fêmea chega a apresentar 4 mm, indicando **dimorfismo sexual**. Com a fecundação, são formados ovos que se convertem em larvas. As fêmeas eliminam larvas no intestino do porco que passam para o sangue através da parede intestinal; então podem alcançar tecidos (**fígado e músculos**) onde se desenvolvem em cistos, dentro dos quais a larva se enrola em espiral. O ser humano é um hospedeiro mais raro; contamina-se quando ingere carne de porco malcozida que contém cistos de triquinela. O homem pode apresentar a forma de cistos no fígado e em músculos. A infestação costuma ser grave e pode levar à morte. A profilaxia é feita com

a inspeção da carne de porco e evitando comer carne de porco crua ou mal cozida.

- *Enterobius vermicularis*: causador da **oxiurose**, é um verme **dioico**; o macho tem cerca de 5 mm e a fêmea alcança 1 cm. O parasita se desenvolve no **intestino grosso** do ser humano. As fêmeas saem pelo ânus e depositam ovos, o que causa prurido na região anal. As mulheres podem apresentar fêmeas de oxiúro na vagina, no útero e na bexiga urinária. A contaminação ocorre com ingestão de ovos presentes em alimentos. Pode ocorrer **autoinfestação** quando a pessoa coça a região perianal e, posteriormente, leva a mão à boca. Como medidas profiláticas deve ser realizado o tratamento de doentes e a limpeza da roupa de cama de pacientes que apresentam o oxiúro; além de lavar as mãos.
- *Ancylostoma braziliensis*: a larva desse organismo causa o **bicho geográfico** em seres humanos. O verme adulto é parasita do **intestino** de cães e gatos. Os ovos dos parasitas são eliminados com as fezes dos cães e gatos, a larva então pode entrar na pele do ser humano e permanecer principalmente no tecido subcutâneo, causando irritação e coceira local, deixando marcas que se assemelham a um mapa, o que gera o nome da parasitose. A profilaxia envolve o tratamento de cães e gatos e evitar o contato da pele com areia ou terra onde há animais soltos.

## Revisando

- 1 Teníase é a presença de solitárias adultas no intestino humano. Cite as espécies de solitárias relacionadas ao boi e ao porco, respectivamente.

---



---



---



---



---



---



---



---

- 2 Como é a solitária adulta em relação ao sexo (monoica ou dioica)?

---



---



---



---



---



---



---



---



**3** Como um ser humano elimina os ovos de solitária para o ambiente?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**4** O boi ou o porco podem ingerir o ovo de solitária. O que se desenvolve no organismo desses animais?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**5** Como um ser humano adquire teníase?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**6** O que é cisticercose humana? Como o ser humano adquire essa doença?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**7** Qual é o agente etiológico da esquistossomose? Como é esse organismo em relação ao sexo (monoico ou dioico)?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**8** Como o ser humano elimina os ovos de esquistossomo para o ambiente?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**9** Qual é o hospedeiro intermediário do esquistossomo? Cite a larva que entra e a larva que sai desse hospedeiro.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**10** Como um ser humano adquire esquistossomose?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**11** Qual é o agente etiológico da ascaridíase? Como é esse organismo em relação ao sexo (monoico ou dioico)?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**12** Como o ser humano elimina ovos da lombriga para o ambiente?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**13** Como um ser humano adquire ascaridíase?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



14 Qual é o agente etiológico do amarelão? Como é esse organismo em relação ao sexo (monoico ou dioico)?

---

---

---

---

---

---

---

---

15 Como o ser humano elimina ovos do ancilóstomo para o ambiente?

---

---

---

---

---

---

---

---

16 Como um ser humano adquire amarelão?

---

---

---

---

---

---

---

---

## Exercícios propostos

1 **Fatec 2007** Analise a informação.

Os ovos eclodem com liberação de miracídeos, os quais penetram em gastrópodes, dos quais saem as cercárias, que, por sua vez, penetram ativamente através da pele na corrente sanguínea para provocar uma doença abdominal.

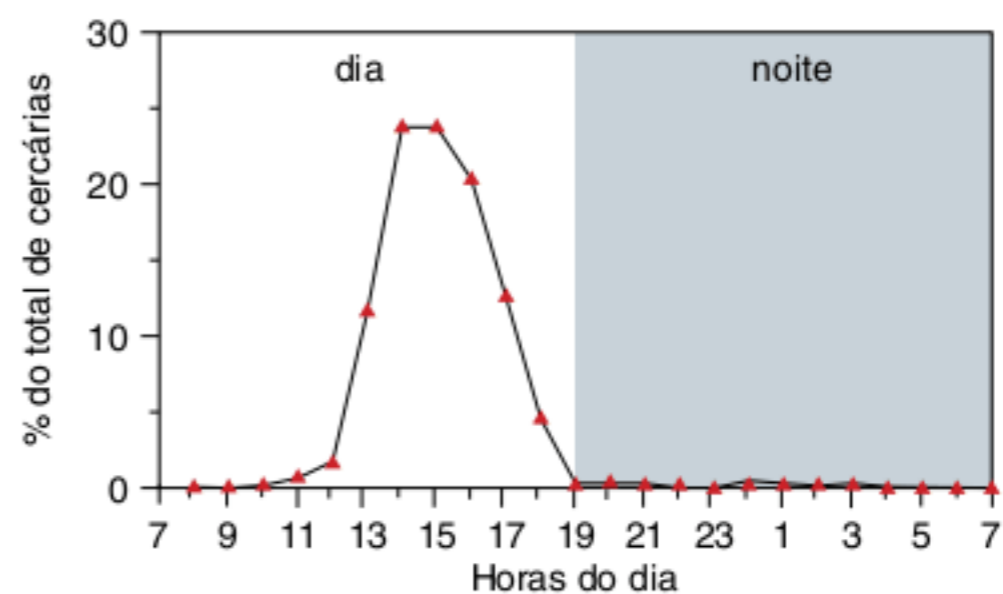
Essa informação diz respeito à:

- (a) necatoriose.
- (b) maleita.
- (c) tripanossomose americana.
- (d) leishmaniose visceral.
- (e) esquistossomose.

2 **PUC-MG 2006** O *Schistosoma mansoni* provoca no homem a esquistossomose ou barriga-d'água (ascite), muito comum no Brasil. Esse trematódeo parasita as veias do intestino, afetando também o fígado e vias urinárias. É correto afirmar sobre a esquistossomose:

- (a) O exame de fezes pode indicar a presença do parasita nos seres humanos.
- (b) O vetor da doença na transmissão humana é um invertebrado.
- (c) O cuidado com a alimentação, especialmente com verduras, evita o risco de contaminação.
- (d) A transfusão sanguínea favorece a dispersão da doença em grande escala.

3 **Ufes 2002** O gráfico a seguir representa a eliminação de cercárias de *Schistosoma mansoni* por caramujos do gênero *Biomphalaria*, durante as 24 horas do dia.



A análise do gráfico, associada aos seus conhecimentos sobre o assunto, permite concluir que:

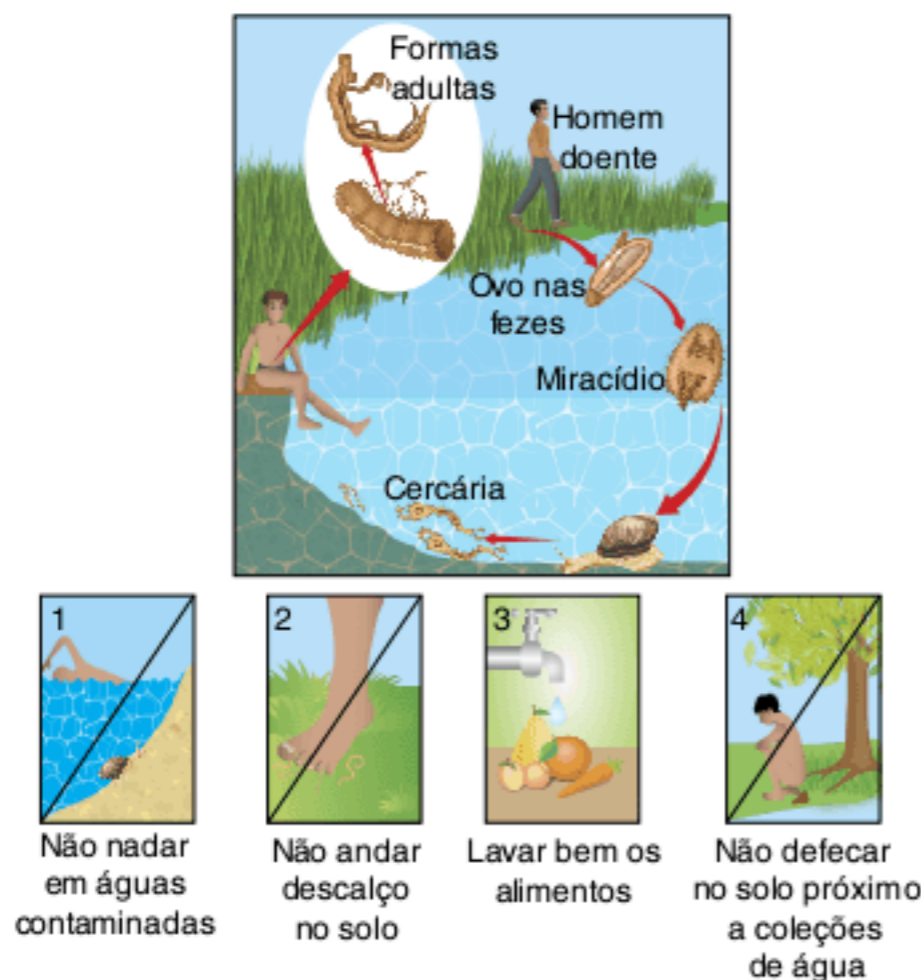
- (a) o hospedeiro intermediário terá maior chance de contaminação nas horas mais quentes do dia.
- (b) o risco de infecção é praticamente nulo à noite e nas primeiras horas do dia.
- (c) a intensidade da transmissão do parasita independe das condições sanitárias e dos níveis de poluição ambiental.
- (d) a temperatura e a luz são fatores inibidores da liberação de cercárias.
- (e) a repetição de hábitos cotidianos da população, como banhos e lavagem de roupa em águas contaminadas, não interfere na carga helmíntica.



**4 PUC-PR 2007** Uma das principais medidas de controle do *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose, é:

- (a) tratamento de cães e gatos parasitados.
- (b) campanha contra construção de casas de barro ou pau a pique.
- (c) destruição dos criadouros de larvas de mosquitos.
- (d) inspeção rigorosa da carne nos abatedouros.
- (e) eliminação dos caramujos transmissores.

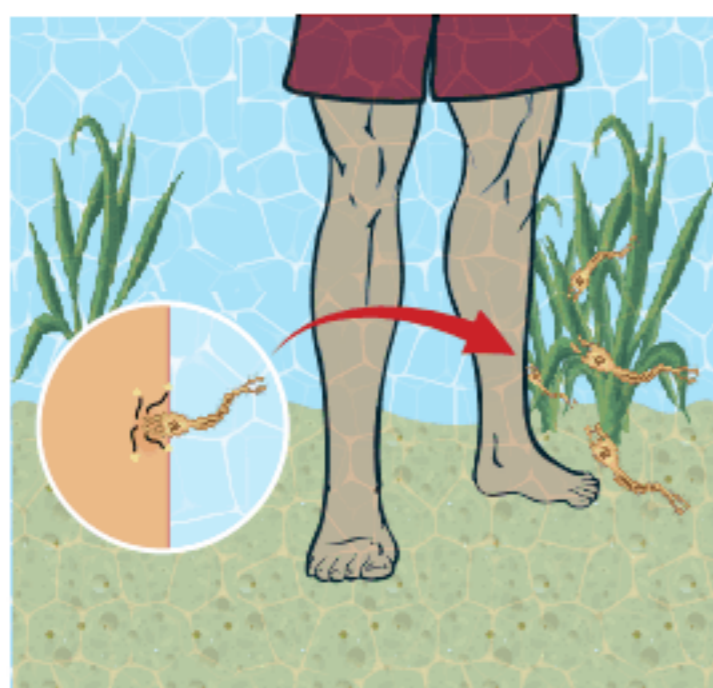
**5 UFJF 2006** O ciclo biológico do *Schistosoma mansoni*, que causa no homem a esquistossomose e tem como hospedeiro intermediário um molusco, está representado na figura a seguir. As figuras 1, 2, 3 e 4 ilustram medidas profiláticas para doenças causadas por parasitos.



Assinale a opção que apresenta medidas profiláticas corretas para a esquistossomose e as formas do parasito que contaminam, respectivamente, o molusco e o homem.

- (a) 1 e 2; miracídio e ovo.
- (b) 2 e 4; cercária e miracídio.
- (c) 1 e 3; cercária e ovo.
- (d) 2 e 3; ovo e cercária.
- (e) 1 e 4; miracídio e cercária.

**6 CEFET-MG 2005** A figura a seguir ilustra a infestação de um determinado verme no homem.



A verminose e a forma larval representadas são, respectivamente:

- (a) teníase e cercária.
- (b) teníase e cisticerco.
- (c) esquistossomose e cercária.
- (d) esquistossomose e miracídio.

**7 UFPE 2007** A esquistossomose observada no Brasil, causada pelo *Schistosoma mansoni*, é uma doença grave e debilitante. Na fase crônica, ocorre inflamação do fígado e do baço, além da típica ascite (barriga-d'água). Na profilaxia dessa doença, é importante:

1. construir redes de água e esgoto.
2. exterminar o caramujo hospedeiro.
3. evitar o contato com águas possivelmente infestadas por cercárias.
4. combater as oncosferas e os cisticercos.

Está(ão) correta(s):

- (a) 1, 2, 3 e 4.
- (b) 2 apenas.
- (c) 1, 2 e 4 apenas.
- (d) 2 e 4 apenas.
- (e) 1, 2 e 3 apenas.

**8 PUC-Rio 2007** Sabemos ser desaconselhável comer carne de porco crua porque podemos contrair uma doença, que se caracteriza por ingestão de:

- (a) cistos de *Taenia* e seu desenvolvimento no trato intestinal.
- (b) ovos de *Taenia* e seu desenvolvimento nos órgãos em geral.
- (c) ovos de *Tripanossoma* e seu desenvolvimento no trato intestinal.
- (d) larvas de moscas e seu desenvolvimento nos órgãos em geral.
- (e) toxinas bacterianas e desenvolvimento de diarreia.

**9 PUC-SP 2007**

GARFIELD - JIM DAVIS



Folha de S. Paulo, 9 set. 2006.

Na tira de quadrinhos, faz-se referência a um verme parasita. Sobre ele, foram feitas cinco afirmações. Assinale a única correta.

- (a) Trata-se de um nematelminto hermafrodita.
- (b) Apresenta simetria bilateral, corpo cilíndrico e amplo celoma.
- (c) Várias espécies desse verme, que utilizam o ser humano como hospedeiro definitivo, têm o porco como hospedeiro intermediário.
- (d) É o verme causador da esquistossomose no ser humano.
- (e) Ao ingerir ovos do parasita, o ser humano passa a ser seu hospedeiro intermediário, podendo apresentar cisticercose.



**10 Uece 2007** A *Taenia solium* é um organismo bastante conhecido quando se cuida da saúde humana. Evolutivamente, podemos afirmar, corretamente, que este organismo pratica uma forma de nutrição:

- (a) ingestora, como a de outros animais.
- (b) absorvedora, consequente da sua atividade de parasita.
- (c) absorvedora, consequente de sua atividade de fungo.
- (d) ingestora, como a de outros protozoários.

**11 Fuvest 1999** Boca e sistema digestivo ausentes, cabeça com quatro ventosas musculares e um círculo de ganchos, cutícula permeável a água e nutrientes e que protege contra os sucos digestivos do hospedeiro, sistema reprodutor completo e ovos com alta tolerância a variações de pH.

O texto descreve adaptações das:

- (a) lombrigas ao endoparasitismo.
- (b) tênias ao endoparasitismo.
- (c) lombrigas ao ectoparasitismo.
- (d) tênias ao ectoparasitismo.
- (e) tênias ao comensalismo.

**12 UFSCar 2003** Uma pessoa vegetariana estrita e que nunca teve contato com água onde vivem caramujos foi diagnosticada como portadora de larvas de tênia encistadas em seu cérebro. Isso é:

- (a) possível, pois se pode adquirir esse parasita pela ingestão de seus ovos e, nesse caso, as larvas originam cisticercos no cérebro.
- (b) possível, pois as larvas infectantes desse parasita desenvolvem-se no solo e penetram ativamente através da pele.
- (c) possível, pois esse parasita é transmitido por insetos portadores de larvas infectantes.
- (d) pouco provável, pois só se adquire esse parasita pela ingestão de carne contendo larvas encistadas (cisticercos).
- (e) pouco provável, pois as larvas infectantes desse parasita desenvolvem-se em caramujos aquáticos.

**13 Puccamp 2004** O sangue, que é constituído por plasma e algumas células especializadas, circula pelo coração, artérias, vasos e capilares transportando gases, nutrientes etc. Um adulto de peso médio tem cerca de 5 litros de sangue em circulação. O amarelão é uma verminose que pode ser causada por *Ancylostoma duodenale* ou por *Necator americanus*. A pessoa infectada torna-se fraca e desanimada, com uma palidez típica. O hemograma revela quantidades de hemácias abaixo do normal, devido:

- (a) à destruição de hemácias circulantes pelas enzimas dos vermes.
- (b) às lesões na parede intestinal que provocam hemorragias.
- (c) ao excesso de produção de glóbulos brancos.
- (d) às lesões que os vermes causam no fígado e no baço.
- (e) ao bloqueio da produção de hemácias pelo sistema imunológico.

**14 Mackenzie 2003**

Possibilidade	Causador	Hosp. Interm.	Dioicos (sexos separados)	Reprod. Sexuada
I	<i>Ascaris lumbricoides</i>	-	+	+
II	<i>Schistosoma mansoni</i>	+	+	+
III	<i>Ancylostoma duodenale</i>	-	-	+
IV	<i>Taenia solium</i>	+	+	+

No quadro anterior, sobre os parasitas causadores da ascaridíase, esquistossomose, ancilostomose e teníase, o sinal + indica a presença da característica e o sinal - indica a ausência da característica.

Estão corretas, apenas:

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

**15 Unifesp 2003** Considere o ciclo de vida e as características de uma tênia ou solitária (*Taenia solium*) e de uma lombriga (*Ascaris lumbricoides*), e assinale a alternativa correta.

- (a) Como a tênia não possui trato digestório, sua cutícula é delgada, para permitir a passagem de água e de nutrientes.
- (b) O controle da ascaridíase deve ser feito pela eliminação do hospedeiro intermediário e o da teníase, pela eliminação dos ovos com a ingestão de substâncias que acidifiquem o meio, pois esses ovos são destruídos por ácidos.
- (c) Tanto os indivíduos adultos de lombriga quanto os de tênia têm baixa resistência a pHs alcalinos, por isso, uma forma de tratamento para ambas as doenças é a ingestão de remédios que tornem mais básico o pH do meio.
- (d) Pela forma como se alimenta, a pressão osmótica interna de uma tênia deve ser mais baixa que a do meio que a circunda, ao passo que, numa lombriga, a presença da boca permite a tomada direta de alimentos.
- (e) Tênias e lombrigas fazem respiração aeróbica e anaeróbica; porém, predomina a respiração aeróbica pela alta concentração de oxigênio do meio em que se encontram.

**16 Unifesp 2008** Acerca da doença conhecida como amarelão (ou ancilostomíase), é correto afirmar que:

- (a) seu agente causador pertence ao mesmo filo da lombriga (*Ascaris lumbricoides*), que causa a ascaridíase, e da tênia (*Taenia solium*), que causa a teníase.
- (b) no filo do agente causador do amarelão, os organismos são sempre parasitas, uma vez que não possuem cavidade celomática verdadeira.
- (c) o doente apresenta cor amarela na pele porque o parasita aloja-se nas células hepáticas, produzindo aumento do fígado (hepatomegalia).



- (d) o ciclo de vida do agente causador é igual ao da lombriga (*Ascaris lumbricoides*), com a diferença de que as larvas do amarelão penetram ativamente no corpo do hospedeiro.
- (e) medidas de saneamento só são efetivas no combate à doença se forem eliminados também os hospedeiros intermediários.

**17 MED Catanduva 2010** O risco de contrair doenças na areia da praia é proporcional ao contato que o banhista mantém com ela: quanto mais exposto a ela, maior a chance de adoecer. O ideal é não caminhar descalço, não deitar diretamente na areia e nunca consumir um produto que tenha caído em areia contaminada, diz a médica Valéria Petri, dermatologista da Unifesp.

Folha de S.Paulo, jul. 2009.

Uma doença que pode ser adquirida nesse local e sua forma de contaminação são, respectivamente:

- (a) amarelão; ingestão dos ovos do verme.
- (b) esquistossomose; penetração da larva através da pele.

- (c) ascaridíase; ingestão dos ovos do verme.
- (d) disenteria amebiana; penetração de larvas através da pele.
- (e) cólera; ingestão dos ovos do verme.

**18 PUC-PR 2010** Uma pessoa que vive na zona rural foi ao posto médico da cidade. O médico observou que este paciente se encontrava descalço e malvestido, apresentava magreza, palidez e seu intestino estava repleto de vermes. Dado esse contexto, identifique os vermes intestinais responsáveis pelo estado desse rapaz e identifique o que ele deve fazer para não adquiri-los.

- (a) Lombrigas; e andar sempre calçado.
- (b) Ancilóstomo; e vestir-se bem.
- (c) Lombrigas; e lavar bem as verduras.
- (d) Tênia; e comer carne bem-cozida.
- (e) Ancilóstomo; e andar sempre calçado.

## TEXTO COMPLEMENTAR

### Inteligência e pobreza

Se medir a inteligência de alguém já é tarefa inglória, imagine estimar seus valores médios em populações inteiras. Talvez não exista na Biologia campo mais sujeito a interpretações contraditórias, preconceituosas e apaixonadas.

Em 1990, foi descrito o efeito Flynn, segundo o qual ocorrem aumentos significantes das médias do quociente de inteligência (QI) em curtos intervalos de tempo, à medida que as nações se desenvolvem.

Em 2001, Lynn e Vanhanen fizeram a primeira tentativa de relacionar inteligência com desenvolvimento econômico, ao publicar um estudo sobre o QI médio dos habitantes de 81 países.

Em 2005, N. Broder levantou a hipótese de que a inteligência, como outros traços psicológicos, é altamente plástica, portanto adaptável ao ambiente. Como consequência, tende a crescer com a escolaridade e com os desafios cognitivos impostos pelo meio, como os que surgem na migração do campo para a cidade.

Baseado no fato de que os níveis nacionais de QI são menores nos países com mortalidade infantil elevada e naqueles em que os bebês nascem com baixo peso, Broder concluiu que saúde e nutrição podem afetar a inteligência.

O que os estudos não esclarecem, no entanto, é se existe relação de causa e efeito entre essas variáveis, isto é, se a instrução ativa a inteligência ou se indivíduos mais inteligentes estudam mais. O mesmo vale para os que abandonam a agricultura para tentar a sorte na cidade.

Duas conclusões retiradas de vários estudos dão ideia da complexidade dessas interações:

1) O QI de uma população é menor nos países em que as temperaturas permanecem mais altas durante o inverno. Tem certa lógica: frio e neve exigem maior criatividade para sobreviver.

2) Como regra, quanto mais distante da Etiópia estiver o país, mais alto o QI de seus habitantes. Tem a mesma lógica: quanto mais se afastou da terra natal, mais desafios adaptativos o homem foi obrigado a vencer.

A você, leitor que resistiu com bravura à introdução, está reservada a cereja do bolo.

Cristopher Eppig e colaboradores escreveram um artigo na prestigiosa *Proceedings of the Royal Society*, propondo uma explicação unificadora, daquelas que nos deixam a sensação do porquê não pensei nisso antes.

Segundo eles, as causas apresentadas estão por trás de uma variável bem mais relevante: as infecções parasitárias.

Do ponto de vista energético, o cérebro é o órgão do corpo humano que mais consome energia: 87% no recém-nascido, 44% aos cinco anos; 34% aos dez; 23% nos homens e 27% nas mulheres adultas.

As infecções parasitárias interferem com o equilíbrio energético: 1) alguns microrganismos se alimentam de tecidos humanos que precisam ser reparados; 2) outros vivem nos intestinos e prejudicam a absorção de nutrientes; 3) para multiplicar-se, os vírus dependem da maquinaria de reprodução da célula, processo que exige energia; 4) o hospedeiro infectado precisa investir energia para ativar o sistema imunológico por longos períodos, nas infecções crônicas.

As diarreias na infância têm custo energético especialmente elevado. Primeiro, por causa da alta prevalência, estão entre as duas principais causas de óbitos em menores de cinco anos. Depois, porque dificultam o aproveitamento de nutrientes.

Quadros diarreicos de repetição durante os primeiros cinco anos de vida podem privar o cérebro das calorias necessárias para o desenvolvimento pleno e comprometer a inteligência para sempre.



Diversos trabalhos demonstraram que infecções parasitárias e QI trilham caminhos opostos. Um deles, realizado no Brasil pelo grupo de Jardim-Botelho, mostrou que crianças escolares com ascariíase apresentam performance mais medíocre nos testes de capacidade cognitiva. E mais, naquelas parasitadas por mais de um verme intestinal, os resultados são piores ainda.

A hipótese de que infecções parasitárias prejudicariam o desenvolvimento da inteligência explica por que a média do QI

aumenta rapidamente quando um país se desenvolve (efeito Flynn), por que o QI é mais alto nas regiões em que o inverno é mais frio (menos parasitoses) e por que, nos países pobres, os valores médios do QI são mais baixos.

No Brasil, existem 38 milhões de residências sem esgoto.

Drauzio Varella. Disponível em: <[www.drauziovarella.com.br/Exibir-Conteudo/6336/inteligencia-e-pobreza](http://www.drauziovarella.com.br/Exibir-Conteudo/6336/inteligencia-e-pobreza)>.

## RESUMINDO

Parasitose	Parasita	Ser humano	Transmissão	Profilaxia
Teníase	<i>Taenia solium</i> e <i>Taenia saginata</i> . Cestódeo monoico e sem sistema digestório.	É o hospedeiro definitivo. Afetado no intestino delgado, do qual são retirados nutrientes.	Ingestão de carne de porco ou de boi crua ou mal cozida, contendo a larva cisticerco. Porco e boi são hospedeiros intermediários.	Tratamento do doente, saneamento básico, seleção de alimentos para bois e porcos, inspeção da carne, cozimento da carne.
Cisticercose humana	<i>Cysticercus cellulosae</i> , o nome do cisticerco da <i>Taenia solium</i> .	É o hospedeiro intermediário, uma vez que abriga a larva da tênia de porco. Tecidos afetados no encéfalo, olho e musculatura.	Ingestão de ovos de <i>Taenia solium</i> , presentes em água contaminada e verduras mal lavadas. Ovos de tênia podem ser dispersados por moscas e baratas. Indivíduos portadores de teníase podem ter as mãos contaminadas e levadas à boca.	Higienização de verduras frescas, ingerir água filtrada ou fervida, higiene pessoal.
Esquistossomose ou barriga-d'água	<i>Schistosoma mansoni</i> , trematódeo dioico, com dimorfismo sexual e fecundação interna.	É o hospedeiro definitivo. Os vermes adultos alojam-se principalmente no fígado e nos vasos sanguíneos.	Penetração de larva cercária através da pele ou mucosa da boca. A cercária é proeminente de caramujo planorbídeo, o hospedeiro intermediário.	Tratamento dos doentes, saneamento básico e combate aos caramujos. Evitar entrar em água contaminada. A água consumida deve ser fervida ou filtrada.
Ascaridíase	<i>Ascaris lumbricoides</i> . Parasita monoxênico, dioico, com dimorfismo sexual e fecundação interna.	Os vermes adultos vivem no intestino delgado. As larvas percorrem vasos sanguíneos, coração e sistema respiratório.	Ingestão de ovos presentes na água e verduras contaminadas. A infestação é passiva.	Tratamento do paciente, saneamento básico e higiene pessoal. Consumo de água fervida ou filtrada; frutas e verduras bem lavadas.
Ancilostomose ou amarelão	<i>Ancylostoma duodenale</i> e <i>Necator americanus</i> . Parasitas monoxênicos.	Os vermes adultos vivem no intestino delgado e retiram sangue da parede intestinal. Podem provocar anemia.	Penetração de larvas presentes no solo, através da pele ou mucosas. A infestação é ativa.	Tratamento do paciente, saneamento básico, uso de calçados.
Filariíase ou elefantíase	<i>Wuchereria bancrofti</i> . Parasitas heteroxênicos e dioicos.	É o hospedeiro definitivo. Os parasitas adultos são as filárias, que vivem em vasos linfáticos. Com a reprodução são gerados as microfíliarias, que migram para os vasos sanguíneos. Microfíliarias podem ser sugadas pelos mosquitos do gênero <i>Culex</i> , de hábitos noturnos. Os parasitas obstruem vasos linfáticos de mamas, bolsa escrotal e membros; provocam o aumento de volume desses órgãos.	Feita pela picada do mosquito do gênero <i>Culex</i> , o hospedeiro intermediário.	Combate ao mosquito transmissor e cuidados para evitar a picada (repelentes e uso de cobertura de camas). Tratamento de pacientes com procedimentos cirúrgicos.



Parasitose	Parasita	Ser humano	Transmissão	Profilaxia
Triquinose	<i>Trichinella spiralis</i> , cujos vermes podem viver no intestino de porcos. O macho tem cerca de 2 mm e a fêmea chega a apresentar 4 mm. Com a fecundação, são formados ovos que se convertem em larvas. As fêmeas eliminam larvas no intestino do porco e daí passam para o sangue através da parede intestinal; alcançam tecidos (fígado e músculos) onde se desenvolvem em cistos, dentro dos quais a larva se enrola em espiral.	O ser humano é um hospedeiro mais raro e pode apresentar a forma de cistos no fígado e em músculos. A infestação costuma ser grave e pode levar à morte.	O homem se contamina ingerindo carne de porco mal cozida, contendo os cistos da triquinela.	Inspeção da carne de porco; não comer carne de porco crua ou mal cozida.
Oxiurose	<i>Enterobius vermicularis</i> , verme dioico; o macho tem cerca de 5 mm e a fêmea alcança 1 cm. O parasita se desenvolve no intestino grosso do ser humano. São animais dioicos.	Os vermes adultos podem viver no intestino grosso do ser humano. As fêmeas saem através do ânus e depositam ovos. Com isso ocorre prurido na região anal. As mulheres podem apresentar fêmeas de oxiúro na vagina, no útero e na bexiga urinária.	A contaminação ocorre com ingestão de ovos presentes em alimentos. Pode ocorrer autoinfestação quando a pessoa coça a região perianal e, posteriormente, leva a mão à boca.	Tratamento de doentes e realizar a limpeza da roupa de cama de pacientes que apresentam o oxiúro; lavar as mãos.
Bicho geográfico	Larva do <i>Ancylostoma braziliensis</i> . O verme adulto é parasita do intestino de cães e gatos. Os ovos dos parasitas são eliminados com as fezes dos cães e gatos.	A larva entra na pele do ser humano e pode permanecer principalmente no tecido subcutâneo, causando irritação e coceira local.	Os ovos eliminados nas fezes de cães e gatos convertem-se em larvas que ficam no solo; essas larvas podem penetrar na pele humana.	Tratamento de cães e gatos. Evitar o contato da pele com areia ou terra onde há animais soltos.

## ■ QUER SABER MAIS?



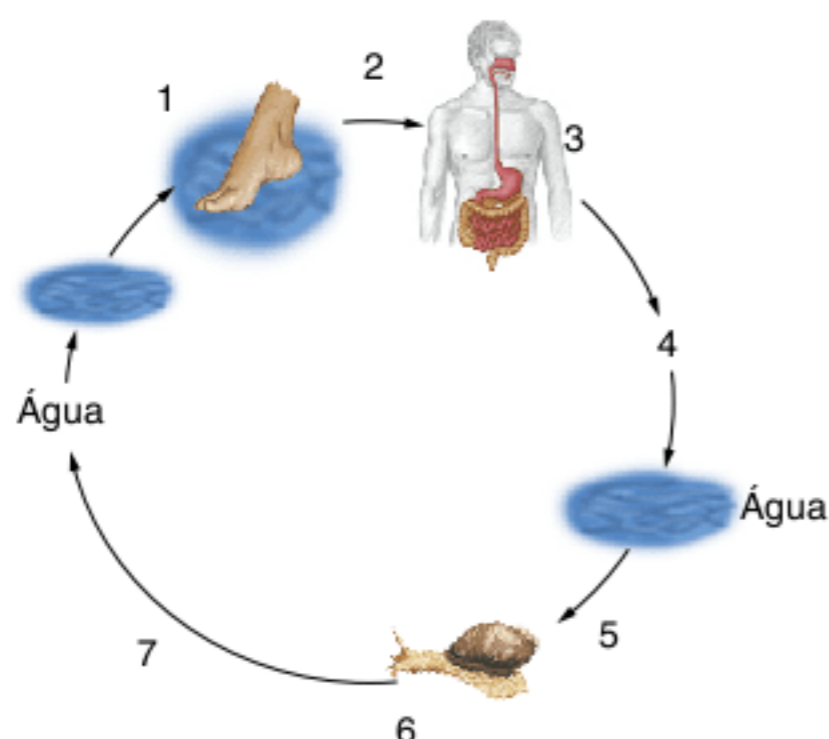
SITE

- Doenças causadas por parasitas e formas de combate e prevenção <[www.cdc.gov/parasites/az/index.html](http://www.cdc.gov/parasites/az/index.html)>.

## Exercícios complementares

**1 UFRJ 2002** O diagrama a seguir mostra o ciclo de vida do parasita *Schistosoma mansoni*.

Apesar de, no momento, existir tratamento quimioterápico para as pessoas infectadas e de estarem sendo desenvolvidas vacinas protetoras, a área endêmica no Brasil está aumentando.

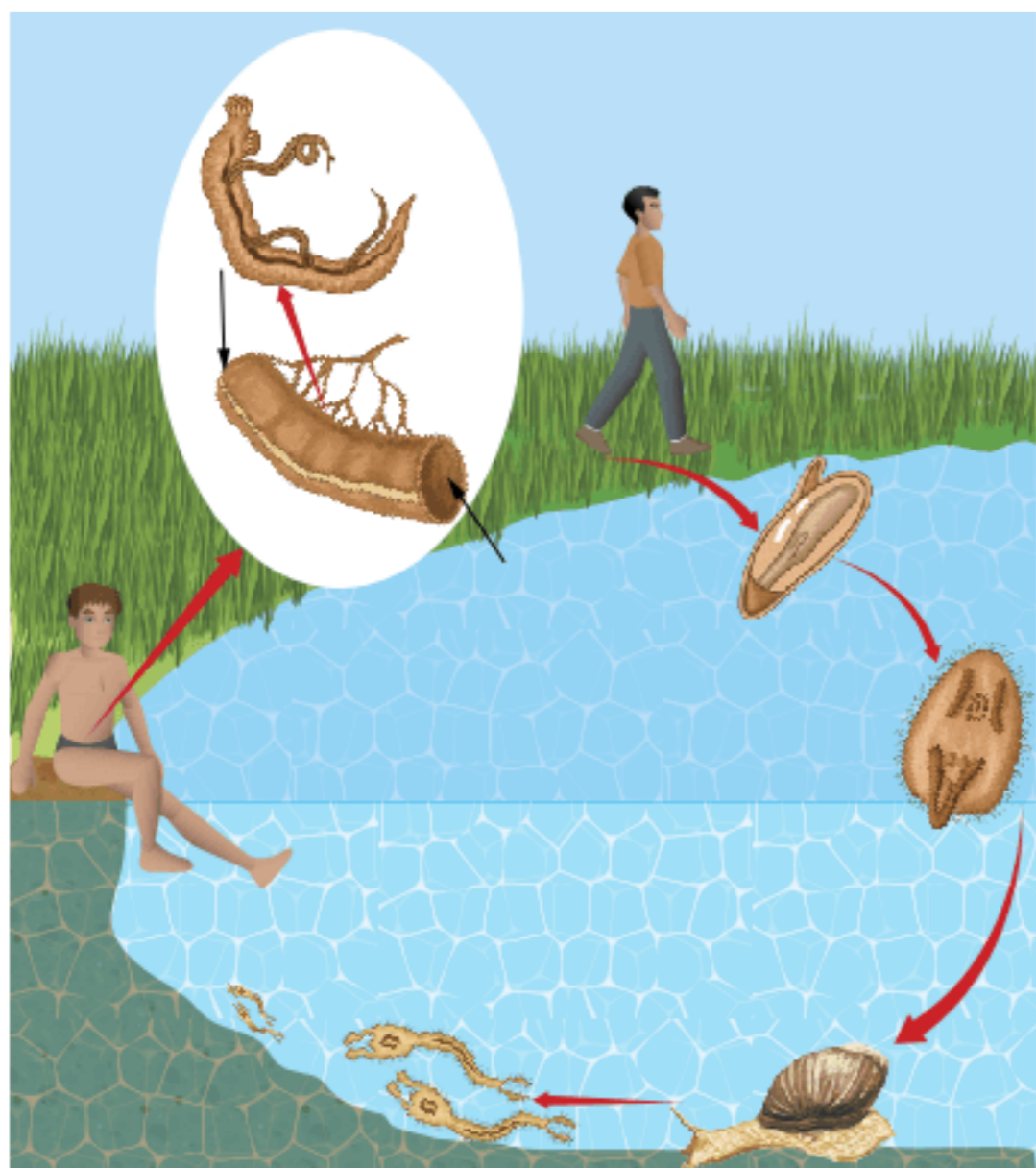


- Cercárias penetram pela pele do homem.
- O homem é o hospedeiro definitivo.
- O parasita desenvolve-se no homem e atinge a fase adulta. A fêmea do *S. mansoni* produz ovos que migram para o intestino.
- Ovos nas fezes atingem água doce.
- Ovos se transformam em miracídeos e infectam o caramujo.
- Caramujo (hospedeiro intermediário).
- O caramujo libera cercárias na água doce.

Examinando o diagrama e a legenda, sugira um método de controle da esquistossomose que não dependa da quimioterapia ou da imunoprofilaxia.

**2 UFU 2004** A esquistossomose mansônica, também conhecida por “barriga-d’água”, é uma verminose comum no Brasil, atingindo mais de 10 milhões de pessoas.





S. Lopes. Bio. São Paulo: Saraiva, 1997. (Adapt.).

- A que filo e classe pertence o verme causador desta doença?
- Quais são, respectivamente, os hospedeiros definitivo e intermediário do parasita?
- Cite dois modos de prevenção da esquistossomose.

**3 Unicamp 2003 (Adapt.)** Alguns moluscos têm importância sanitária. Um exemplo comprovado é o do planorbídeo *Biomphalaria glabrata*, que está relacionado ao ciclo de uma doença que atinge os humanos. Por outro lado, ainda não foi comprovado se *Achatina fulica* está relacionada com a incidência de meningoencefalite. Este gastrópode foi introduzido no Brasil, sem estudos prévios, visando substituir com vantagens o *escargot* (molusco utilizado como alimento).

A qual doença os caramujos *Biomphalaria* estão relacionados? Qual o papel dos caramujos no ciclo desta doença? Em que ambiente ocorre a contaminação dos humanos?

**4 Unifesp 2006** Agentes de saúde pretendem fornecer um curso para moradores em áreas com alta ocorrência de tênia (*Taenia solium*) e esquistossomos (*Schistosoma mansoni*). A ideia é prevenir a população das doenças causadas por esses organismos.

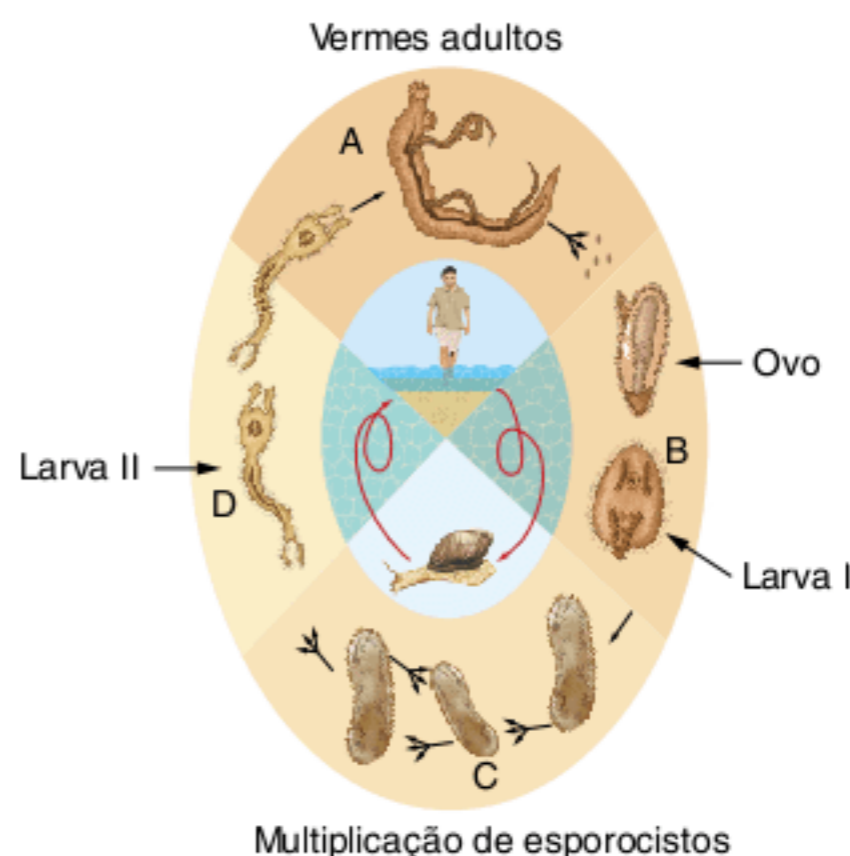
- Em qual das duas situações é necessário alertar a população para o perigo do contágio direto, pessoa a pessoa? Justifique.
- Cite duas medidas – uma para cada doença – que dependem de infraestrutura criada pelo poder público para preveni-las.

**5 UFSC 2009** Sobre os vermes do gênero *Taenia*, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- Taenia solium* é um asquelminto do grupo *Trematoda*.
- A teníase é causada pela ingestão de cisticercos em carne bovina ou suína.
- Taenia solium* não causa a cisticercose humana.
- A higiene pessoal e o saneamento básico são importantes medidas na prevenção das parasitoses causadas por *Taenia sp.*
- A *Taenia solium* adulta é hermafrodita, apresenta o corpo segmentado, escólex com 4 ventosas e uma coroa de acúleos. Os últimos segmentos são cheios de ovos, que ficam encistados no tecido muscular de suínos.
- A cisticercose humana é ocasionada pela presença da larva da *Taenia solium* e é adquirida pela ingestão de ovos do parasito liberados nas fezes de pessoas infectadas.

Soma =

**6 PUC-MG 2005** A doença cujo ciclo é representado a seguir é velha conhecida da humanidade. Pelo menos tão antiga quanto a civilização egípcia, essa doença causada pelo verme *Schistosoma mansoni* é hoje um dos maiores problemas de saúde pública em vários países tropicais. O saneamento básico insatisfatório facilita a transmissão do parasita, que, no Brasil, é mais comum no Nordeste e no norte de Minas Gerais, mas todos os estados têm áreas afetadas.



Com base na figura e em seus conhecimentos, é correto afirmar, exceto:

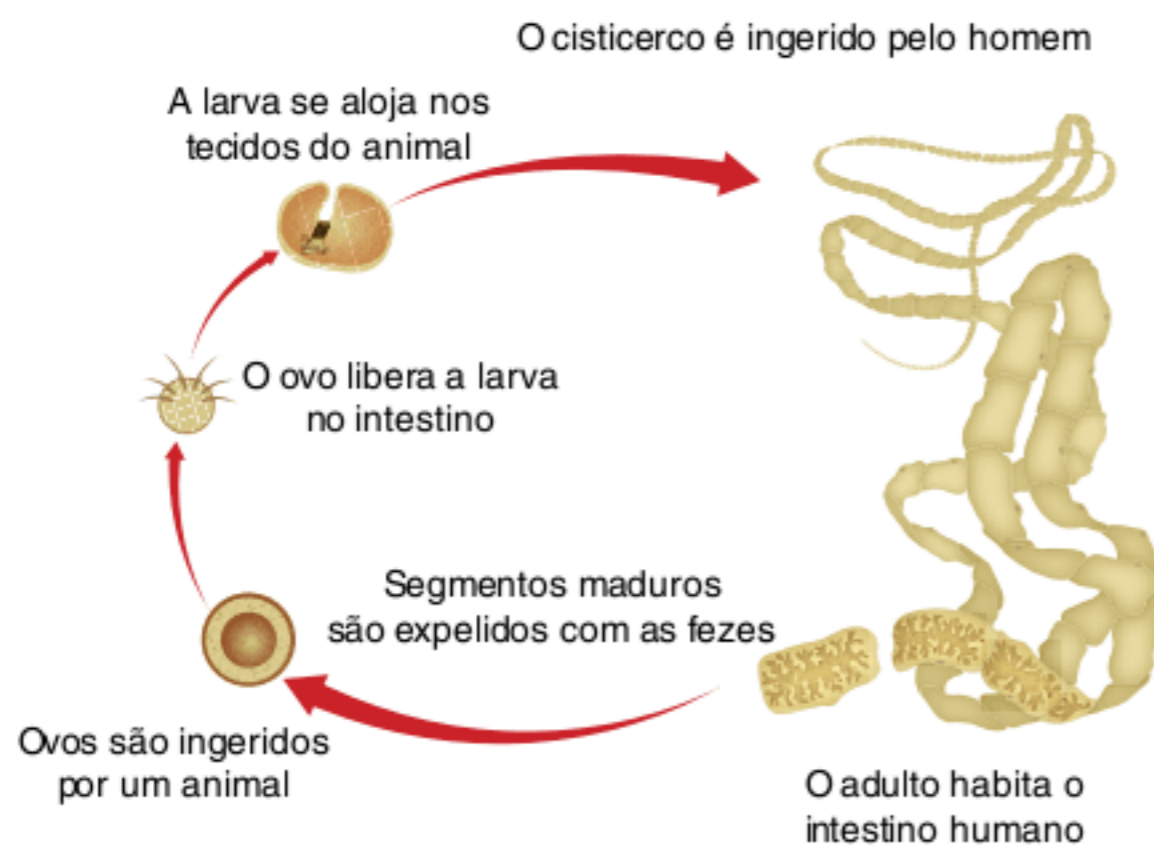
- Em C ocorre reprodução assexuada no hospedeiro intermediário.
- Uma única “larva II”, denominada cercária, que entra pela pele do homem, é capaz de realizar autofecundação e botar ovos.
- O saneamento básico não impede a multiplicação do caramujo, cuja erradicação poderia ser uma medida preventiva.
- A pesquisa de ovos do verme acima, nas fezes do hospedeiro vertebrado, pode ser utilizada para o diagnóstico da esquistossomose.



**7 PUC-MG 2005** No Brasil, a esquistossomose encontra-se em expansão, com focos surgindo nas cidades do sul e noroeste de Minas Gerais. Assinale a opção incorreta.

- (a) Essa doença tem no homem seu hospedeiro definitivo.
- (b) A larva ciliada do *Schistosoma mansoni* é o miracídio.
- (c) A forma contaminante de novos hospedeiros definitivos é a cercária.
- (d) O hospedeiro intermediário, o caramujo, elimina ovos em suas fezes.

**8 Ufes 2004**



No ciclo de vida do animal ilustrado anteriormente, os humanos podem assumir o papel de hospedeiro intermediário. Essa situação pode ocorrer se o homem:

- (a) ingerir carne malcozida.
- (b) nadar em águas contaminadas pelo verme adulto.
- (c) ingerir os ovos embrionados do verme.
- (d) andar descalço e a larva penetrar ativamente pela sua pele.
- (e) beber água contaminada pela larva do animal.

**9 UFV 2004** A comercialização de carne clandestina tem contribuído para o aumento de parasitoses que acometem o ser humano. Destacam-se entre essas doenças as que são causadas por cestódeos, que poderiam ser evitadas caso medidas preventivas fossem observadas. Entre as diversas medidas que devem ser tomadas, assinale a alternativa correta que apresenta uma medida preventiva, específica para parasitas dessa classe do filo *Platyhelminthes*.

- (a) Examinar visualmente se a carne a ser consumida contém cisticercos.
- (b) Evitar que o boi ou o porco beba água contaminada com miracídios.
- (c) Não comprar carne clandestina, que pode conter larvas de ancilóstomo.
- (d) Verificar se a carne suína ou bovina contém cistos de cercária grávidos.
- (e) Inspecionar a carne em busca de ovos de *Fasciola hepatica*.

**10 Unifesp 2005** Em um centro de saúde, localizado em uma região com alta incidência de casos de ascaridíase (*Ascaris lumbricoides*), foram encontrados folhetos informativos com medidas de prevenção e combate à doença. Entre as medidas, constavam as seguintes:

- I. Lave muito bem frutas e verduras antes de serem ingeridas.
- II. Ande sempre calçado.
- III. Verifique se os porcos – hospedeiros intermediários da doença – não estão contaminados com larvas do verme.
- IV. Ferva e filtre a água antes de tomá-la.

O diretor do centro de saúde, ao ler essas instruções, determinou que todos os folhetos fossem recolhidos, para serem corrigidos. Responda.

- a) Quais medidas devem ser mantidas pelo diretor, por serem corretas e eficientes contra a ascaridíase? Justifique sua resposta.
- b) Se nessa região a incidência de amarelão também fosse alta, que medida presente no folheto seria eficaz para combater tal doença? Justifique sua resposta.

**11 PUC-PR 2005** Os cuidados a serem tomados para prevenção da malária e da esquistossomose são, respectivamente:

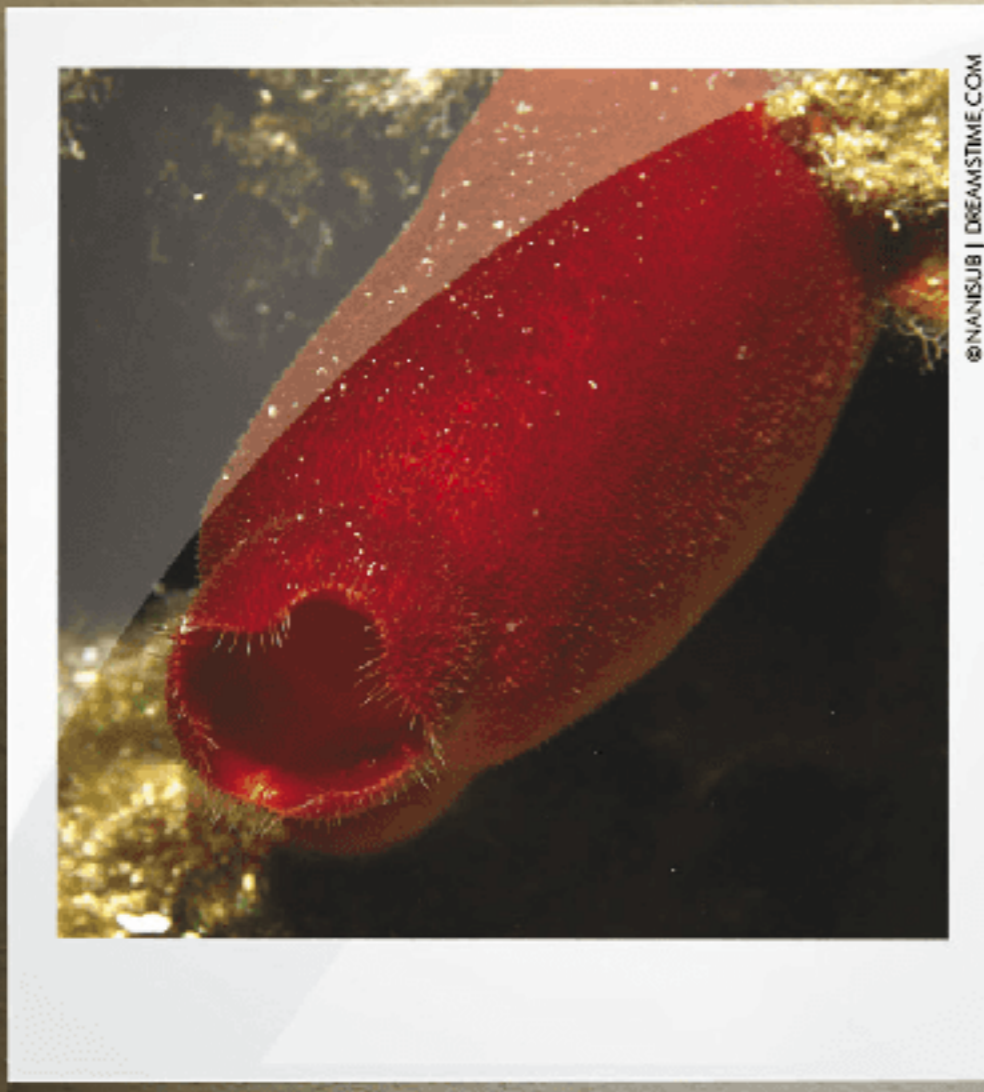
- (a) eliminar focos de mosquitos e combater os caramujos transmissores.
- (b) tratar os doentes com quinino e não andar descalço.
- (c) evitar banhar-se em lagoas e melhorar as condições de moradia.
- (d) destinar adequadamente as fezes humanas e cozinhar bem as carnes.
- (e) não comer verduras e frutas mal lavadas e tomar água tratada.



# 8

FRENTE 3

## Cordados



Pertencemos ao filo dos cordados, no qual estão incluídos a ascídia, um animal marinho e filtrador, e o chimpanzé, o parente mais próximo do ser humano. Entenderemos como seres tão diferentes são classificados em um mesmo grupo e como ocorreu uma diversificação tão grande ao longo do tempo.



## O grupo dos cordados

Cordados compreendem dois grandes grupos: os **protocordados** (anfioxo e ascídia) e os **vertebrados**, que incluem peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Vimos que os cordados têm simetria bilateral, são triblásticos, celomados e deuteronômios. Durante o desenvolvimento embrionário, um cordado, na fase de nêurula, apresenta ectoderma revestindo o corpo, o tubo nervoso dorsal, a notocorda, o mesoderma lateral e o arquêntero delimitado por endoderma (Fig. 1).

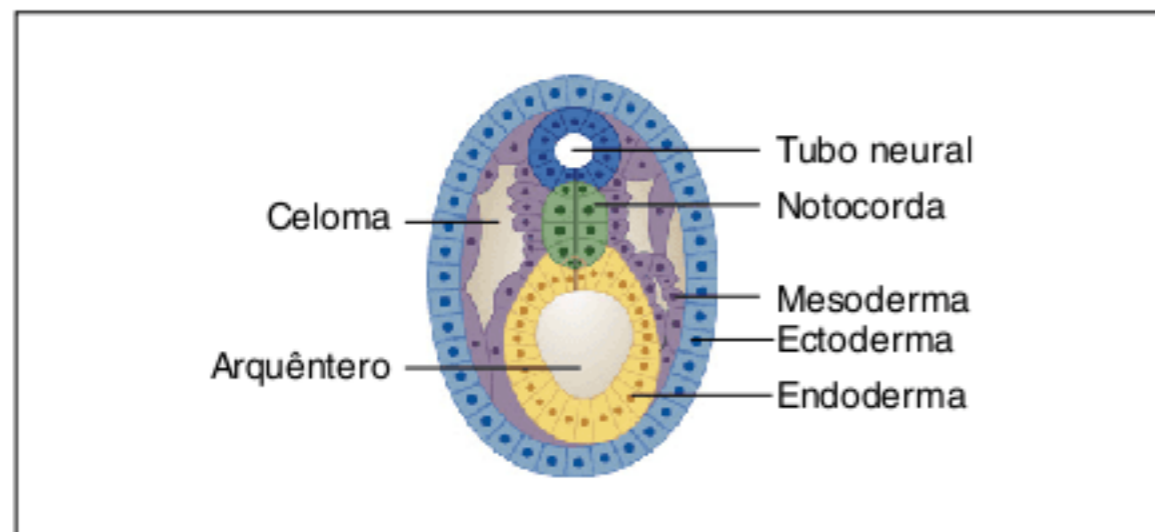


Fig. 1 Estrutura geral de um cordado: corte transversal de um embrião.

## Os protocordados

Os protocordados têm dois principais subfilos: *Cephalochordata* (anfioxo) e *Urochordata* ou *Tunicata* (ascídia). O **anfioxo** é um animal marinho, que vive com a parte posterior do corpo enterrada na areia. Algumas vezes, ele se desprende e, com movimentos ondulatórios laterais, nada até outro ponto, onde volta a se enterrar. É um animal **filtrador**, promovendo uma corrente de água que penetra pela boca e sai por um poro situado na parte ventral e posterior do corpo. Com a água, entram partículas alimentares, constituídas por protozoários, algas e larvas microscópicas. O alimento é retido e aproveitado pelo animal (Fig. 2).

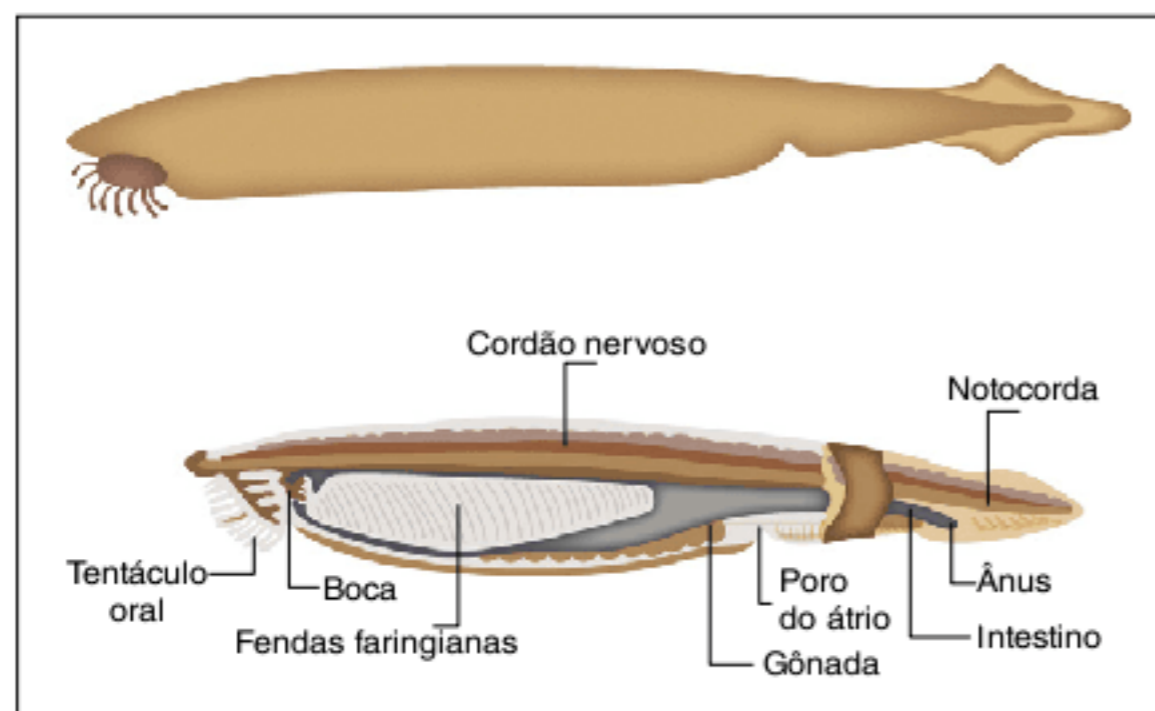


Fig. 2 Anfioxo: no alto está representado o aspecto externo e, abaixo, o interior do organismo.

Protocordados apresentam, na fase adulta, uma organização muito parecida com a de uma nêurula. O revestimento do corpo é feito pela **epiderme**, originária do ectoderma, o qual também forma o **tubo nervoso dorsal**, que, no anfioxo, apresenta um encéfalo pouco diferenciado. As estruturas mesodérmicas são a **notocorda** (que persiste durante toda a vida do anfioxo) e diversos componentes, como musculatura,

gônadas, sistema excretor e sistema circulatório. O celoma mantém-se no adulto na forma de uma cavidade denominada **átrio**. A notocorda tem posição paralela ao tubo nervoso dorsal e se estende até a parte anterior, onde se encontra o **encéfalo primitivo** do animal. Essa é a razão pela qual o anfioxo é classificado como um componente do subfilo *Cephalochordata* (cefalocordados).

O endoderma origina o sistema digestório que, no anfioxo, apresenta boca e ânus, sendo a boca rodeada por expansões, os **cirros**, com função tátil, que contribui na captação de água. Na parte anterior do tubo digestório, há inúmeras aberturas laterais, as **fendas faringianas** (ou fendas branquiais), por onde a água que entrou por meio da boca atravessa e passa para o átrio (celoma), deixando o corpo por meio de um poro situado na parte ventral, o **poro do átrio**. O tubo digestório tem uma espécie de calha na parte ventral, conhecida como **endóstilo**, onde as partículas alimentares são retidas e enviadas para frente, sendo realizada sua digestão. Os alimentos são digeridos (**digestão extracelular**) e os nutrientes são distribuídos pelo sangue às células do corpo. Materiais não digeridos são eliminados, na forma de fezes, através do **ânus**, localizado posteriormente em relação ao poro do átrio.

O **sistema circulatório é aberto**, havendo lacunas, principalmente, na região das fendas faringianas. Nessa área também estão localizadas as estruturas excretoras. As excretas são retiradas do sangue e eliminadas no átrio. O anfioxo tem inúmeros pares de **nefrídeos**, que se abrem na cavidade celomática e coletam as excretas. A eliminação da água com resíduos ocorre através do atriopóro, na parte ventral. A **respiração é cutânea** e os vasos sanguíneos da superfície realizam trocas gasosas com a água circundante.

O anfioxo é **dioico**. As gônadas liberam os gametas no átrio e sua eliminação se dá através do poro. A **fecundação é externa** e o zigoto formado gera uma **larva** bastante parecida com a forma adulta.

A **ascídia** tem uma **fase larval** móvel muito parecida com o anfioxo, dotada de ampla faringe com **fendas branquiais**, **átrio**, **tubo neural curto** e uma **notocorda que se estende até a cauda**. É por isso que a ascídia é classificada no subfilo *Urochordata* (urocordados). No entanto, a fase larval tem curta duração e ocorre uma rápida metamorfose. Ela se fixa em um substrato e começa a gerar a **forma adulta sésil**, que tem formato arredondado e é revestida por uma **túnica** secretada pela epiderme; possui um **sifão inalante**, por onde entra água, e um **sifão exalante**, através do qual a água sai. A ascídia também é um animal **filtrador**.

As principais modificações da larva para a forma adulta são: a faringe e o átrio expandem-se, enquanto o tubo nervoso reduz-se e passa a constituir um pequeno gânglio. A faringe é dotada de **fendas faringianas** e de **endóstilo**. A notocorda desaparece e a epiderme secreta a túnica (os urocordados são também denominados tunicados). Desenvolvem-se as gônadas e os sistemas excretor e **circulatório (aberto)**. A água entra pelo sifão inalante, passa pela boca e dela para as fendas faringianas, sendo transferida ao átrio, de onde é eliminada pelo sifão exalante. A água que entra no sifão inalante traz gás oxigênio e partículas alimentares, as quais são retidas pelo endóstilo e



depois submetidas à digestão. A água que sai pelo sifão exalante carrega gás carbônico, excretas nitrogenadas, fezes e, eventualmente, gametas (Fig. 3).

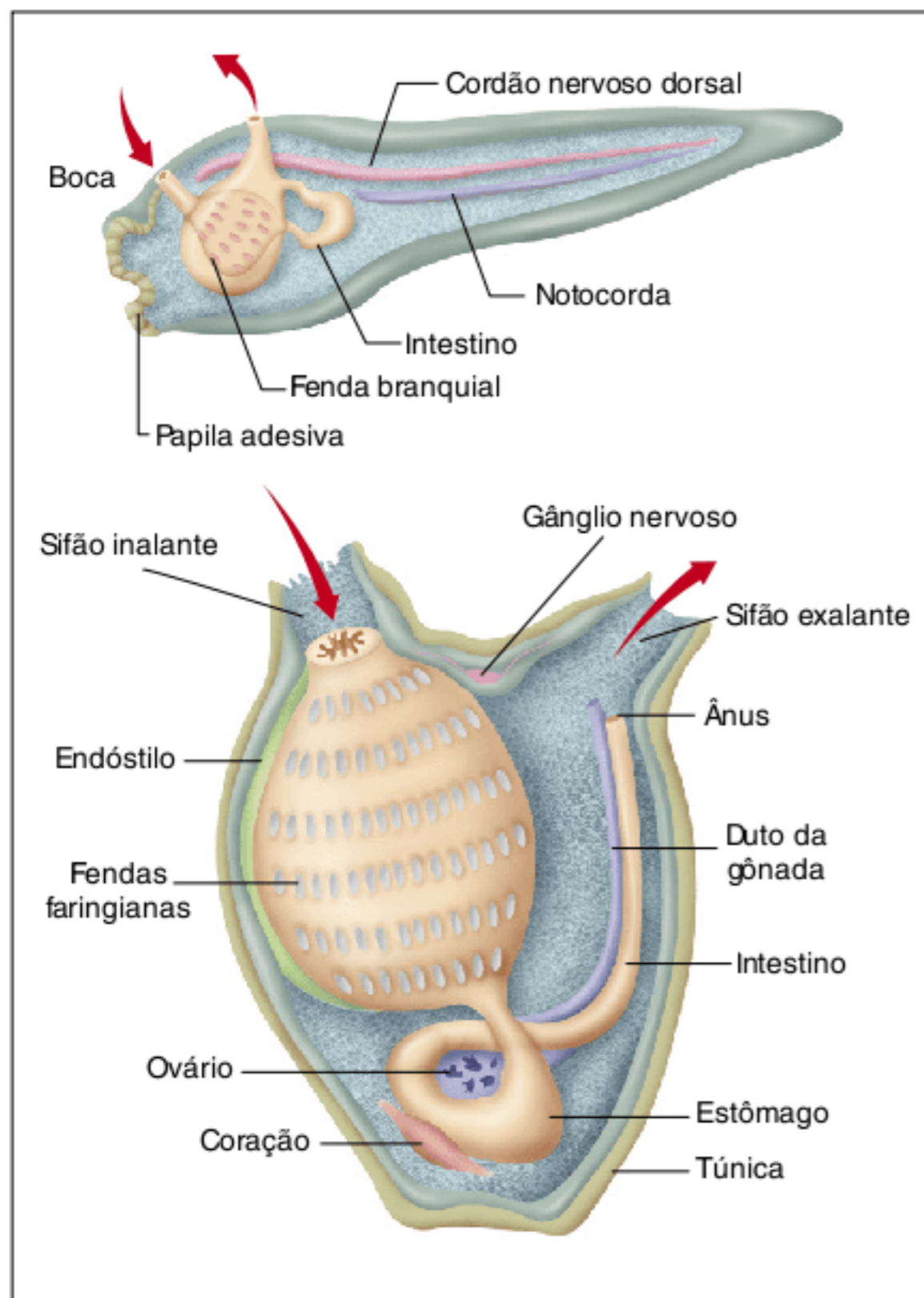


Fig. 3 Representação das formas larval e adulta de ascídia, em corte. As setas indicam o fluxo de água.

As ascídias são **monoicas**. Os gametas são lançados através do sifão exalante, a **fecundação é externa** e o **desenvolvimento é indireto**, com a formação de larvas móveis. Algumas ascídias também apresentam reprodução assexuada por **brota-mento**.

## Os hemicordados

Os **hemicordados** constituem um filo não pertencente aos cordados, mas aparentado com eles. O representante mais conhecido é o **balanogloss**, de aspecto vermiforme e bastante longo, dotado de fendas faringianas. É um animal **deuterostômio**, assim como os cordados e os equinodermos (Fig. 4). São animais marinhos vermiformes; a maioria é **séssil**. Os hemicordados eram considerados um subfilo dos cordados por terem características comuns a esse grupo, como fendas faringianas e cordão nervoso dorsal, mas também apresentam características de equinodermos, como a larva **bipinária**, e um desenvolvimento embrionário semelhante. Assim, são classificados entre cordados e equinodermos.

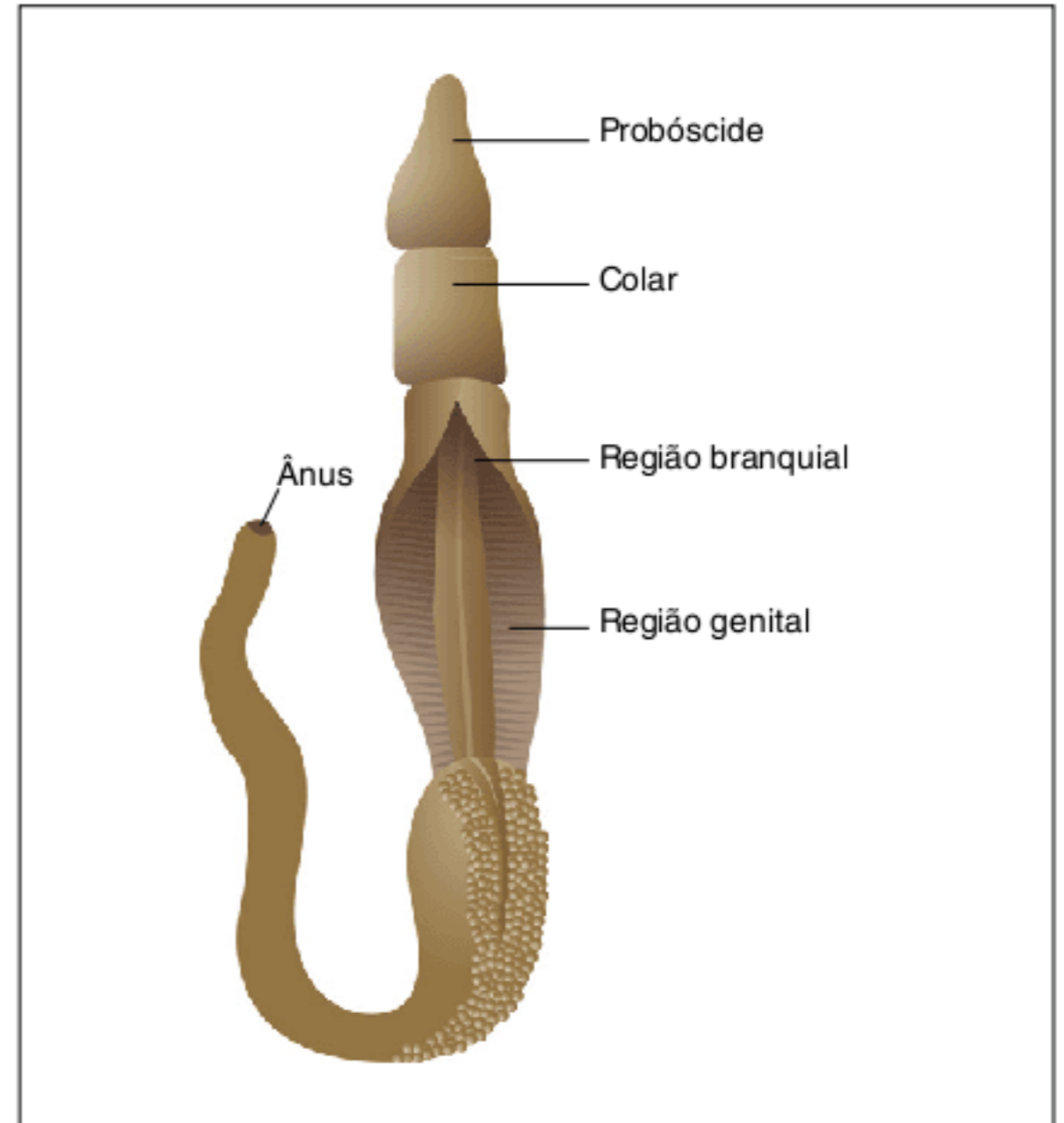


Fig. 4 Aspecto geral de balanogloss.

## Os vertebrados

O filo dos cordados tem três subfilos: *Cephalochordata*, *Urochordata* e *Vertebrata* (vertebrados) ou *Craniata* (craniados). Cefalocordados e urocordados constituem o grupo dos protocordados, que não constitui um grupo taxonômico. Vertebrados são, em sua maioria, dotados de **coluna vertebral** e de **crânio**. Essas estruturas podem ser cartilaginosas ou ósseas, correspondendo ao eixo do esqueleto desses animais, além de protegerem o sistema nervoso central; a caixa craniana envolve o encéfalo, enquanto a parte da coluna vertebral protege a medula espinal. A Tabela 1 mostra uma visão geral da classificação moderna dos cordados.

Subfilos			
<i>Cephalochordata</i>	Anfioxo		
<i>Urochordata</i>	Ascídia		
<i>Vertebrata</i> ou <i>Craniata</i>	Superclasse <i>Agnatha</i> : lampreia e peixe-bruxa.		
	Superclasse <i>Gnathostomata</i>	Peixes	Classe <i>Chondrichthyes</i>
			Classe <i>Actinopterygii</i> : compreende a maioria dos peixes de esqueleto ósseo.
			Classes <i>Actinistia</i> : celacanto; peixes de esqueleto ósseo.
			Classe <i>Dipnoi</i> : peixes pulmonados, como a piramboia; peixes de esqueleto ósseo.
	Tetrápodes	Classe <i>Amphibia</i>	
Classe <i>Reptilia</i>			
Classe <i>Mammalia</i>			

Tab. 1 Os grandes grupos de cordados.



Os vertebrados podem ou não apresentar mandíbula. São divididos em dois grandes grupos: os **ciclóstomos**, ou **agnatostomados** (sem mandíbula), como a lampreia e o peixe-bruxa (ou feiticeira), e os **gnatostomados**, dotados de mandíbula, como peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

### Agnatostomados

São animais exclusivamente aquáticos e têm boca com forma de **funil**, dotada de **dentículos**. Utilizam o funil para aderir a uma superfície. Podem atacar outros animais, raspando sua pele com os dentes, nutrindo-se de sangue e de outros tecidos. Esses animais apresentam corpo alongado, com uma **nadadeira caudal** e **nadadeiras dorsais**. A **notocorda** persiste durante toda a vida. Na **lampreia**, a notocorda se mantém envolvida pela coluna vertebral cartilaginosa; no **peixe-bruxa** não ocorre formação de coluna vertebral.

Suas fendas faringianas são expostas e visíveis nas laterais do corpo. Têm **respiração branquial**. A água passa pelas fendas e banha as brânquias, expansões vascularizadas que realizam trocas gasosas. O sangue que sai das brânquias é ricamente oxigenado. O gás oxigênio é então distribuído aos tecidos pelo sangue. Os tecidos realizam respiração celular, processo que libera gás carbônico, transportado pelo sangue às brânquias, onde é liberado na água. Esse padrão é mantido nos peixes. Larvas de anfíbios (os girinos de sapos e rãs) apresentam brânquias externas. Répteis, aves e mamíferos não têm brânquias, mas possuem fendas faringianas durante o desenvolvimento embrionário. Nos seres humanos, as fendas faringianas desaparecem, persistindo apenas na forma das tubas auditivas, que estabelecem comunicação entre a faringe e o ouvido médio. Agnatostomados são **dioicos** e apresentam **fecundação externa**, com **desenvolvimento indireto** (Fig. 5).

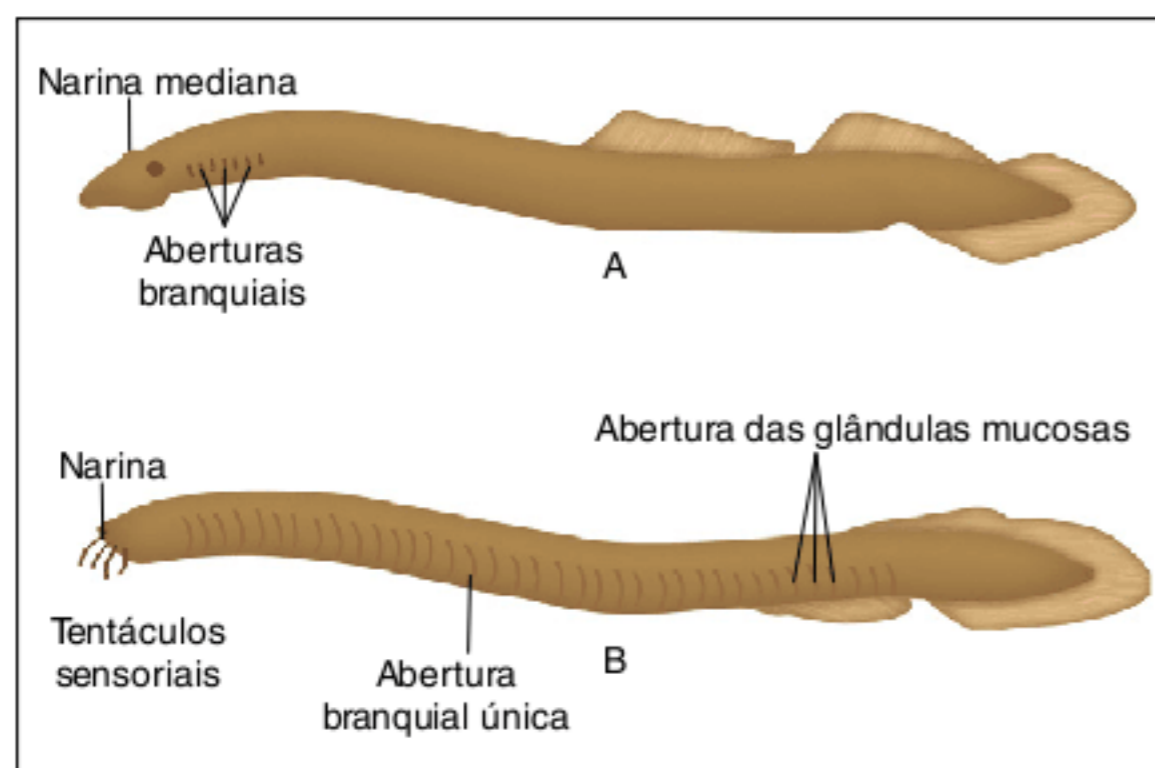


Fig. 5 Aspecto externo de agnatostomados. No alto, está representada a lampreia e, abaixo, o peixe-bruxa.

### Gnatostomados

Os vertebrados apresentam fendas faringianas em pelo menos uma fase do seu desenvolvimento. Os agnatostomados têm **arcos branquiais**, estruturas esqueléticas situadas entre as fendas faringianas. Eles são considerados as estruturas das quais

se originaram as **mandíbulas** no processo evolutivo ocorrido de um ancestral agnatostomado para os primeiros gnatostomados. Os primeiros agnatostomados foram os **ostracodermos**, com forte armadura recobrendo a cabeça (Fig. 6).

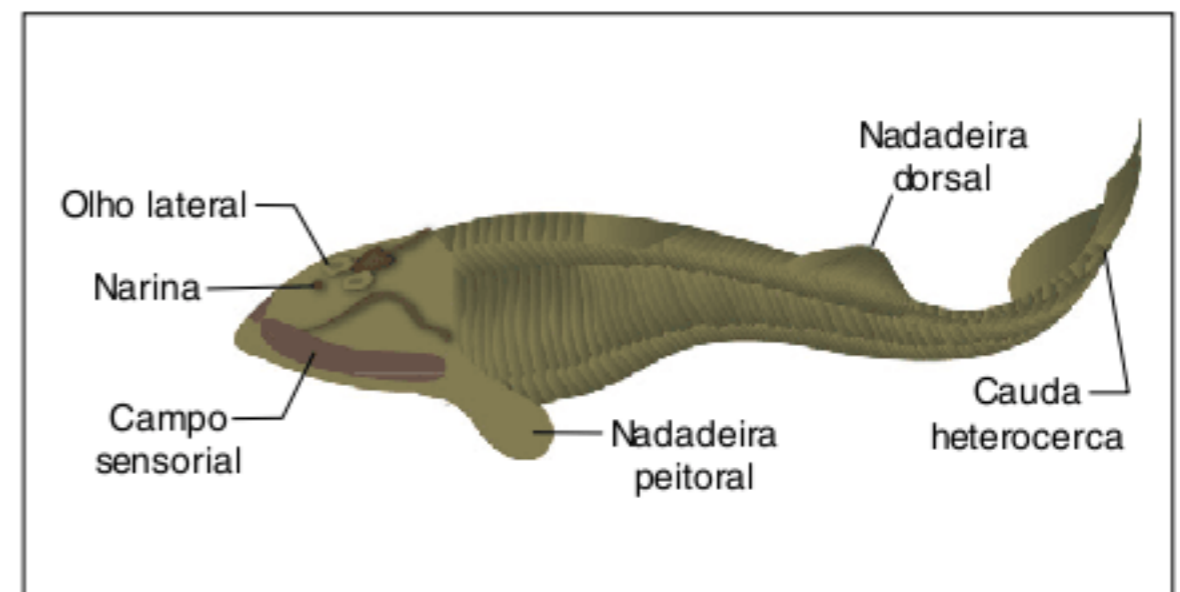


Fig. 6 Aspecto externo de um ostracodermo.

O registro fóssil mostra que os primeiros gnatostomados foram os **placodermos**, que provavelmente originaram os peixes cartilagosos. Posteriormente, outra linhagem de placodermos deu origem aos peixes ósseos. A presença de mandíbulas permitiu uma grande mudança na obtenção de alimento, tornando esses organismos predadores mais eficientes. Um sistema nervoso mais desenvolvido e com estruturas sensoriais também foi uma importante ferramenta evolutiva desse grupo (Fig. 7).

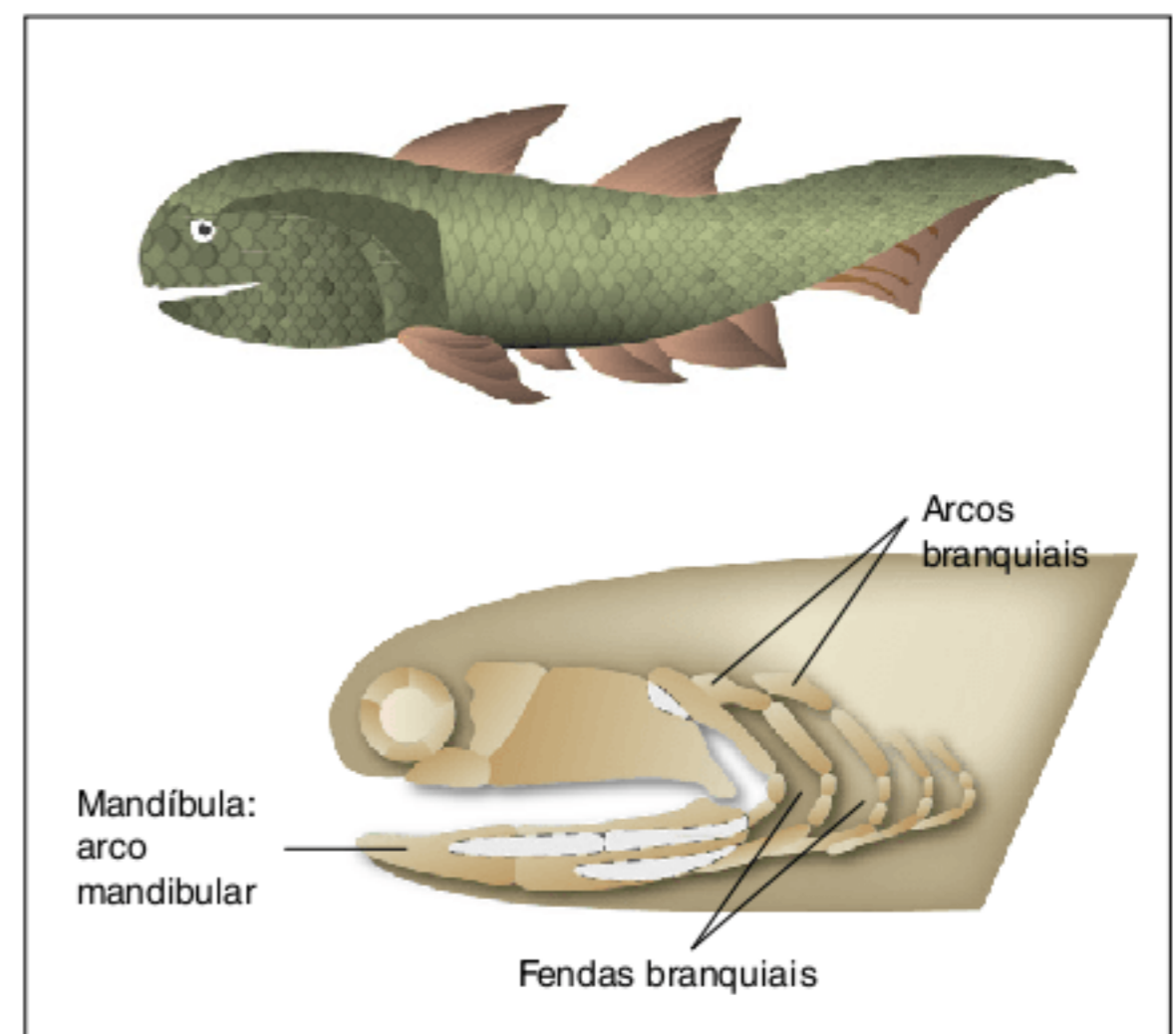


Fig. 7 Aspecto externo de um placodermo (superior) e estrutura da cabeça dos gnatostomados (inferior).

### Peixes

#### Anatomia externa

Há dois grandes grupos de peixes: **condrictes** e **osteíctes**. Os **condrictes** têm esqueleto **cartilaginoso** e seus representantes são tubarão, cação, raia e quimera. Os **osteíctes** são os **peixes ósseos** e possuem grande número de espécies, como sardinha, linguado, robalo, pescada, truta, traíra e bagre (Fig. 8).



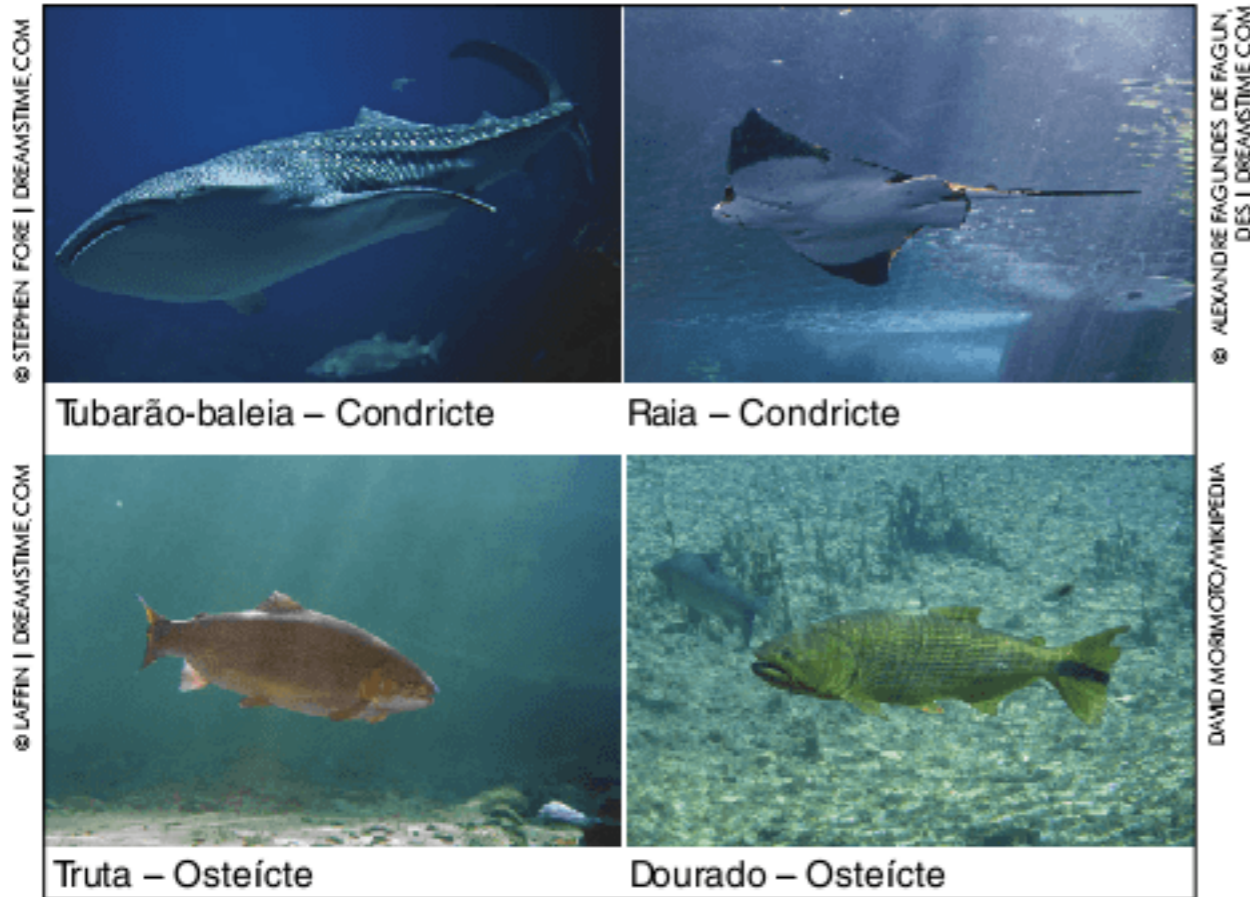


Fig. 8 Condrictes e osteíctes representativos.

Os peixes têm dois tipos de nadadeiras: **ímpares** (as dorsais e a caudal) e **pares** (as peitorais e as pélvicas), uma de cada lado do corpo. Osteíctes e condrictes diferem em relação às nadadeiras: a nadadeira caudal dos osteíctes geralmente é **simétrica**, ou **homocerca** (a parte superior e a inferior têm o mesmo tamanho); nos condrictes essa nadadeira é **assimétrica**, ou **heterocerca** (a parte superior é maior que a inferior). Os osteíctes têm uma nadadeira ímpar a mais, a anal (o ânus localiza-se à sua frente). Nos condrictes machos há o **clássper**, constituído por dois apêndices cartilagosos e que funciona como órgão copulatório (Fig. 9).

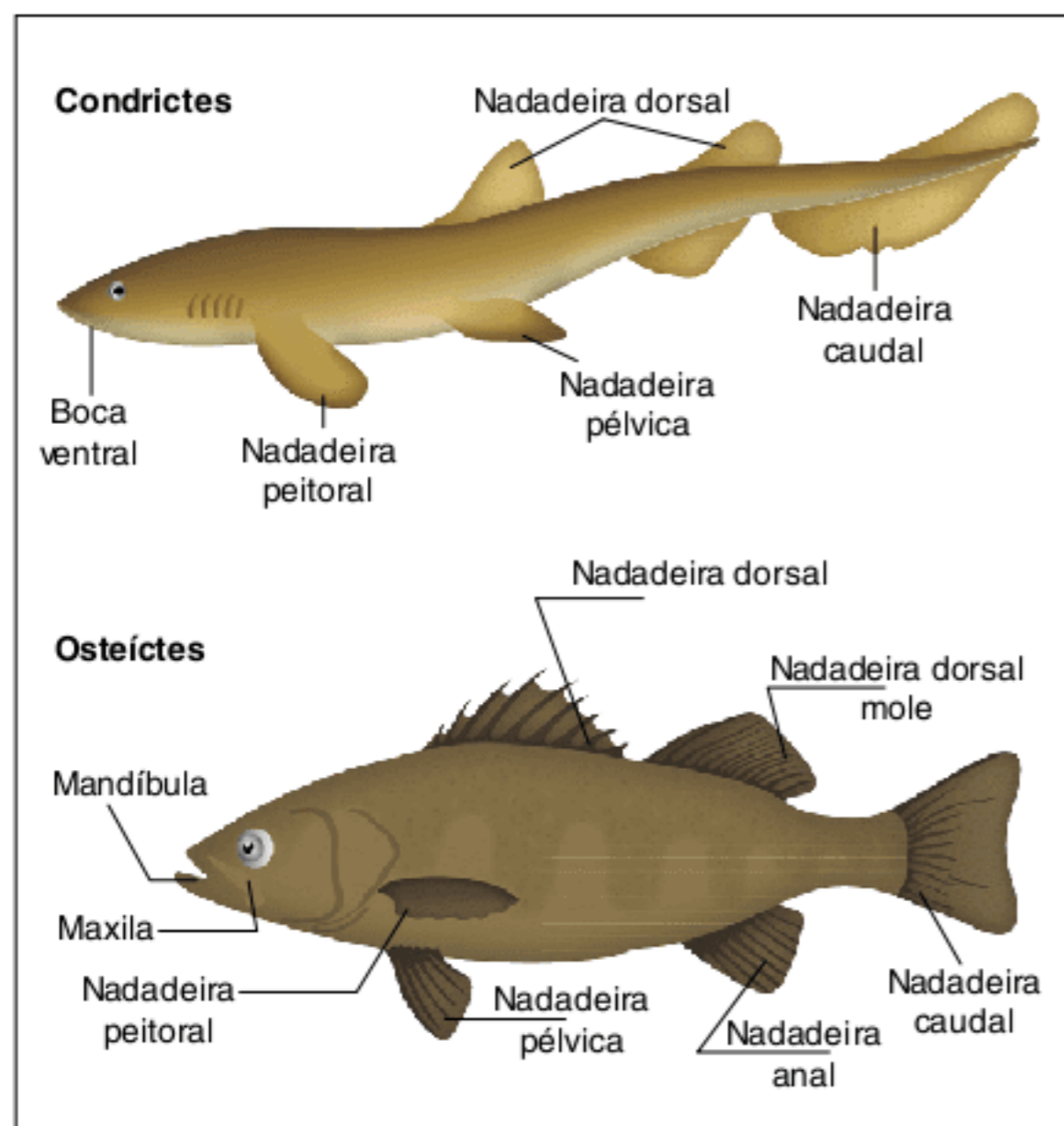


Fig. 9 Disposição das nadadeiras nos principais grupos de peixes.

Osteíctes apresentam **boca terminal**, isto é, localizada na extremidade anterior do corpo, enquanto a boca dos condrictes

tem posição **ventral**. As brânquias dos osteíctes são recobertas pelo **opérculo**, uma espécie de tampa que protege as brânquias, mas permite o fluxo de água. Os condrictes não têm opérculo, exceto a quimera; suas fendas faringianas são visíveis na superfície lateral do corpo.

A pele dos peixes normalmente tem **escamas**. Nos condrictes elas são denominadas **placoides** e originam-se da epiderme e da derme. A parte epidérmica, mais externa, é o **esmalte**; a parte dérmica, mais interna, é a **dentina**. Assim, essas escamas apresentam homologia em relação aos dentes. Como exemplo, podemos citar os dentes do tubarão, que são escamas desenvolvidas na região da boca. As escamas de osteíctes são de dois tipos principais: **cicloide** e **ctenoide**, sendo recobertas pela epiderme e com origem dérmica. A pele dos peixes ósseos costuma ser escorregadia, devido à secreção gerada pela atividade de **glândulas epidérmicas** (Fig. 10).

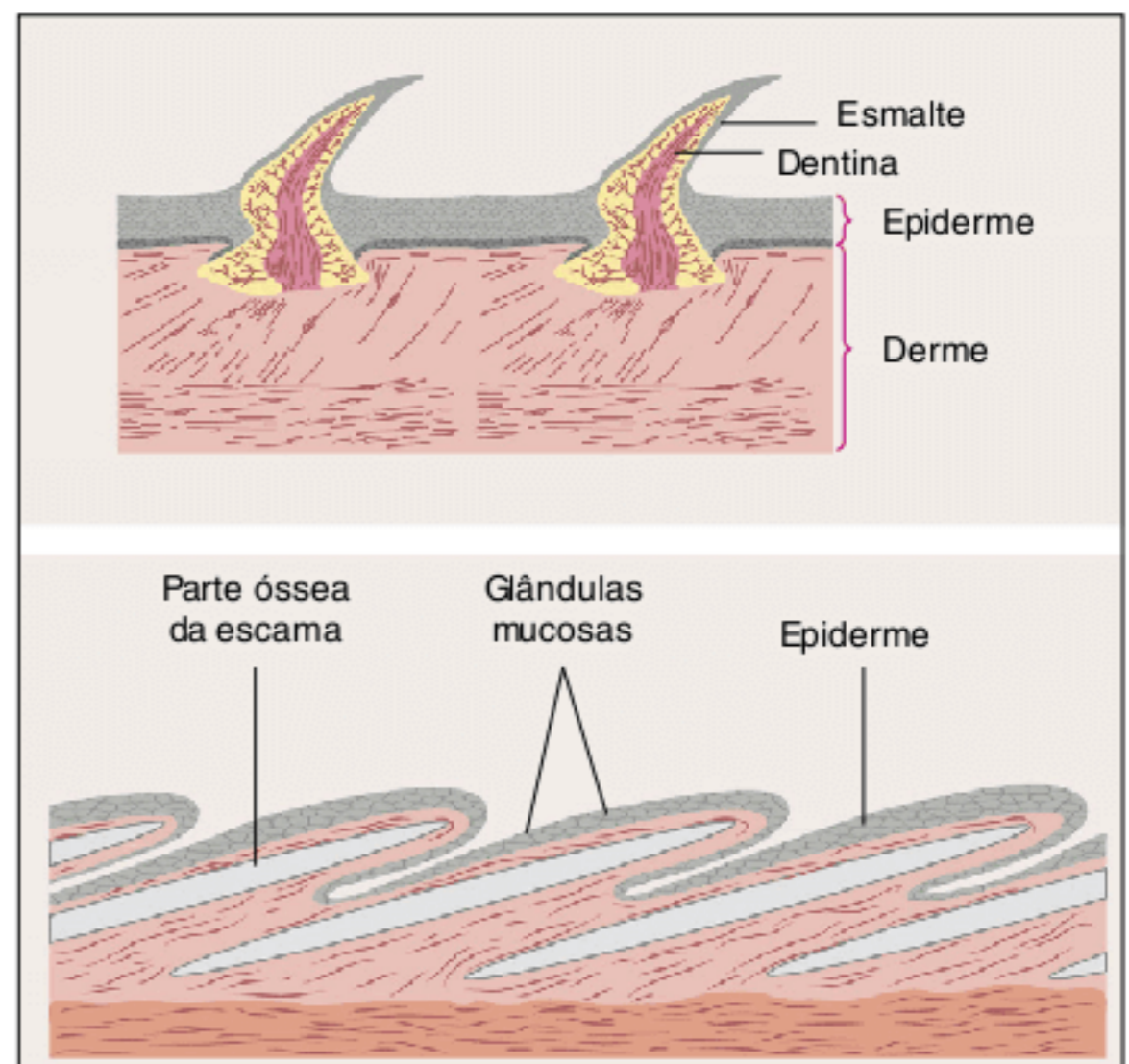


Fig. 10 Seções em corte da pele de um peixe cartilaginoso (superior) e ósseo (inferior).

### Aspectos fisiológicos

Peixes são dotados de **sistema digestório completo**. Os condrictes têm **cloaca**, estrutura por onde ocorre a eliminação de urina e de fezes. Os osteíctes apresentam **ânus**. Os gametas e a urina são eliminados em uma estrutura conhecida como **papila urogenital**, posterior ao ânus.

Nos seres humanos, a mastigação reduz o alimento a partículas menores e aumenta a superfície de contato com as enzimas digestivas. Peixes não mastigam o alimento e, normalmente, ingerem grandes quantidades de comida. No intestino dos condrictes, há a **válvula espiral** (ou **tíflossole**), estrutura que diminui o fluxo de alimento e o deixa mais tempo sob a ação das enzimas digestivas. Esse mecanismo torna a digestão eficiente mesmo sem mastigação. Nos osteíctes, há **cecos gástricos**, que aumentam a superfície de contato entre alimento e enzimas (Fig. 11).



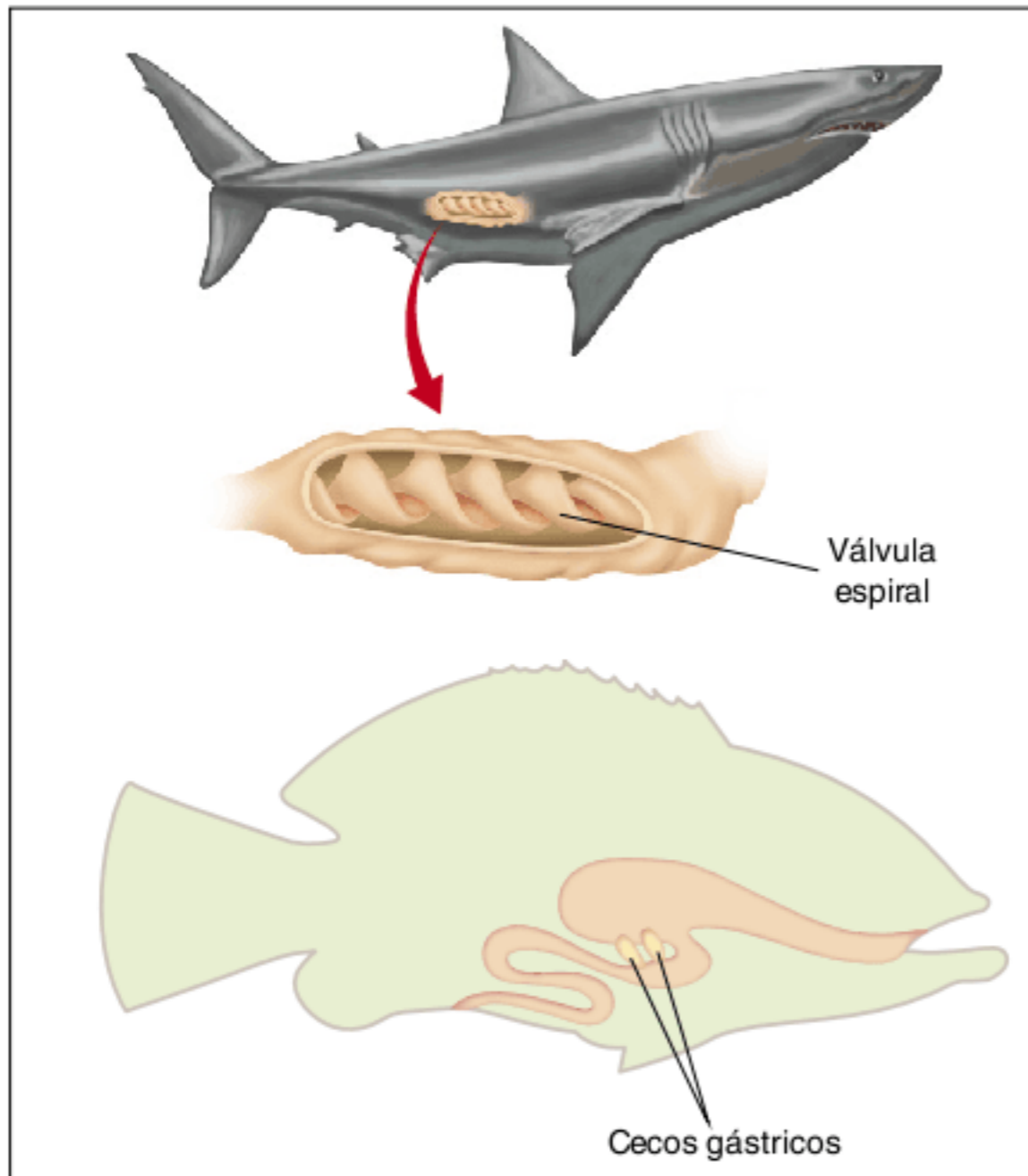


Fig. 11 Adaptações do sistema digestório dos peixes. Acima, a válvula espiral de condrictes, e, abaixo, os cecos gástricos de osteíctes.

Peixes apresentam **sistema circulatório fechado**. Seu coração é dotado de **duas câmaras**, um átrio e um ventrículo. No entanto, não será discutida detalhadamente a circulação dos peixes, pois isso ocorrerá, de maneira mais apropriada, depois do estudo da fisiologia da circulação em seres humanos. A temperatura do corpo dos peixes varia de acordo com a temperatura do ambiente. São denominados **heterotermos**, ou **pecilotermos** (antes conhecidos como animais de sangue frio).

O sistema excretor dos peixes apresenta um **rim** situado em posição dorsal. A urina é eliminada por meio da cloaca (em condrictes) ou por meio da abertura urinária da papila urogenital (nos osteíctes).

Peixes têm respiração tipicamente **branquial**. Nos condrictes há **espiráculos**, fendas branquiais modificadas, que permitem o fluxo de água do ambiente para as brânquias ou em sentido contrário. As brânquias são estruturas também relacionadas com a eliminação de excretas. Osteíctes excretam **amônia** e condrictes eliminam **ureia**. A ureia em tubarões tem um importante papel no equilíbrio osmótico, como será visto na fisiologia do sistema excretor. Há peixes dipnoicos, como a piramboia, que, além de brânquias, tem um **pulmão primitivo**. Esses peixes sobem até a superfície da água e obtêm gás oxigênio diretamente do ar.

Peixes ósseos apresentam a **bexiga natatória**, também conhecida como vesícula gasosa, uma estrutura que contém ar e realiza trocas gasosas com o sangue de sua parede, envolvendo principalmente gás oxigênio ( $O_2$ ). O  $O_2$  que vai para o sangue é eliminado com a água através das brânquias. O gás oxigênio, dissolvido no sangue, pode passar para o interior da bexiga natatória. A bexiga natatória permite ao peixe controlar sua densidade corporal, adequando-a ao nível da água em que

se encontra. Perto da superfície, a pressão da água é mais reduzida; com o aumento de profundidade, a pressão da água aumenta. Quando um peixe ósseo nada em direção à superfície, a tendência da bexiga natatória é sofrer expansão. Se isso ocorrer de maneira muito rápida, o animal terá uma subida descontrolada para a superfície. Assim, o animal vai controlando com suas nadadeiras a subida e vai enviando gás da bexiga natatória para o sangue; isso reduz a quantidade de gás da bexiga e equilibra a densidade do animal ao nível atingido, sem realizar um grande esforço muscular (Fig. 12).

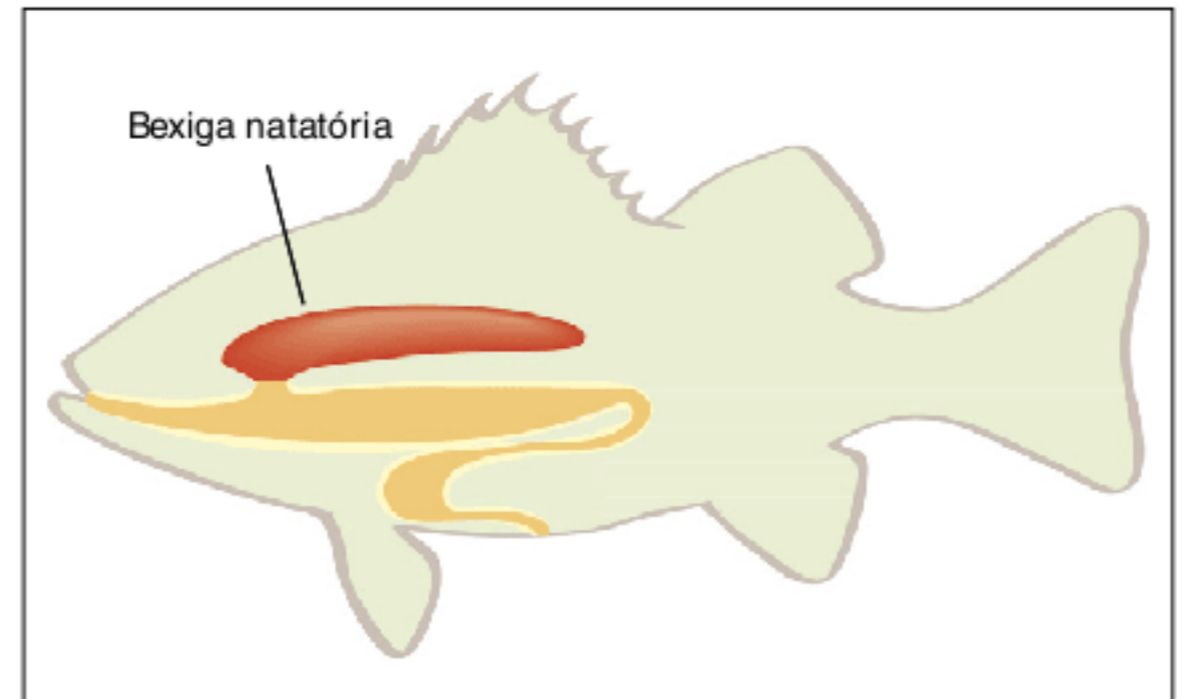


Fig. 12 Bexiga natatória de peixes ósseos.

Quando o animal vai para o fundo, passa a um nível com elevada pressão da água. Isso determina uma grande compressão da bexiga natatória. O animal passa a secretar gás da parede da bexiga para o seu interior, provocando um ajuste de densidade, adequando-a para esse nível de profundidade.

O sistema nervoso é mais complexo do que o dos ciclóstomos, tendo estruturas sensoriais diversificadas, como receptores olfativos, olhos e a **linha lateral**. A linha lateral está localizada de cada lado do peixe e tem um longo tubo central ligado à superfície do animal por diversos canais. Variações de pressão e de movimentação da água estimulam receptores ligados a nervos, que conduzem informações ao sistema nervoso central (Fig. 13). Muitos tubarões são equipados com sensores que captam o campo elétrico gerado pela atividade nervosa de animais.

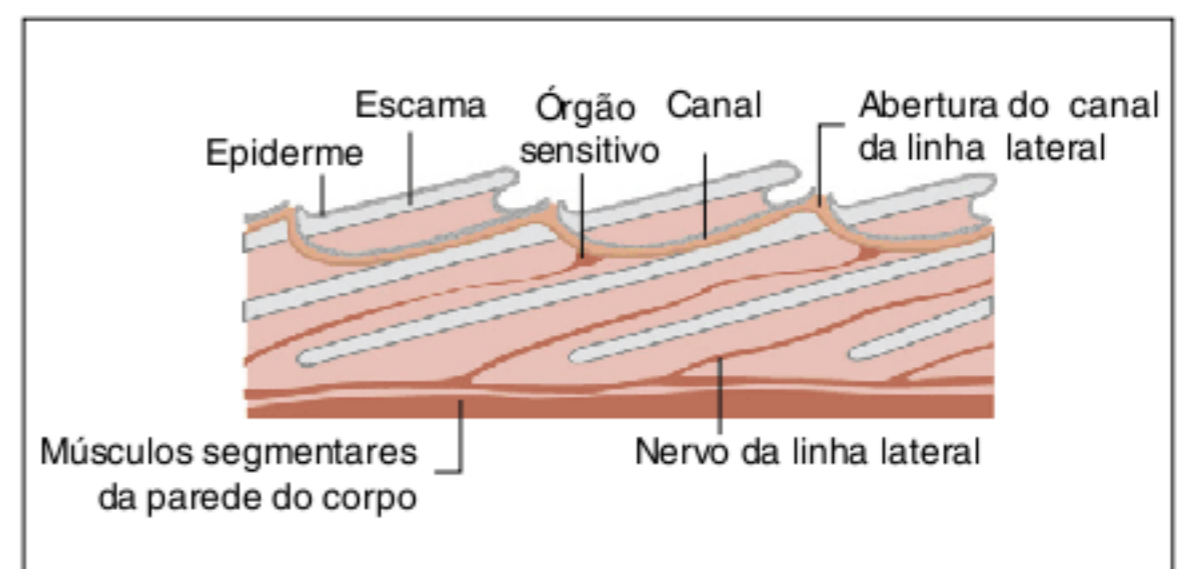


Fig. 13 Há uma linha lateral em cada lado do peixe, com um longo tubo ligado à superfície do corpo por canais. Canais e tubo central são preenchidos com água do ambiente. No interior do tubo, há receptores nervosos, que são estimulados pela movimentação da água e por variações de pressão. As informações são conduzidas por nervos ao sistema nervoso central.



O **esqueleto** constitui uma estrutura de sustentação e de proteção a vários órgãos; também é uma importante reserva de cálcio e de fosfato para o organismo. O esqueleto dos peixes é leve e isso é bem adaptativo à vida aquática, pois boa parte da sustentação é propiciada pela própria água. Ele é dividido em duas partes: **axial** e **apendicular** (inclui as nadadeiras). O esqueleto axial corresponde ao eixo de sustentação do corpo, sendo constituído por **caixa craniana**, **mandíbulas**, **arcos branquiais** e **coluna vertebral**. A caixa craniana protege o encéfalo; as mandíbulas são empregadas na obtenção do alimento; arcos branquiais permitem a sustentação mecânica das brânquias e a coluna vertebral protege a medula espinhal. Da coluna vertebral saem ossos que correspondem às costelas (são as “espinhas” do peixe).

O esqueleto apendicular tem a **cintura peitoral** ligada à coluna vertebral e às nadadeiras peitorais. As nadadeiras são dotadas de raios de sustentação que saem da base e se abrem de maneira similar a um leque. Peixes não têm cintura pélvica, estrutura óssea presente em vertebrados terrestres e que nela se articula com os membros posteriores. A coluna vertebral está unida às nadadeiras pélvicas por meio de ligamentos (Fig. 14). Há espécies de peixes que apresentam **nadadeiras lobadas**, de aspecto mais carnosas e com uma disposição de ossos diferente daquele padrão em raios. É o caso dos sarcopterígeos, como o celacanto. Atribui-se uma ligação evolutiva entre esse grupo de peixes e os vertebrados terrestres. Atualmente, os peixes não pertencentes ao grupo dos condrictes são separados em três classes: **osteíctes**, ou **actinoptérígeos**, **dipnoicos** e os **sarcopterígeos**, ou **actinistia**.

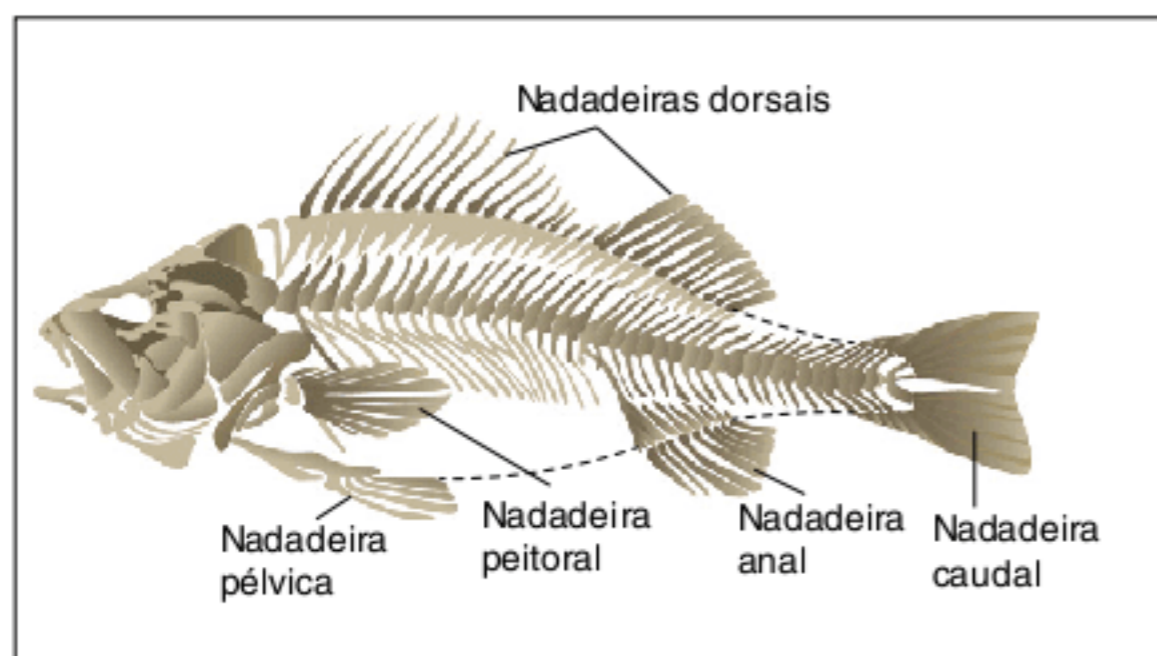


Fig. 14 Esqueleto de um peixe ósseo: nadadeiras são componentes do esqueleto.

### Reprodução dos peixes

Os **condrictes** têm **fecundação interna**. O clássper é o órgão copulatório, que transfere gametas do macho para a fêmea. O desenvolvimento é variável, podendo haver espécies **ovíparas**, **vivíparas** ou **ovovivíparas**. Nas espécies ovíparas, a fêmea elimina o ovo na água. No interior desse ovo há um embrião que é nutrido pelas suas abundantes reservas. Dele emerge um novo organismo, semelhante ao adulto. Nas espécies vivíparas, os embriões desenvolvem-se no interior da mãe e são ligados à parede do sistema reprodutor feminino. Os nutrientes e o gás

oxigênio são transferidos do sangue materno para o embrião. Não há uma placenta verdadeira, mas uma estrutura análoga. Nas espécies ovovivíparas, o embrião desenvolve-se no interior da mãe, mas é nutrido por reservas presentes no ovo.

Nos **osteíctes**, ocorre **fecundação externa**, com macho e fêmea liberando seus gametas na água. O embrião desenvolve-se em formas jovens, denominadas **alevinos**. Também há espécies **vivíparas**.

### Vertebrados terrestres

Vertebrados terrestres são originalmente dotados de quatro membros, sendo, por isso, designados como **tetrápodes**. Os grupos atuais de tetrápodes são: **anfíbios**, **répteis**, **aves** e **mamíferos**.

**Anfíbios** compreendem sapo, rã, perereca, salamandra e cobra-cega. Têm **pele fina e permeável**, com capacidade de realizar trocas gasosas. Geralmente, têm **fecundação externa** e **desenvolvimento indireto** (Fig. 15).



Fig. 15 Exemplos de anfíbios: sapo, salamandra e cobra-cega.

**Répteis** incluem jacaré, tartaruga, jabuti e lagarto. Sua **pele é impermeável** e têm **respiração exclusivamente pulmonar**. Sua **fecundação é interna**. Geralmente, apresentam **ovo com casca** e o **desenvolvimento é direto** (Fig. 16).



Fig. 16 Exemplos de répteis: jacaré, lagarto e jabuti.

**Aves** constituem um ramo evolutivo muito próximo ao grupo atual dos crocodilos. Incluem pássaros, pombos, patos, pinguins, garças, pelicanos e gaviões. A **pele é impermeável** e dotada de **penas**. Muitas são capazes de **voar** (Fig. 17).



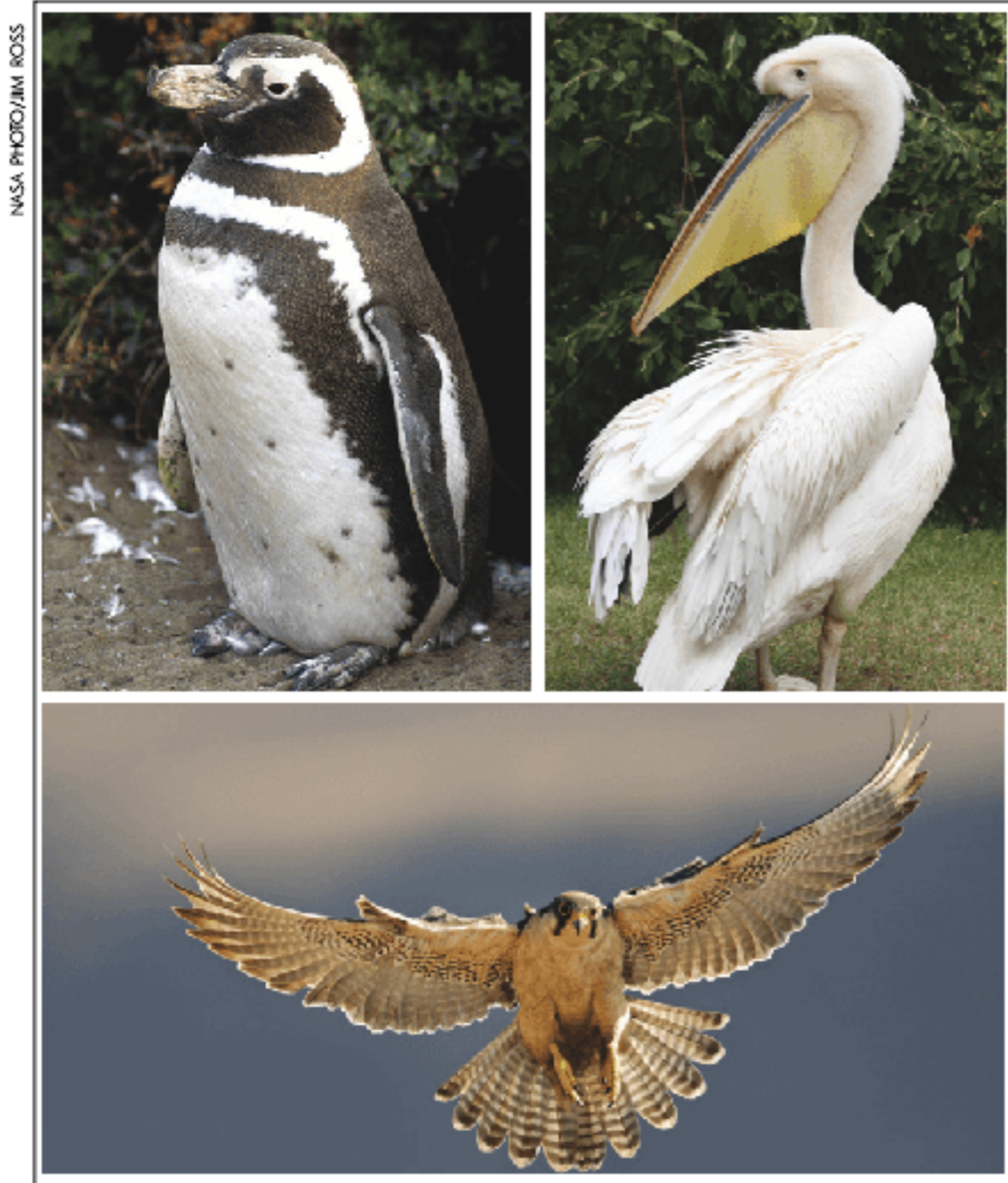


Fig. 17 Exemplos de aves: pinguim, pelicano e gavião.

**Mamíferos** são descendentes de outra linhagem de répteis. Eles têm **pelos** e **glândulas mamárias**. São os vertebrados mais complexos e apresentam enorme diversidade, ocupando

os mais variados ambientes, como desertos, rios, mares, florestas e regiões polares (Fig. 18).



Fig. 18 Exemplos de mamíferos: coala, urso-polar e baleia.

O tempo geológico é dividido em eras, que são constituídas por períodos. A tabela 2 mostra alguns pontos relevantes da história evolutiva dos animais ao longo das eras Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica. Por razões didáticas, não serão abordados eventos do Proterozoico ou de períodos anteriores a ele. Observe na Tabela 2 a referência numérica que marca o início do segmento de tempo considerado.

Era	Período (em milhões de anos atrás)	Ocorrências com animais
Cenozoica, também conhecida como idade dos mamíferos.	Quaternário (7)	Surgimento do gênero <i>Homo</i> (2 milhões de anos).
	Terciário (65)	Diversificação dos mamíferos. Surgimento de primatas.
Mesozoica, também conhecida como idade dos répteis.	Cretáceo (136)	Grande extinção, inclusive dos ancestrais das aves. Existência dos maiores répteis.
	Jurássico (195)	Peixes ósseos diversificados. Crustáceos modernos. Dinossauros passam a dominar.
	Triássico (225)	Ancestrais de dinossauros. Surgimento de mamíferos e aves.
Paleozoica	Permiano (280)	Extinção de muitos invertebrados e de anfíbios. Surgimento de répteis semelhantes a mamíferos.
	Carbonífero (345), também conhecido como idade dos anfíbios.	Anfíbios diversificam-se. Primeiros répteis. Grande extinção.
	Devoniano (395), também conhecido como idade dos peixes.	Grande diversidade de peixes. Primeiros insetos e tubarões. Surgimento de anfíbios.
	Siluriano (435)	Surgimento de gnatostomados. Primeiros artrópodes terrestres.
	Ordoviciano (500)	Gnatostomados e moluscos diversificam-se.
	Cambriano (570)	Surgimento de agnatostomados.

Tab. 2 Eras geológicas e a história evolutiva dos vertebrados.



## Anfíbios

No período devoniano, um grupo de peixes ósseos passou por importantes modificações evolutivas, dando origem a vertebrados adaptados ao meio terrestre, os primeiros anfíbios. Os anfíbios correspondem a um grupo de transição entre o meio aquático e o meio terrestre; os répteis efetivaram essa conquista. Com o tempo, a partir de diferentes linhagens de répteis, foram geradas as aves e os mamíferos.

### Aspectos externos e fisiológicos

As aquisições evolutivas mais significativas que deram origem aos anfíbios foram, principalmente, no sistema circulatório, no esqueleto, na excreção e no tegumento.

### Sistema circulatório e temperatura

O coração dos anfíbios é mais complexo do que o dos peixes. Apresenta **três cavidades**: dois átrios e um ventrículo (neste capítulo não será detalhada a circulação). Anfíbios são vertebrados **pecilotermos**, ou **heterotermos**, isto é, sua temperatura corporal varia conforme a temperatura do ambiente.

### Esqueleto

Anfíbios têm esqueleto mais robusto do que o dos peixes e suporta a ausência da sustentação proporcionada pela água. Seu esqueleto é dotado de **cinturas peitoral e pélvica**, associada aos membros capazes de realizar deslocamento em meio terrestre, principalmente com movimentos saltatórios. Pererecas possuem **ventosas** nas extremidades dos dedos, o que lhes permite subir em árvores com facilidade (Fig. 19).

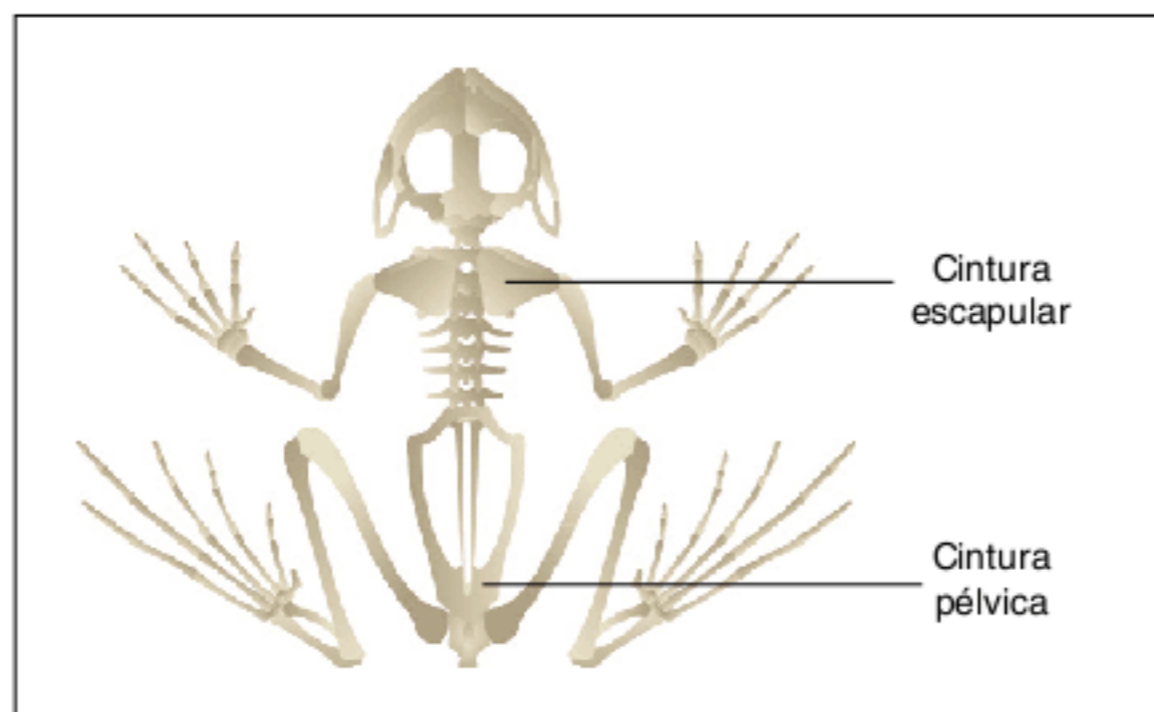


Fig. 19 Esqueleto de sapo: membros permitem que se desloquem em meio terrestre, principalmente com movimentos saltatórios.

### Excreção

Muitos anfíbios têm **fase larval aquática (girinos)**, que excretam principalmente **amônia**, de alta toxicidade. As larvas dispõem de água abundante para a diluição dessa excreta. Normalmente, **anfíbios adultos** são de **meio terrestre úmido**, como ocorre com o sapo e a perereca. Eles excretam **ureia**, um composto nitrogenado com menor toxicidade do que a amônia. A excreção de ureia é mais econômica, em termos de água, do que a amônia.

### Respiração

Os anfíbios, normalmente, apresentam a forma adulta adaptada ao meio terrestre úmido e a larva adaptada à vida em água

doce. A **larva** apresenta respiração **branquial e cutânea**, enquanto os **adultos terrestres** têm respiração **cutânea e pulmonar**. Uma importante aquisição dos adultos foi o desenvolvimento de **pulmões**, permitindo a realização de trocas gasosas com o ar. Os pulmões de anfíbios são como dois sacos sem subdivisões, tendo uma pequena superfície para trocas gasosas (Fig. 20).



Fig. 20 Pulmão de uma salamandra: órgão com estrutura bastante simplificada.

### Tegumento

O revestimento do corpo (tegumento) é constituído pela **pele**, que é fina, úmida e permeável. No entanto, esse tipo de pele permite a realização de **trocas gasosas**, mas torna os anfíbios restritos a ambientes terrestres úmidos. Em meio terrestre seco, poderiam sofrer rapidamente **desidratação** e morrer. A epiderme tem pouca **queratina**, uma proteína que propicia a impermeabilização da pele; e apresenta **anexos**, como as glândulas produtoras de muco, que protegem a pele. Muitas espécies têm glândulas produtoras de veneno. Algumas espécies dotadas de pele com veneno apresentam cores vistosas. Isso corresponde à **coloração de advertência**, que evita o ataque de predadores. Na parte dorsal de sapos, há duas **glândulas paratoides**, com aspecto de almofadas. Elas contêm veneno, que é liberado quando as glândulas são comprimidas, por exemplo, quando uma cobra abocanha o sapo. Frequentemente, ela acaba não ingerindo o animal (Fig. 21).



Fig. 21 Sapos podem apresentar glândulas de veneno, como as glândulas paratoides presentes na região dorsal.



**Sistema nervoso**

O sistema nervoso é mais desenvolvido que o dos peixes. A **linha lateral** está presente na larva, mas desaparece durante a metamorfose e o adulto não possui essa estrutura. Nos adultos, há **membranas timpânicas** externas e visíveis, conferindo-lhes a capacidade de captar os sons do ambiente terrestre. Os **olhos** dos anfíbios são bem desenvolvidos.

**Sistema digestório**

Larvas de sapos alimentam-se de algas e vegetais aquáticos. Sapos adultos alimentam-se de insetos. Projetam sua longa língua e capturam pequenos animais que são engolidos sem ser realizada a mastigação. Existe uma **doaca**, por onde são eliminadas as fezes, a urina e os gametas.

**Classificação e reprodução**

Os anfíbios são divididos em três ordens: anuros, urodelos e ápodes. Os **anuros** têm patas e não apresentam cauda; incluem sapo, rã e perereca. Os **urodelos** têm patas e são dotados de cauda; incluem as salamandras e os tritões. Muitos urodelos apresentam **neotenia**, isto é, em sua fase larval tornam-se sexualmente maduros e com capacidade de reprodução.

Os **ápodes** têm o corpo cilíndrico e não possuem patas, como a cobra-cega, de ambiente terrestre úmido, com olhos rudimentares. Apresentam **fecundação interna e não têm desenvolvimento larval**.

Os **anuros e urodelos** são **dioicos**, com **fecundação externa**. Os ovos não têm casca e são bastante suscetíveis ao ressecamento. Os embriões geram larvas (as larvas dos sapos e das rãs são os **girinos**). O girino sofre metamorfose e se desenvolve em um indivíduo adulto. O girino tem cauda, empregada em sua natação; a respiração é branquial e também cutânea. O animal apresenta linha lateral, como ocorre nos peixes (Fig. 22).

Com o desenvolvimento do girino, ocorre o desaparecimento da cauda e das brânquias. Muitos materiais da cauda da larva são reabsorvidos e empregados na construção de diversas estruturas do adulto, como as patas. Essa mudança envolve a atividade de **enzimas lisossômicas**.

**Répteis**

Um importante marco na história evolutiva dos animais foi o surgimento dos répteis **cotilossauros**, a partir de anfíbios. Isso ocorreu há cerca de 310 milhões de anos, no período Carbonífero. Dos cotilossauros originaram-se os diversos grupos de répteis. Precocemente, desse tronco evolutivo, foram gerados os componentes do grupo das tartarugas, que permaneceu sem mudanças muito grandes. Uma linhagem dos cotilossauros, durante o Permiano, gerou o grupo dos **terapsídeos**, que conduziu aos mamíferos. A partir dos cotilossauros, mais para o final do Permiano, em torno de 230 milhões de anos atrás, foi formado o grupo dos **tecodontes**, um grande ramo que gerou o grupo dos crocodilos, dos dinossauros e das aves. O grupo das

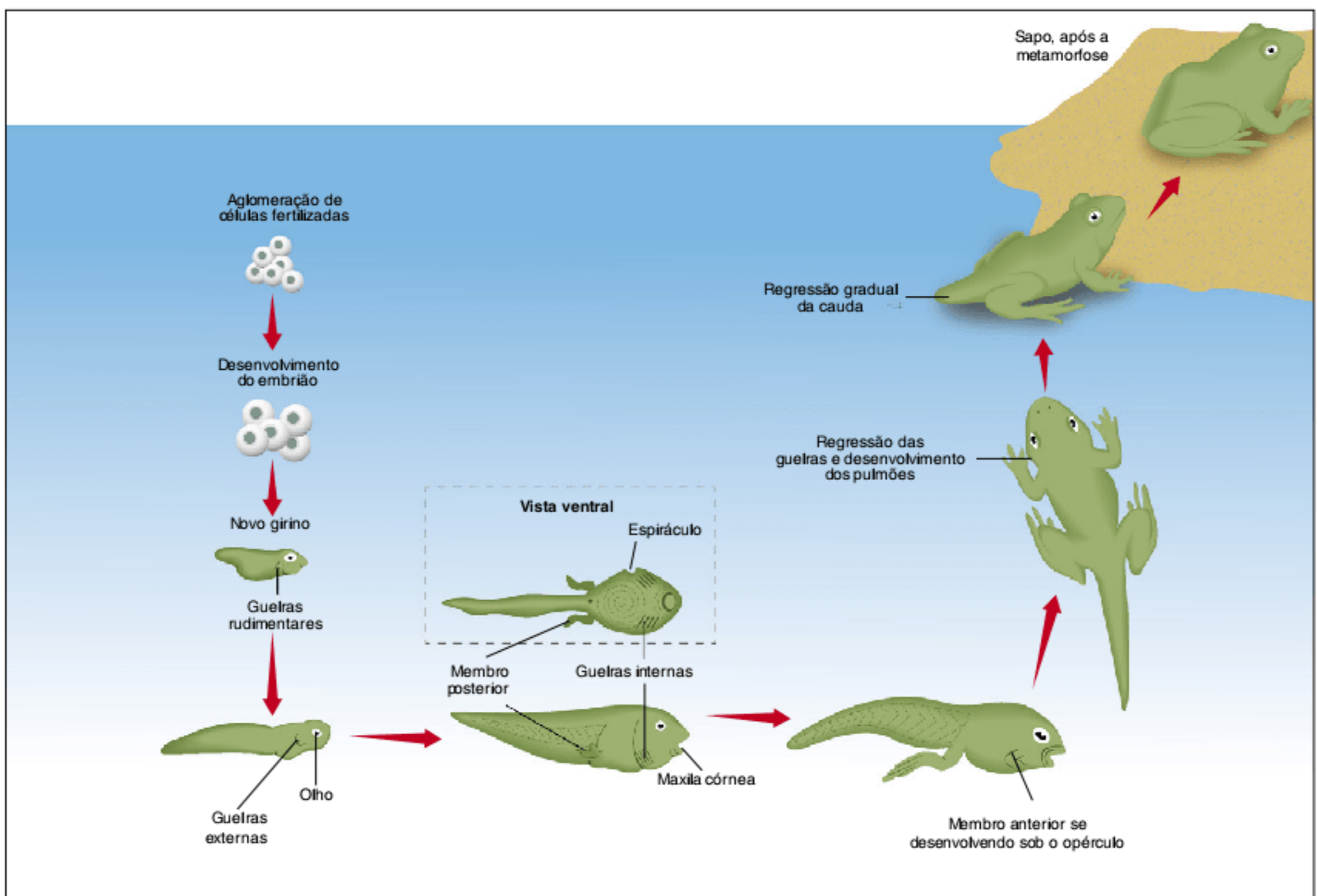


Fig. 22 Representação do ciclo de vida de um sapo.



serpentes e dos lagartos também teve sua origem a partir dos tecodontes (Fig. 23).

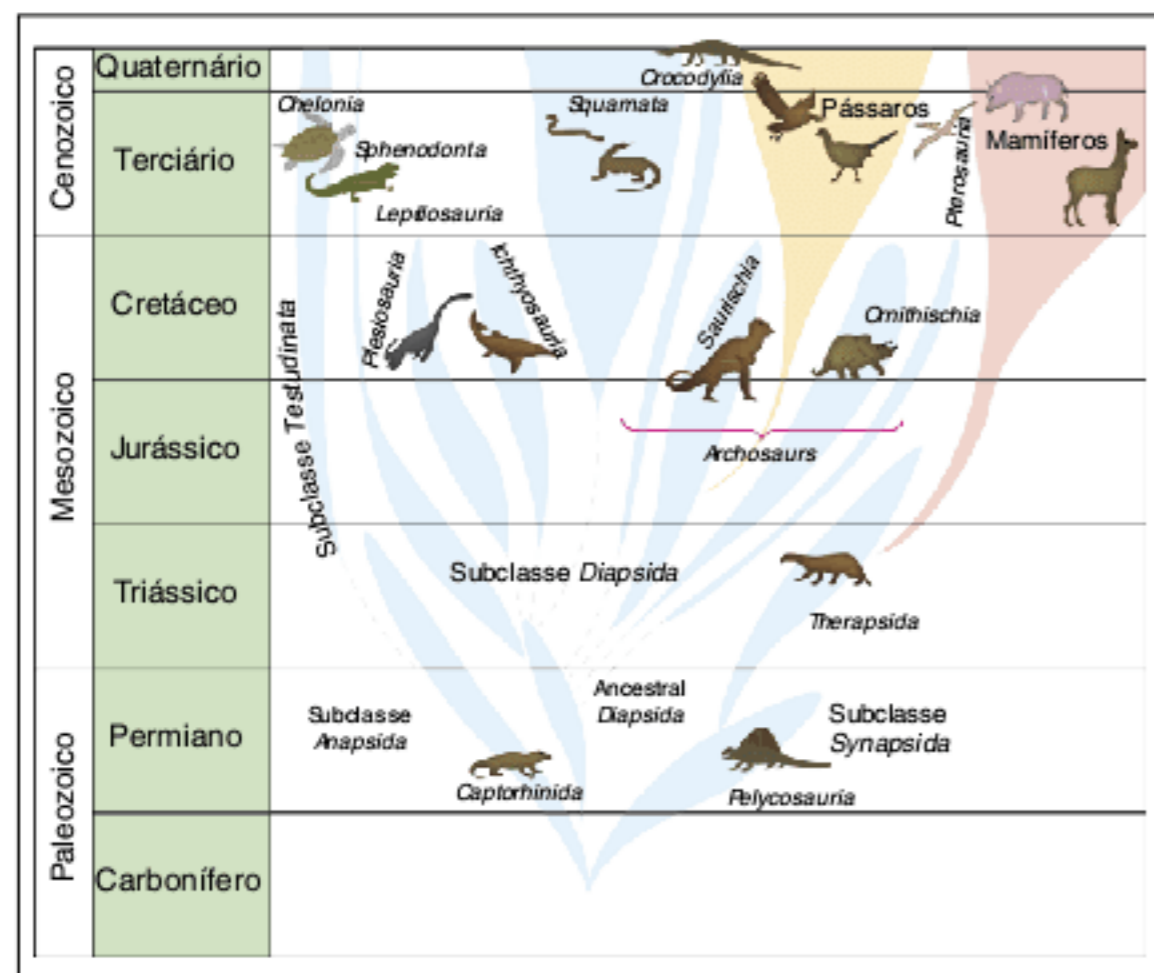


Fig. 23 Representação da filogenia de diversos grupos de répteis.

### Aspectos externos e fisiológicos

As aquisições evolutivas mais significativas que deram origem aos répteis foram, principalmente, no esqueleto, na excreção, na respiração e no tegumento. Além disso, a reprodução envolve fecundação interna e ovo com casca. Tudo isso está estreitamente relacionado com a conquista do ambiente terrestre pelos répteis.

### Sistema circulatório e temperatura

O coração da maioria dos répteis tem **três cavidades**: dois átrios e um ventrículo parcialmente dividido; nos **crocodilos**, o coração apresenta **quatro cavidades**. Répteis são vertebrados **peclitermos**, ou **heterotermos**, isto é, sua temperatura corporal é variável. Podem empregar comportamentos, como exposição ao sol, para se aquecerem até atingir uma temperatura adequada para suas atividades. Por isso, são considerados **ectotérmicos**, já que a elevação da temperatura corporal deve-se, principalmente, ao calor do ambiente. Por outro lado, o resfriamento do corpo deve-se à dissipação de calor para o ambiente.

### Esqueleto

Na evolução dos répteis a partir de anfíbios, houve uma notável expansão da caixa torácica e aumento do volume dos pulmões. Os membros tornaram-se mais robustos, permitindo maior mobilidade em meio terrestre. Eles estão ligados às **cinturas escapular e pélvica** e têm uma disposição arqueada em relação ao eixo do corpo, que é mantido próximo ao solo (o nome do grupo vem do latim, *reperere*, que significa rastejar). A manutenção dessa postura arqueada dos membros requer elevado esforço muscular (Fig. 24).



Fig. 24 Exemplar de lagarto com postura arqueada dos membros.

### Excreção

Répteis excretam **ácido úrico**, composto de pequena toxicidade e que necessita de pequena quantidade de água para ser armazenado ou eliminado. Devido a isso, a urina dos répteis apresenta pouca água, o que contribui para a sobrevivência desses animais em ambiente terrestre seco. Ácido úrico também é a excreta nitrogenada de aves, insetos, miriápodes e muitos aracnídeos.

### Respiração

As trocas gasosas não são realizadas através da pele, que é impermeável. A respiração é **pulmonar**, sendo que os pulmões dos répteis têm subdivisões e apresentam maior superfície de trocas gasosas do que os pulmões de anfíbios (Fig. 25). Tartarugas marinhas podem apresentar respiração **cloacal**.

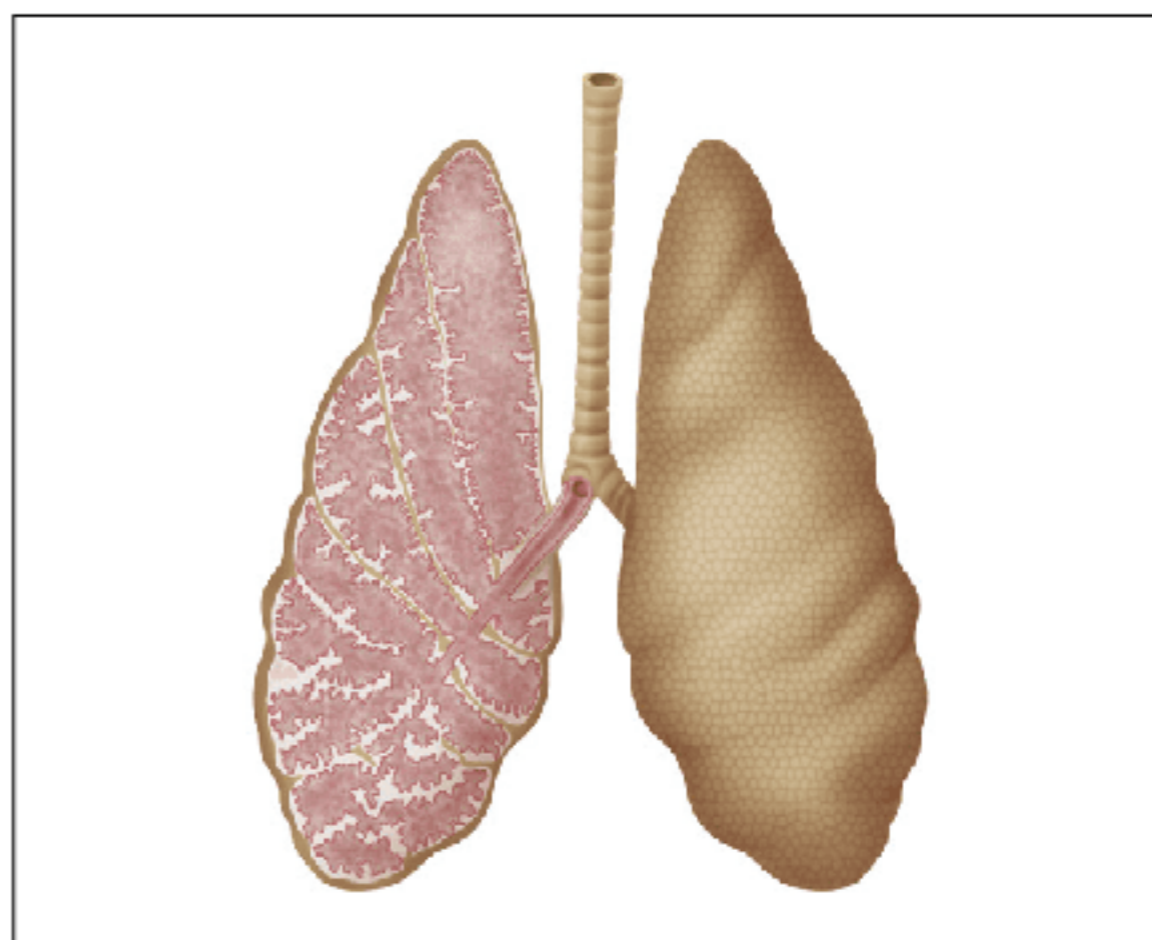


Fig. 25 Pulmão de lagarto. O pulmão dos répteis apresenta maior superfície de trocas gasosas do que o dos anfíbios.

### Tegumento

Outro importante fator na adaptação dos répteis ao meio terrestre é a **impermeabilização da pele**, devido à grande quantidade de **queratina** em sua superfície. A epiderme é **espessa**,



seca e impermeável. Esse tipo de pele torna os répteis capazes de sobreviver em ambiente terrestre seco, uma vez que são mais protegidos contra a desidratação. A epiderme é pobre em glândulas. Lagartos machos apresentam **poros femorais** que liberam secreções, servindo como elementos de atração sexual para as fêmeas. A epiderme apresenta anexos, como garras, bico e escamas. Alguns têm ossos dérmicos, como crocodilos e tartarugas (Fig. 26).

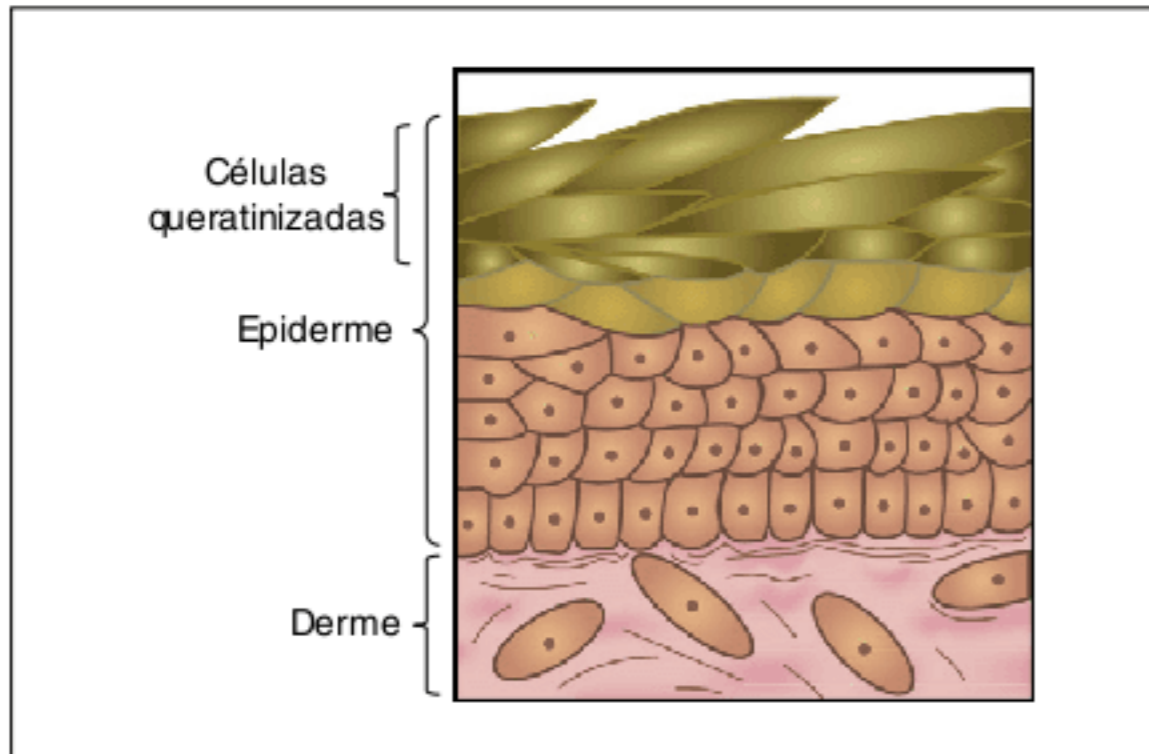


Fig. 26 Estrutura da pele de um réptil.

### Sistema nervoso

O encéfalo é mais desenvolvido do que o dos anfíbios. Répteis não apresentam linha lateral (presente em peixes e larvas de anfíbios). Eles têm membrana timpânica mais interiorizada no crânio, permitindo a captação de sons do ambiente, exceto em serpentes, que não têm audição. Os olhos são bem desenvolvidos e protegidos por uma espécie de terceira pálpebra, a **membrana nictitante**, útil em mergulhos e na proteção contra partículas do ar. Há várias estruturas sensoriais: a língua de serpentes e de lagartos coleta substâncias no ar e as conduz para a cavidade da boca, onde há receptores químicos (**órgão de Jacobson**), com um sentido correspondente ao olfato. Em serpentes do grupo da cascavel e da jararaca, há a **fosseta loreal**, entre as narinas e os olhos. Essa estrutura é sensível à radiação infravermelha, permitindo localizar animais homeotermos (como aves e mamíferos) durante a noite (Fig. 27).

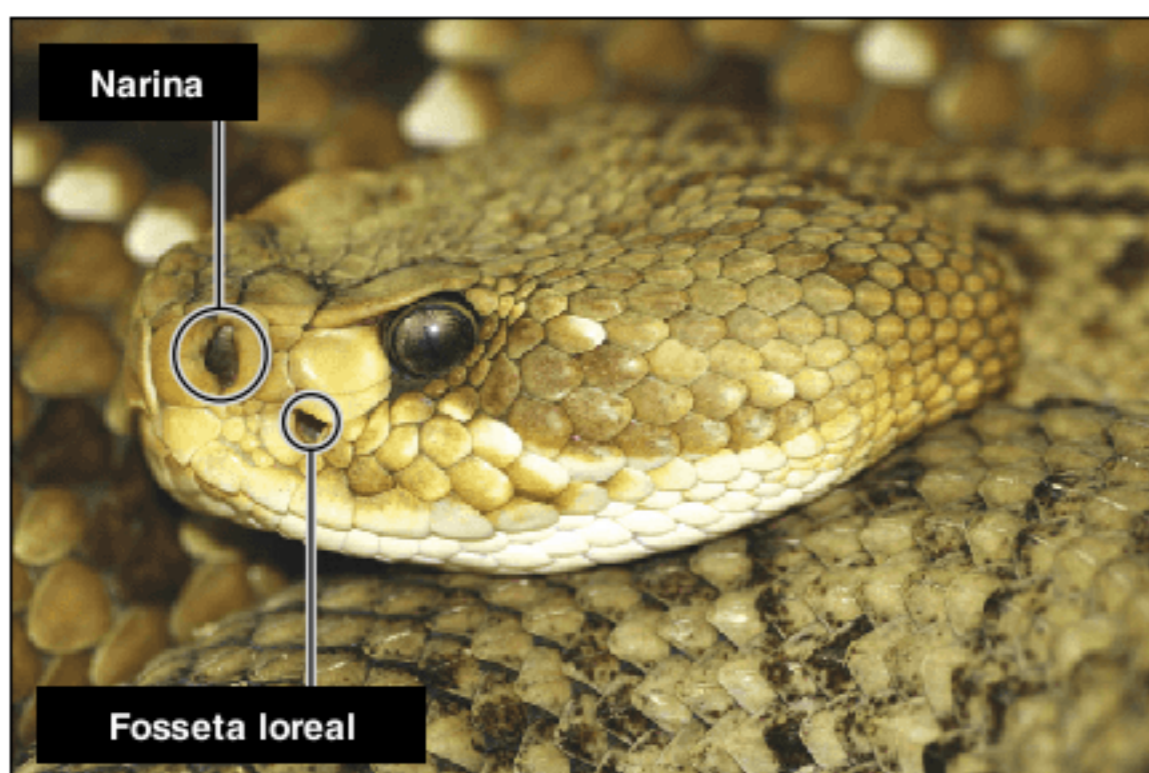


Fig. 27 Localização da fosseta loreal em uma espécie de cascavel.

### Sistema digestório

Tartarugas e jabutis apresentam **bico**, mas muitos répteis têm boca equipada com **dentes**. Geralmente, eles têm aspecto mais homogêneo do que os dentes de mamíferos. Uma especialização é constatada em **serpentes peçonhentas**: as presas inoculadoras de veneno. O texto complementar deste capítulo traz mais informações sobre as serpentes peçonhentas. Geralmente, os répteis (como as serpentes) ingerem presas inteiras ou comem grandes pedaços, tendo a mastigação pouca participação. Existe uma **cloaca**, por onde são eliminadas as fezes, a urina e os gametas. Os machos apresentam pênis, permitindo a realização de **fecundação interna**.

### Classificação e reprodução

Os répteis são divididos em três ordens: escamados, quelônios e crocodilianos. Os **quelônios** compreendem as tartarugas, os cágados e os jabutis. São répteis que se diferenciaram muito cedo, a partir dos cotilossauros, e não apresentaram mudanças expressivas até os dias atuais. Possuem uma **carapaça** rígida, que protege boa parte de seu corpo. **Crocodilianos** incluem crocodilos, jacarés, aligatores e gaviais. É um grupo evolutivamente relacionado às aves e aos extintos dinossauros.

Os escamados (*Squamata*) são divididos em **lacertílios** (lagartos e iguanas) e **ofídios** (as serpentes). Uma diferença entre esses dois grupos é que os lacertílios geralmente têm patas e apresentam cauda; os ofídios não têm patas. No entanto, há outra diferença relevante: os ofídios apresentam osso quadrado ligando a mandíbula ao crânio, possibilitando grande abertura da boca; os lacertílios são desprovidos desse osso (Fig. 28). A cobra-de-vidro é um réptil sem patas, mas não pertence ao grupo dos ofídios, pois não tem o osso quadrado. Trata-se, portanto, de um lacertílio.

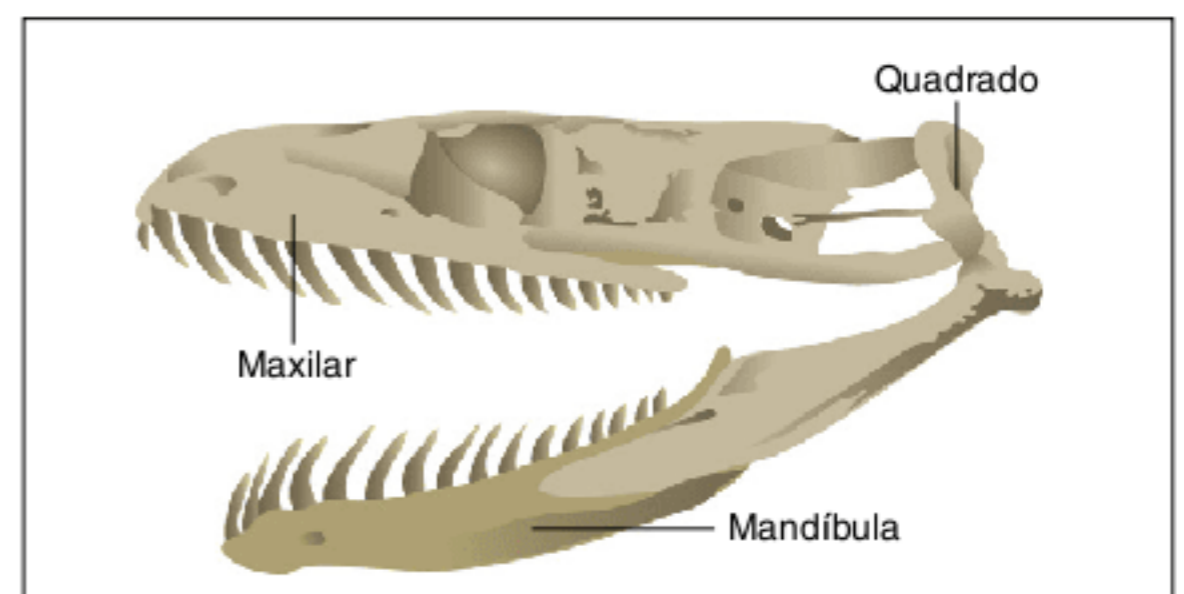


Fig. 28 Ossos da cabeça de um ofídio. O osso quadrado é uma exclusividade desse grupo.

Em relação à reprodução, esses animais são **dioicos**, de **fecundação interna** e **desenvolvimento direto**. Há serpentes **víparas**, mas os répteis geralmente são **ovíparos**. Os ovos têm casca rígida e apresentam grande quantidade de **vitelo** (gema), sendo classificados como megalécitos. Além da gema, há a clara (**albume**), rica em proteína. Uma parte da clara apresenta a **calaza**, constituída por albumina bastante densa e que contribui para manter a gema em posição mais centralizada. A casca confere proteção mecânica e impede o ressecamento. No entanto,



ela é porosa e isso permite a realização de trocas gasosas com o ambiente. Logo abaixo da casca, encontra-se a sua membrana, que apresenta uma separação delimitando a câmara de ar, onde as trocas gasosas são intensas. Sobre a gema, pode haver um disco germinativo, que corresponde ao embrião nos estágios iniciais de desenvolvimento. Esse assunto foi estudado nas aulas de Embriologia do Livro 1 (Fig. 29).

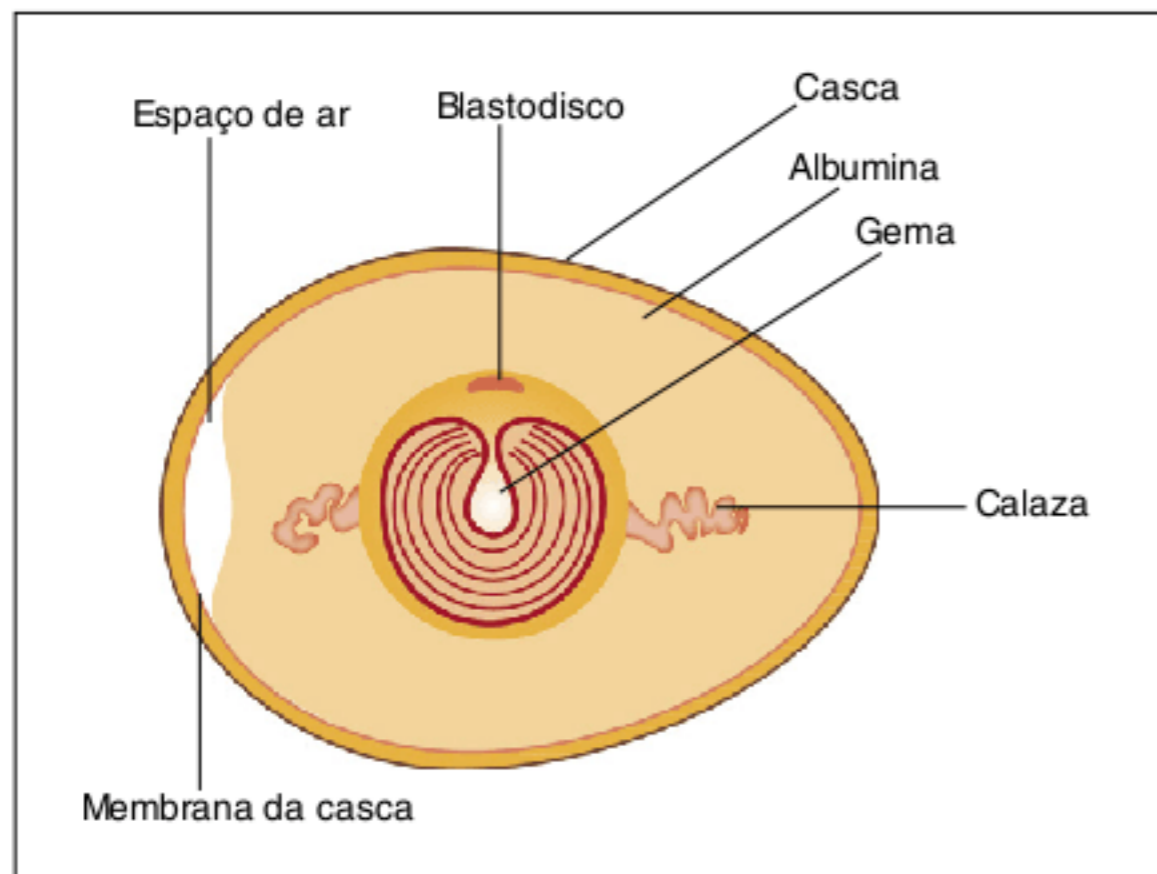


Fig. 29 Ovo com casca, presente em répteis e aves.

O embrião é dotado de anexos (**âmnio, alantoide, saco vitelínico e cório**), membranas que apresentam vasos sanguíneos e que contribuem para o seu desenvolvimento. Os anexos embrionários serão discutidos ao final deste capítulo. O embrião desenvolve-se no interior do ovo, gerando um novo indivíduo.

## Aves

Aves são estreitamente relacionadas com os répteis, sendo descendentes de um grupo de pequenos dinossauros bípedes, isto é, que se deslocavam apoiados em duas patas. Entre os répteis atuais, apresentam parentesco mais próximo com os crocilianos. As aves apresentam diversas características reptilianas: epiderme bastante queratinizada; têm respiração exclusivamente pulmonar; seu coração tem quatro cavidades e excretam ácido úrico. Além disso, a reprodução é totalmente adaptada ao meio terrestre, com fecundação interna e ovo com casca.

## Aspectos externos e fisiológicos

Aves apresentam diferenças expressivas em relação aos répteis, principalmente na temperatura corporal, no tegumento, no esqueleto, no sistema respiratório e no sistema digestório. Muitas das aquisições evolutivas das aves estão relacionadas com o desenvolvimento do voo.

## Sistema circulatório e temperatura

Em relação à temperatura, as aves são animais de **sangue quente**, ou **homeotermos**, isto é, mantêm a temperatura corporal constante, independentemente da temperatura do ambiente. Isso contribui para a sobrevivência de aves em vários tipos de ambientes, como locais muito quentes e até em regiões polares. Grande parte do calor tem sua origem no metabolismo

celular, principalmente através da respiração celular, processo que degrada combustível celular e libera energia. Uma parte dessa energia é acumulada temporariamente na forma de ATP e outra parte é dissipada na forma de calor. As aves são, por isso, consideradas **endotérmicas**. A eficiência dos processos de respiração celular (e a conseqüente liberação de calor) depende de uma boa oxigenação dos tecidos. Isso se relaciona com o transporte eficiente de oxigênio promovido pelo sistema circulatório, cujos detalhes serão discutidos juntamente com a fisiologia humana.

## Esqueleto

O esqueleto das aves geralmente tem ossos leves. Alguns contêm ar (**ossos pneumáticos**), o que diminui a densidade corporal e contribui para o voo. Os membros anteriores são modificados em asas e os membros posteriores permitem o deslocamento com apoio em um substrato. São, portanto, bípedes. A **quilha**, ou **carena**, é uma projeção do osso esterno. Na quilha, prendem-se os músculos peitorais, os quais acionam as asas (Fig. 30).

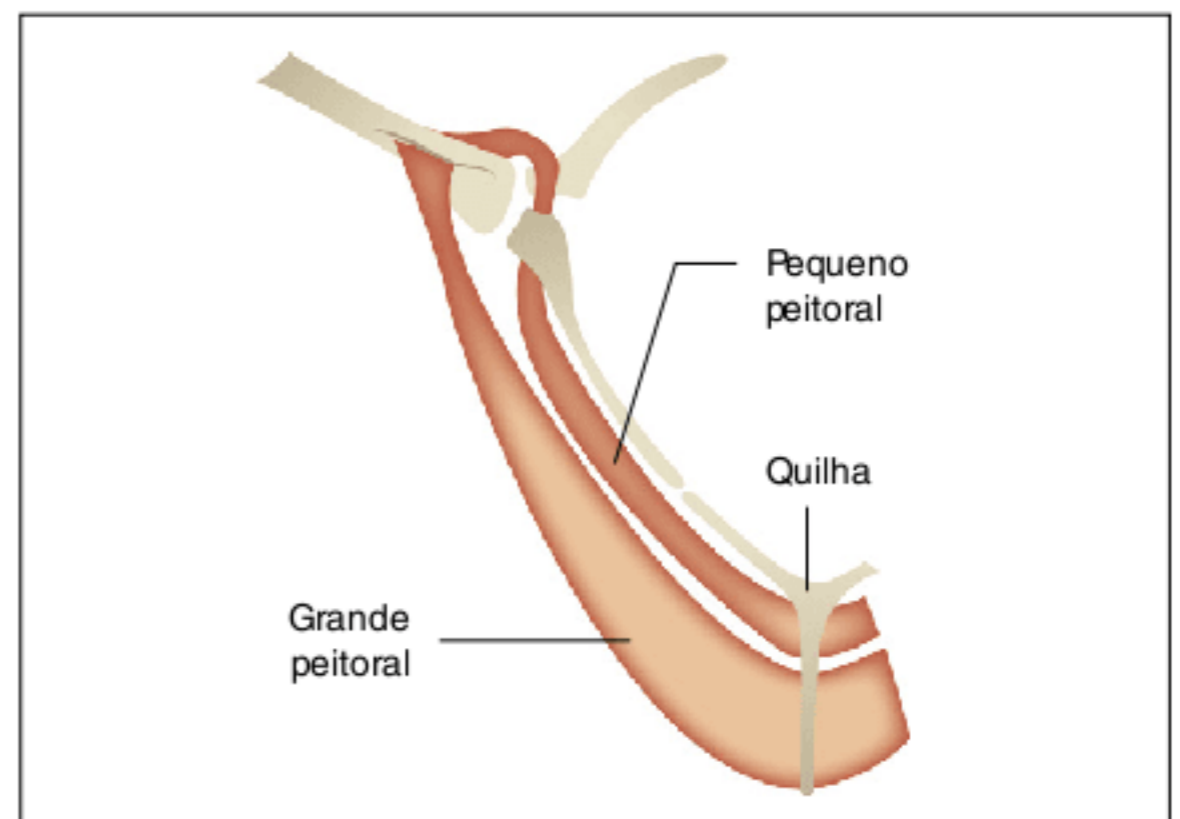


Fig. 30 Quilha e músculos peitorais, responsáveis pela movimentação das asas.

Os ossos dos membros posteriores têm uma disposição diferente da apresentada em répteis, eles possuem uma distribuição mais linear, o que exige menor esforço muscular. Os membros posteriores apresentam adaptações variadas, como nadar, empoleirar e caçar (Fig. 31).



Fig. 31 Tipos de patas de aves, cada uma adaptada a diferentes atividades.

Aves, assim como os répteis, excretam **ácido úrico**, o que propicia economia de água. Aves não apresentam bexiga urinária. Algumas aves marinhas têm **glândulas de sal**, situadas na cabeça, que eliminam o excesso de sal obtido no alimento que



ingerem. Tartarugas marinhas também apresentam essas glândulas, que eliminam um líquido através dos olhos (“lágrimas” da tartaruga).

### Respiração

Aves têm respiração exclusivamente **pulmonar**. Seus pulmões são ligados a **sacos aéreos** (anteriores e posteriores), entre os quais há **parabronquíolos**, estruturas em forma de tubo, onde ocorrem as trocas gasosas com o sangue. As aves apresentam movimentos de inspiração (entrada de ar) e de expiração (saída de ar). O ar passa através dos parabronquíolos tanto na inspiração como na expiração, aumentando a eficiência das trocas gasosas. Os sacos aéreos anteriores e posteriores apresentam complexos ciclos de expansão e de contração. Uma das vantagens da existência deles é a diminuição da densidade corporal (útil em relação ao voo) e o contato dessas estruturas com grande parte do organismo, o que possibilita a dissipação de calor dos tecidos para o ar dos sacos aéreos. A eliminação do ar aquecido é um mecanismo que colabora com a homeotermia das aves. Elas não têm glândulas sudoríparas como os mamíferos, portanto, a ofegação é fundamental na dissipação de calor (Fig. 32). Muitas aves apresentam **siringe**, estrutura relacionada com a emissão de sons.

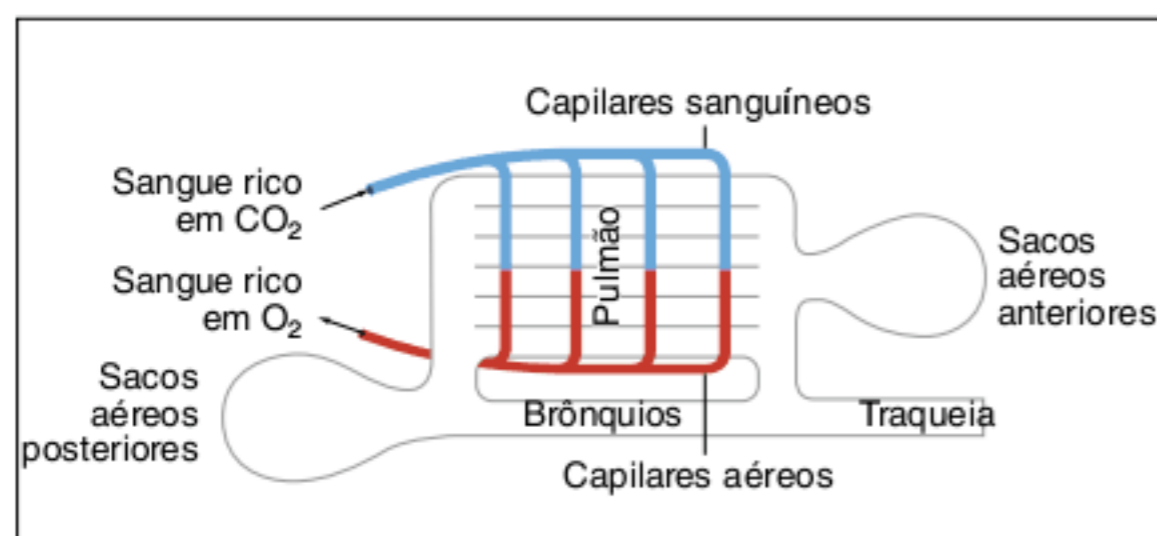


Fig. 32 Componentes do sistema respiratório de aves.

### Tegumento

A pele das aves apresenta epiderme, derme e hipoderme. A **derme** é um tecido rico em vasos sanguíneos, com grande quantidade de fibras proteicas, que nutre as células da epiderme e lhes serve de apoio. A **hipoderme** corresponde a uma camada de **células adiposas** sob a derme, que atua como isolante térmico, reserva energética e contribui para a flutuação em meio aquático. Isso ocorre porque a gordura é menos densa do que a água. Assim, uma grande quantidade de gordura contribui para a diminuição da densidade do corpo e auxilia na flutuabilidade. Todas essas funções da camada adiposa são imprescindíveis para a sobrevivência de pinguins na região antártica.

A **epiderme** é bastante queratinizada, seca e impermeável. Dessa maneira, as aves não apresentam respiração cutânea. Por outro lado, esse tipo de pele as torna capazes de sobreviver em ambientes terrestres secos, uma vez que não perdem água com facilidade. A epiderme apresenta anexos, como penas, garras, bico e escamas, tem muita **queratina** e é pobre em glândulas. Na região caudal de muitas aves, há **glândulas uropigianas**, que produzem uma secreção oleosa, sendo bem desenvolvidas em muitas aves que nadam, como patos e gansos. Essa secreção impermeabiliza as penas, impedindo que elas retenham água e

tornem o corpo da ave mais pesado. Em águas poluídas com tensoativos (detergentes), a secreção da glândula uropigiana é dissolvida, encharcando as penas e dificultando a natação dessas aves.

As **penas** são constituídas por queratina e têm um eixo central (**ráquis**) de onde saem inúmeras expansões (**barbas**) laterais interligadas por filamentos menores (**bárbulas**) (Fig. 33). As penas apresentam pigmentos que permitem uma grande variedade de cores. A cor é importante como elemento de camuflagem e também de atração sexual. As penas apresentam várias funções: atração sexual, sendo os machos geralmente mais vistosos do que as fêmeas, o que constitui uma modalidade de dimorfismo sexual; as penas aumentam a superfície do corpo, contribuindo para a realização de voo; aves podem reter ar entre as penas, que atuam como um eficiente isolante térmico.

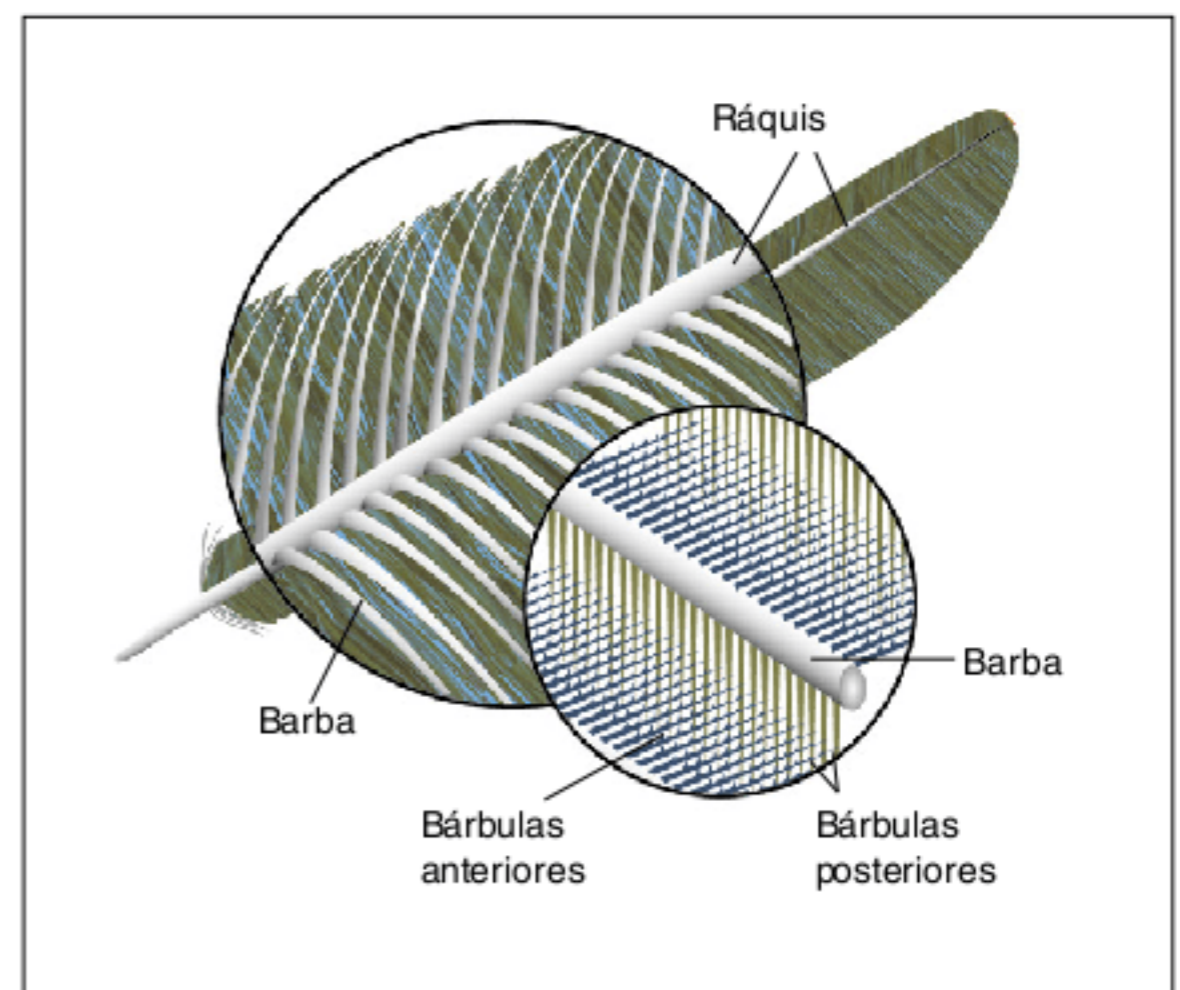


Fig. 33 Estrutura de uma pena, com detalhe para as bárbulas.

### Sistema nervoso

O sistema nervoso desenvolveu-se, especialmente o **cérebro** e o **cerebelo**, que é a parte do encéfalo relacionada ao equilíbrio, portanto, útil nos animais que voam. Os olhos são bem desenvolvidos e apresentam **membrana nictitante**, útil em sua limpeza e proteção. A audição e a visão são bastante desenvolvidas.

### Sistema digestório

Aves apresentam **bico** e não têm dentes. Há diversos tipos de bicos, adaptados a vários tipos de alimento, como sementes, frutos, insetos e carne. Aves que comem sementes (granívoras) ingerem o alimento não triturado. Seu sistema digestório apresenta esôfago, papo, proventrículo, moela, intestino e cloaca. No **papo**, o alimento é armazenado e amolecido. O **proventrículo** corresponde ao estômago químico e nele atuam algumas enzimas digestivas. A **moela** tem paredes espessas e realiza a trituração do alimento com o auxílio de partículas sólidas (como pequenas pedras), ingeridas pelas aves com o alimento. O **intestino** recebe secreções do **fígado** e do **pâncreas**, que auxiliam na digestão. Os alimentos digeridos liberam nutrientes que são absorvidos na parede intestinal. Materiais não digeridos



são eliminados na forma de fezes. Aves têm **cloaca**, por onde são eliminadas as fezes, a urina e os gametas. Em algumas espécies, os machos apresentam pênis (Fig. 34).

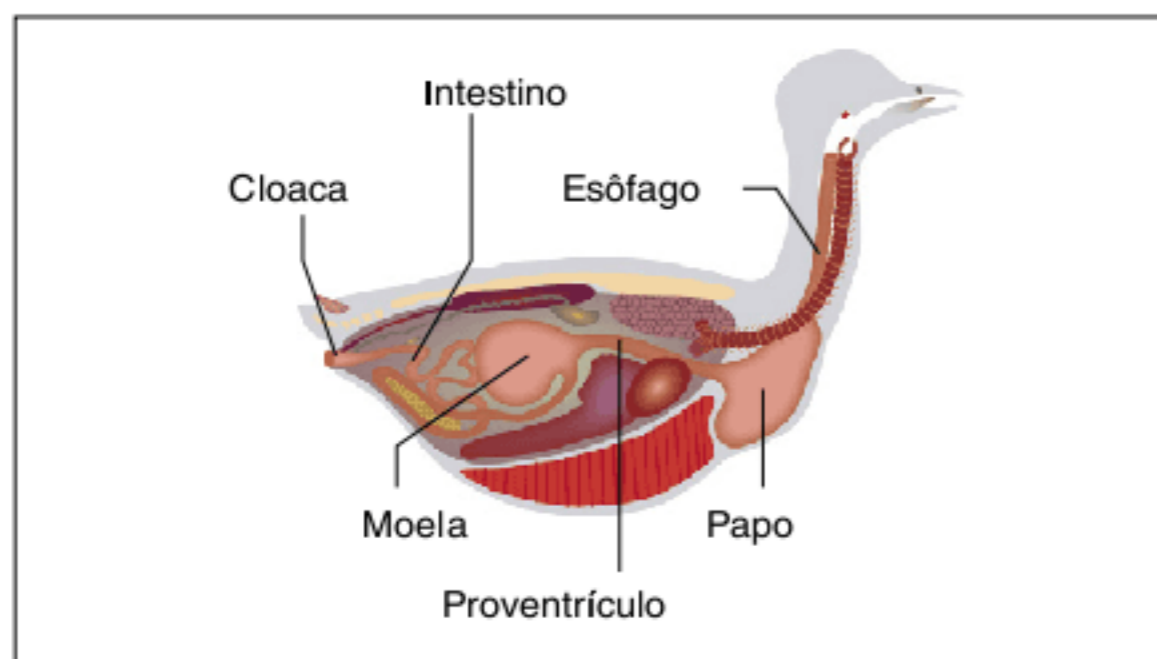


Fig. 34 Componentes do sistema digestório de ave: esôfago, papo, proventrículo, moela, intestino e cloaca.

### Classificação e reprodução

As aves são divididas em dois grandes grupos: carinatas e ratitas. **Carinatas** são dotadas de **quilha**, tendo originalmente relação com a capacidade de voar. O pinguim é uma carinata não voadora, com suas asas convertidas em nadadeiras. As **ratitas** não apresentam quilha e não têm capacidade de voar, como é o caso da ema, do avestruz, do quivi e do casuar.

Aves são **dioicas**, frequentemente com **dimorfismo sexual**, têm **fecundação interna** e são **ovíparas**. Os ovos são semelhantes aos dos répteis, com casca calcárea, membrana da casca, gema (vitelo) e clara. Não há estágio larval: o **desenvolvimento é direto**. Os ovos costumam ser protegidos e chocados, o que permite manter a temperatura dos embriões elevada e alta atividade metabólica durante o desenvolvimento no interior do ovo.

### Mamíferos

Mamíferos descendem de uma linhagem de répteis terapsídeos, compartilhando algumas características reptilianas, como pele queratinizada e respiração exclusivamente pulmonar. Em relação à reprodução, os mamíferos são adaptados ao meio terrestre, tendo fecundação interna e desenvolvimento direto. Alguns mamíferos, como o ornitorrinco, põem ovos semelhantes aos dos répteis.

### Aspectos externos e fisiológicos

Os mamíferos divergem dos répteis em vários aspectos, como no esqueleto, no sistema respiratório, no tegumento, no sistema nervoso, na excreção e na dentição especializada.

### Sistema circulatório e temperatura

O sistema circulatório apresenta um coração de grande complexidade, dotado de **quatro cavidades** (dois átrios e dois ventrículos). Será visto na parte referente à fisiologia humana que esse tipo de coração tem grande contribuição na homeotermia. Mamíferos são **endotérmicos**, pois boa parte do calor é gerado no metabolismo celular, principalmente na respiração celular.

### Esqueleto

O esqueleto dos mamíferos é dotado de membros que têm uma disposição em relação às **cinturas escapular e pélvica** favorável ao deslocamento em meio terrestre, sem a exigência de grande esforço muscular, como ocorre com os répteis. Há diversas adaptações dos membros, gerando estruturas para agarrar, correr, nadar e voar (Fig. 35).

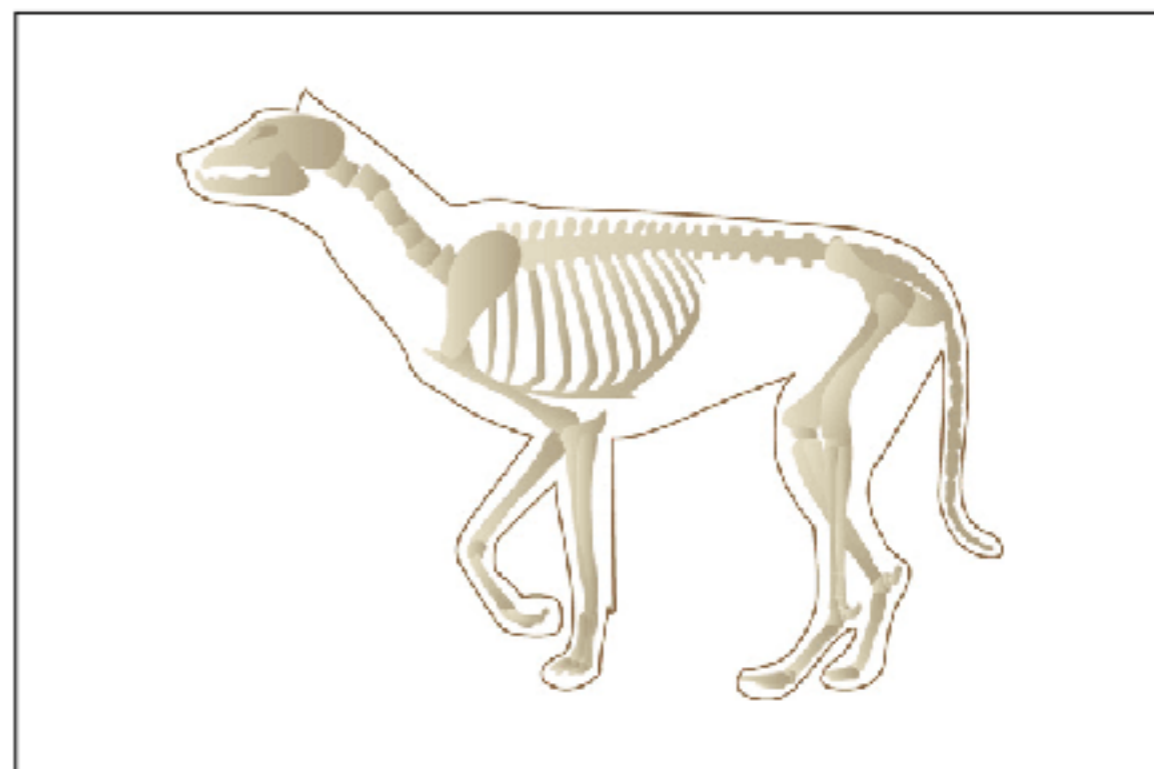


Fig. 35 A arquitetura dos membros dos mamíferos é mais eficiente do que a dos répteis, dispendendo menos energia na locomoção.

### Excreção

Mamíferos excretam principalmente **ureia**, de toxicidade maior do que o ácido úrico, porém, menos tóxica do que a amônia. A eliminação de ureia exige uma quantidade intermediária de água, mas permite aos mamíferos ocupar ambientes secos, por meio de mecanismos como a eliminação de urina mais concentrada. A ureia também é a excreta nitrogenada de anfíbios adultos, de condrictes e de anelídeos.

### Respiração

A respiração é exclusivamente **pulmonar**. Os pulmões de mamíferos têm grande superfície e são dotados de unidades conhecidas como alvéolos pulmonares. Mamíferos têm **diafragma**, um músculo que separa o tórax do abdome e que participa dos movimentos de inspiração e expiração. Algumas aves também são dotadas de diafragma.

### Tegumento

O tegumento dos mamíferos apresenta epiderme e derme. Sob a **derme**, há uma camada de gordura (hipoderme), também presente em aves. Funciona como reserva energética, amortecedor de impactos, isolante térmico e ainda contribui para a flutuação (no caso de mamíferos aquáticos, como baleias e focas). A **epiderme é queratinizada** e apresenta diversos anexos, como pelos, unhas e comos. Os **pelos** são estruturas de proteção mecânica e atuam como isolante térmico. Outros anexos da epiderme são as **glândulas sudoríparas, sebáceas e mamárias** (Fig. 36). A eliminação de suor contribui para o resfriamento do animal e também constitui uma forma de excreção, pois o suor apresenta sais e ureia. O material secretado pelas glândulas sebáceas protege a pele e os pelos.



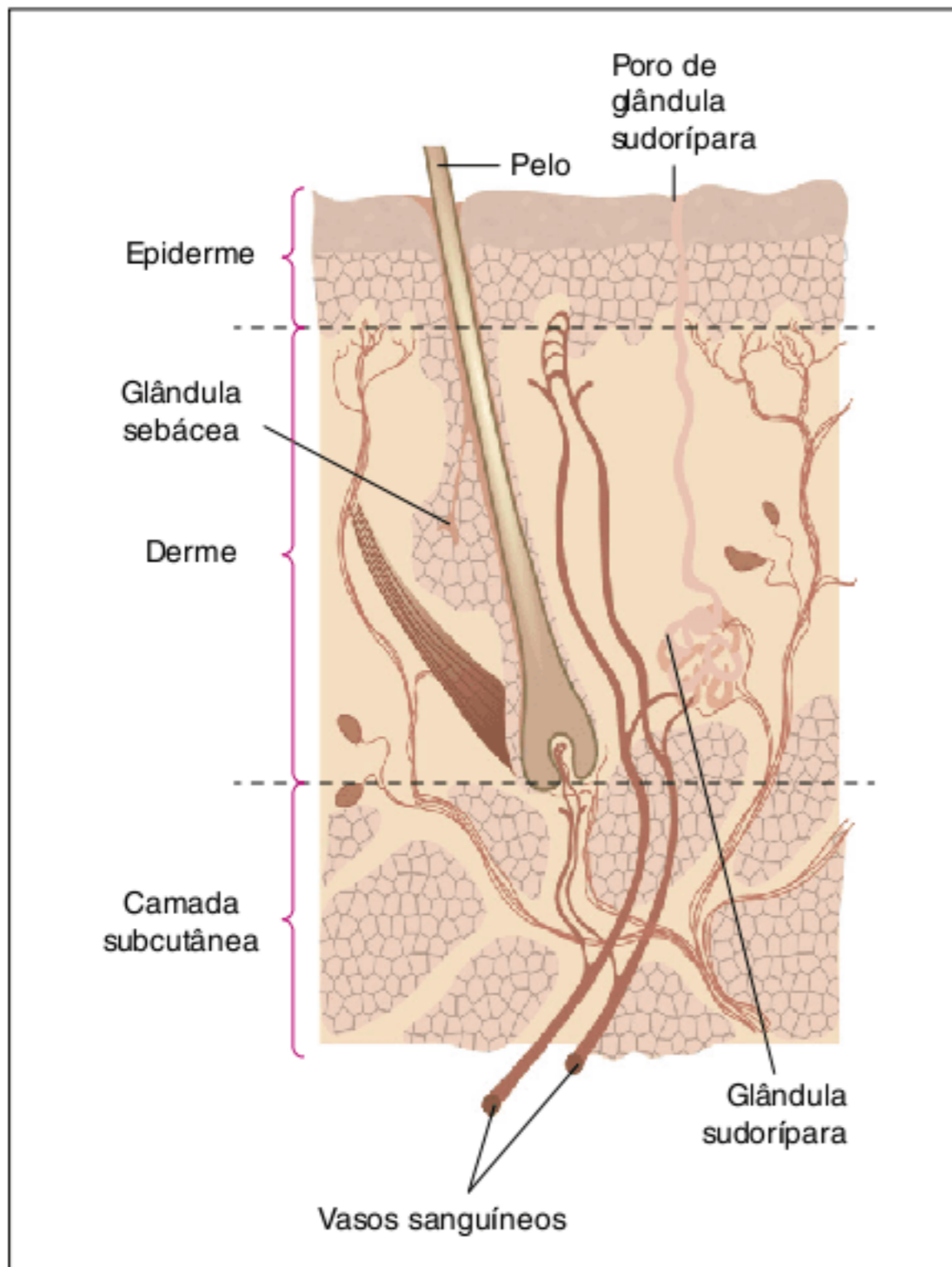


Fig. 36 Estrutura da pele humana.

### Sistema nervoso

O sistema nervoso dos mamíferos é mais complexo, tendo grande desenvolvimento do **encéfalo**, como em cetáceos (baleias e golfinhos) e primatas (chimpanzé e seres humanos), com grande capacidade de aprendizado. Mamíferos têm órgãos dos sentidos desenvolvidos e diversas estruturas sensoriais, com os sentidos muito aguçados em várias espécies, como visão, audição e olfato.

### Sistema digestório

O sistema digestório dos mamíferos mostra grande especialização, permitindo uma imensa variedade de tipos de nutrição. Há mamíferos que se alimentam de insetos, de vegetais (frutos, folhas, sementes, raízes e caules subterrâneos), de néctar de flores, de carne, de sangue, de plâncton etc. Essa variedade de nutrição está intimamente relacionada com a exploração de nichos ecológicos diferentes e com a biodiversidade do grupo. Os **dentes** são mais especializados do que nos répteis: há incisivos, caninos, pré-molares e molares (Fig. 37). O hábito alimentar das diferentes espécies é refletido na dentição, já que, por exemplo, um roedor tem incisivos muito mais desenvolvidos que um herbívoro, que por sua vez tem maior quantidade de molares. Alguns mamíferos não possuem dentes, como o tamanduá e o ornitorrinco. Mamíferos, em geral, apresentam **ânus**; o ornitorrinco é dotado de **cloaca**. Mais detalhes sobre o sistema digestório serão trabalhados na fisiologia humana no

próximo capítulo. Haverá também uma discussão sobre o estômago de ruminantes.

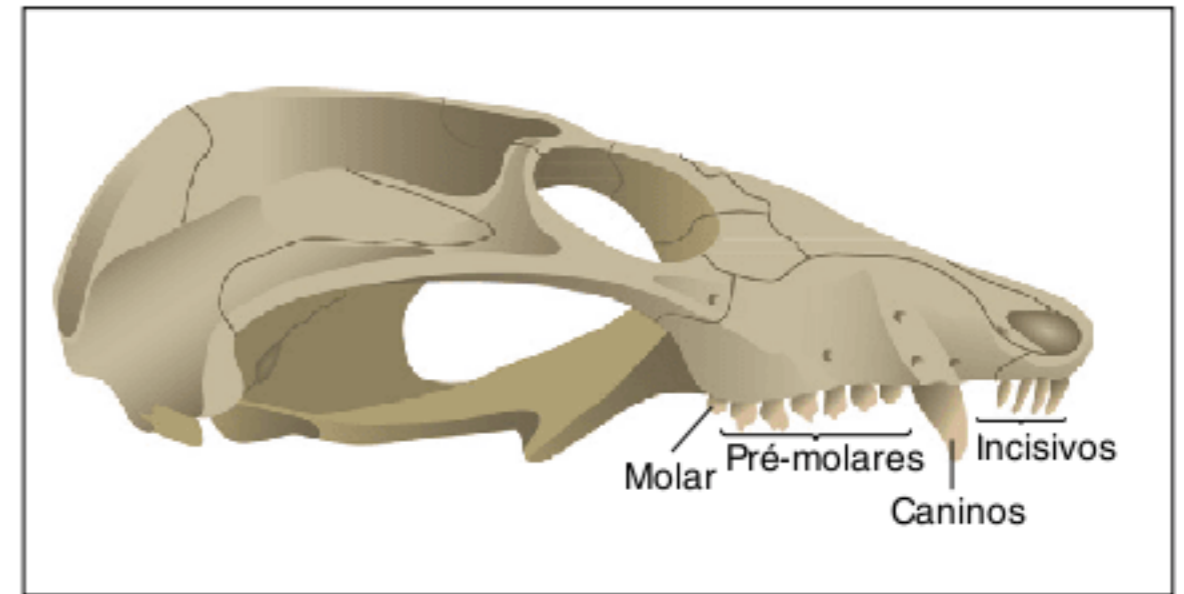


Fig. 37 Dentição típica de mamíferos. O tamanduá e o ornitorrinco são exemplos de mamíferos sem dentes.

### Classificação e reprodução

Mamíferos são **dioicos**, apresentam **fecundação interna** e têm **desenvolvimento direto**. Compreendem três subclasses: monotremados, marsupiais e placentários.

Os **monotremados**, ou prototérios, são o ornitorrinco e a équidna, que ocorrem na Austrália e na Nova Guiné. São mamíferos que põem ovos (ovíparos), que são chocados pela mãe. Dos ovos emergem os filhotes. As fêmeas têm glândulas mamárias, mas não possuem mamilos. Seu leite é liberado diretamente nos pelos, que são lambidos pelos filhotes (Fig. 38). Os monotremados possuem **cloaca**, via comum de eliminação de fezes, urina e gametas. O termo monotremados deriva da existência de cloaca (do grego: *monos*, um; *trema*, abertura).



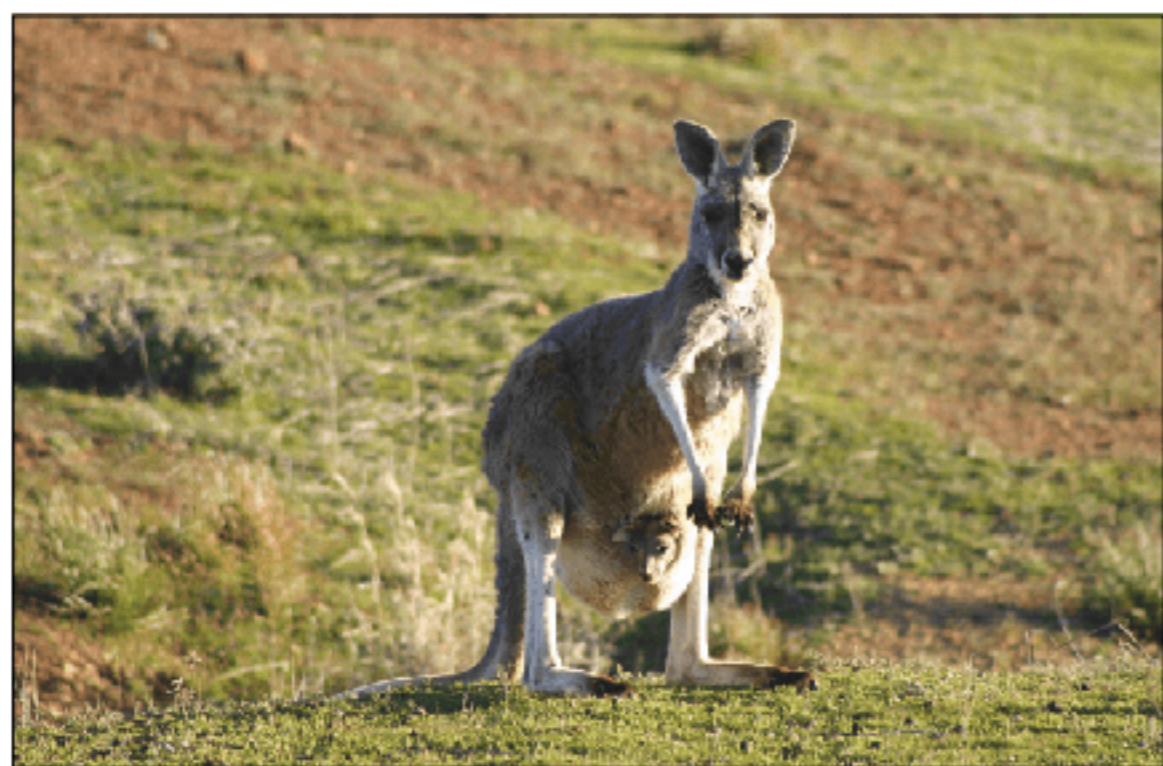
Fig. 38 Ornitorrinco, representante da subclasse de mamíferos *Monotremata*.

Os **marsupiais**, ou metatérios, têm como representantes o coala, o canguru, o gambá, o vombate e o diabo-da-tasmânia. As crias nascem de tamanho bastante reduzido e depois migram para uma bolsa da mãe, também conhecida como **marsúpio**, onde estão as glândulas mamárias. Ali, são protegidos e alimentados com o leite materno. Posteriormente, deixam o marsúpio e passam a ter nutrição independente da mãe.

Os **placentários**, ou eutérios, são os mamíferos mais abundantes, como roedores, carnívoros e primatas. O embrião



desenvolve-se no interior do útero e realiza trocas com o organismo da mãe por meio da **placenta** (Fig. 39). Do sangue materno são transferidos nutrientes e gás oxigênio para o sangue do filho; do sangue do filho passam excretas e gás carbônico para o sangue materno. Os marsupiais foram os mamíferos dominantes no planeta, porém, com o surgimento dos placentários e sua diversificação, os marsupiais mostraram-se menos adaptados a diversos ambientes e muitas espécies foram extintas. Atualmente, há marsupiais em várias partes do mundo, mas eles são mais abundantes na Austrália, que permaneceu em isolamento geográfico por muito tempo. O ser humano introduziu várias espécies de placentários e os marsupiais foram prejudicados por predadores, competidores e pela caça efetuada pelo próprio ser humano.



© MIRAFILM | DREAMSTIME.COM

Fig. 39 Canguru, representante da subclasse de mamíferos *Marsupialia*.

Os placentários são divididos em ordens, com alguns exemplos citados a seguir:

- **Insetívoros:** toupeira e musaranho. Alimentam-se de insetos. São semelhantes aos ancestrais dos mamíferos placentários.
- **Quirópteros:** morcegos. Dotados de membros anteriores modificados em asas. Possuem hábitos noturnos. Há espécies que se alimentam de sangue. Muitas espécies utilizam frutos, insetos e peixes como alimento.
- **Primates:** lêmures, macacos e seres humanos. Apresentam **polegar oponível** e dedos com unhas.
- **Edentata (Xenarthra):** preguiça, tatu e tamanduá. Não possuem dentes ou têm dentes reduzidos.
- **Roedores:** preá, rato, camundongo, paca e esquilo. Possuem um par de dentes incisivos superiores bastante desenvolvidos e com crescimento contínuo. São basicamente herbívoros.
- **Lagomorfos:** lebres e coelhos. Têm dois pares de grandes incisivos superiores.
- **Cetáceos:** baleia. Dotada de barbatanas na boca, possibilitando a retenção de plâncton, constituído principalmente por pequenos crustáceos. Golfinho, boto, orca e cachalote são cetáceos que possuem dentes e seu alimento é constituído por peixes e moluscos (lulas e polvos). Os membros e a cauda são adaptados para a natação.
- **Carnívoros:** lobo, cão, hiena, onça e urso. São animais que possuem dentes com extremidades pontiagudas,

especializados em cortar, rasgar e triturar carne. Entre os carnívoros, há a subordem dos **pinípedes**, como a foca e o leão marinho, com membros adaptados ao deslocamento em meio terrestre e também à natação.

- **Sirênios:** peixe-boi (manati). Possuem membros anteriores e cauda adaptados à natação. Não possuem membros posteriores. São herbívoros.
- **Proboscídeos:** elefante. Têm tromba resultante da fusão do lábio superior com o focinho. São herbívoros.
- **Perissodáctilos:** cavalo, zebra, anta (tapir) e rinoceronte. Apresentam cascos (unhas desenvolvidas sobre as quais se apoiam). Têm número ímpar de dedos.
- **Artiodáctilos:** apresentam cascos e número par de dedos. Há o grupo dos ruminantes (boi, carneiro, camelo e bode), dotados de estômago dividido em quatro compartimentos. Os artiodáctilos não ruminantes (porco e hipopótamo), têm estômago com um único compartimento. Perissodáctilos e artiodáctilos são designados conjuntamente como **ungulados** (com cascos) (Fig. 40).

### Os anexos embrionários

O ovo de **répteis, aves e monotremados** tem uma estrutura similar. No caso de aves e monotremados, isso é revelador de sua ancestralidade reptiliana. São ovos considerados **cleidoccos**, isto é, fechados e que apresentam em seu interior todas as condições para o desenvolvimento embrionário, como nutrientes, água e estrutura para deposição de resíduos nitrogenados. Além disso, seu envoltório possibilita a realização de trocas gasosas com o ambiente.

O embrião gera membranas extraembrionárias, conhecidas como anexos embrionários, que apresentam vasos sanguíneos e contribuem para o desenvolvimento do embrião. Há quatro anexos embrionários principais: âmnio, saco vitelínico, alantoide e cório. O embrião é envolvido pelo **âmnio**, que delimita a cavidade amniótica, cheia de líquido. O âmnio é a “bolsa”, também presente em mamíferos placentários, e que se rompe no início do trabalho de parto. O âmnio permite proteção contra desidratação e contra abalos mecânicos (a água é um eficiente amortecedor de impactos).

Na parte ventral do embrião, ligados ao intestino, formam-se dois anexos: o saco vitelínico e o alantoide. O **saco vitelínico** envolve a gema (**vitelo**) e seus vasos sanguíneos absorvem os nutrientes da gema e da clara, transportando-os ao embrião. Os nutrientes fornecem energia e material para o crescimento do embrião. O **alantoide** é uma bolsa onde são acumuladas as excretas nitrogenadas geradas no metabolismo do embrião. Essa excreta é o ácido úrico, pouco tóxico e insolúvel em água, o que é bastante adequado para um embrião mantido no interior de uma casca.

O **cório** envolve o âmnio (que fica ao redor do embrião) e os demais anexos (alantoide e saco vitelínico). O alantoide tem vasos sanguíneos em sua parede. Com o desenvolvimento do embrião, ele acaba crescendo e encosta no cório. O gás oxigênio difunde-se através da casca e passa para os vasos sanguíneos do cório e destes para os vasos do alantoide, sendo levado ao embrião. A respiração celular do embrião gera gás carbônico, que passa sucessivamente pelos vasos do alantoide e do cório,





Fig. 40 Representantes de algumas ordens de placentários. Insetívoro: toupeira. Quiróptero: morcego. Cetáceo: golfinho. Carnívoro: cão selvagem. Primata: macaco. Edentata (Xenarthra): tatu. Roedor: rato. Lagomorfo: lebre. Perissodáctilo: rinoceronte. Sirênio: peixe-boi.

difundindo-se, depois, no ambiente através da casca. A casca também fornece cálcio para o desenvolvimento do embrião; seu transporte é feito pelos vasos do cório e do alantoide. Com o esgotamento das reservas de alimento e o término do desenvolvimento embrionário, forma-se um indivíduo semelhante ao adulto, sem estágio larval. Ocorre a eclosão do ovo e o novo indivíduo começa uma nova fase de sua existência (Fig. 41).

O sistema reprodutor feminino típico dos **mamíferos placentários** apresenta dois ovários, duas tubas uterinas, um útero e a vagina. Cada **ovário** fica próximo a uma tuba uterina, um tipo de canal que se comunica com o útero. O **útero** é um órgão que possui parede dotada de musculatura e, em sua parte interna, é revestido pelo endométrio. O **endométrio** apresenta

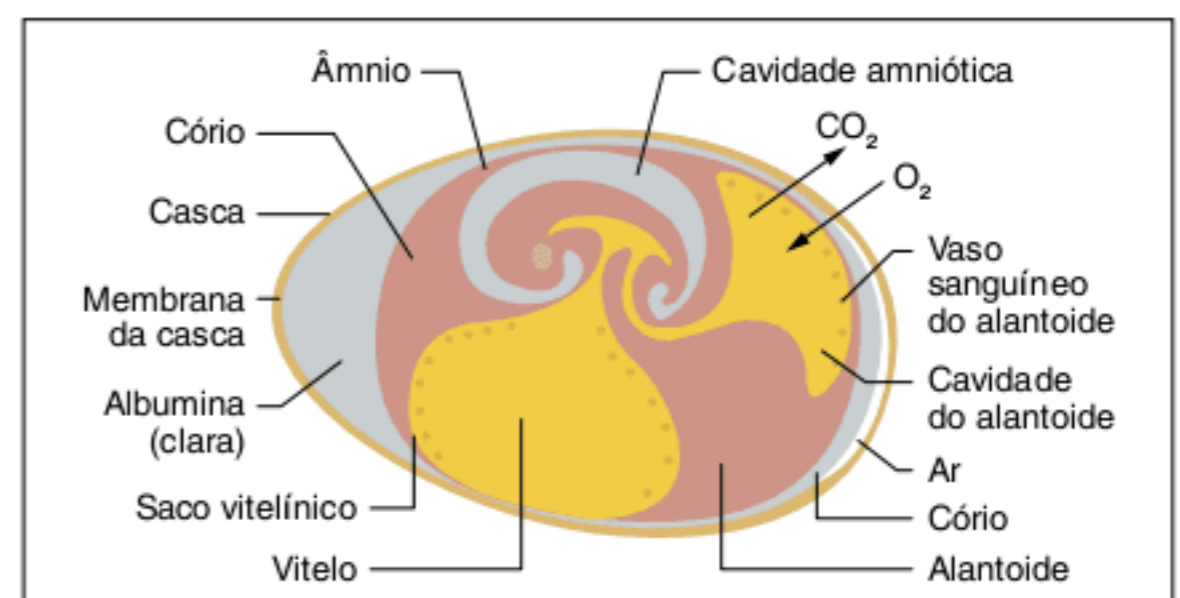


Fig. 41 Anexos embrionários de répteis e aves. A casca reveste todo o ovo, permite a realização de trocas gasosas com o ambiente e fornece cálcio para o desenvolvimento do embrião.



muitas glândulas e é bastante vascularizado. O útero comunica-se com a vagina, estrutura tubular e que corresponde ao órgão copulatório da fêmea. O macho introduz o pênis na vagina e nela elimina espermatozoides (Fig. 42).

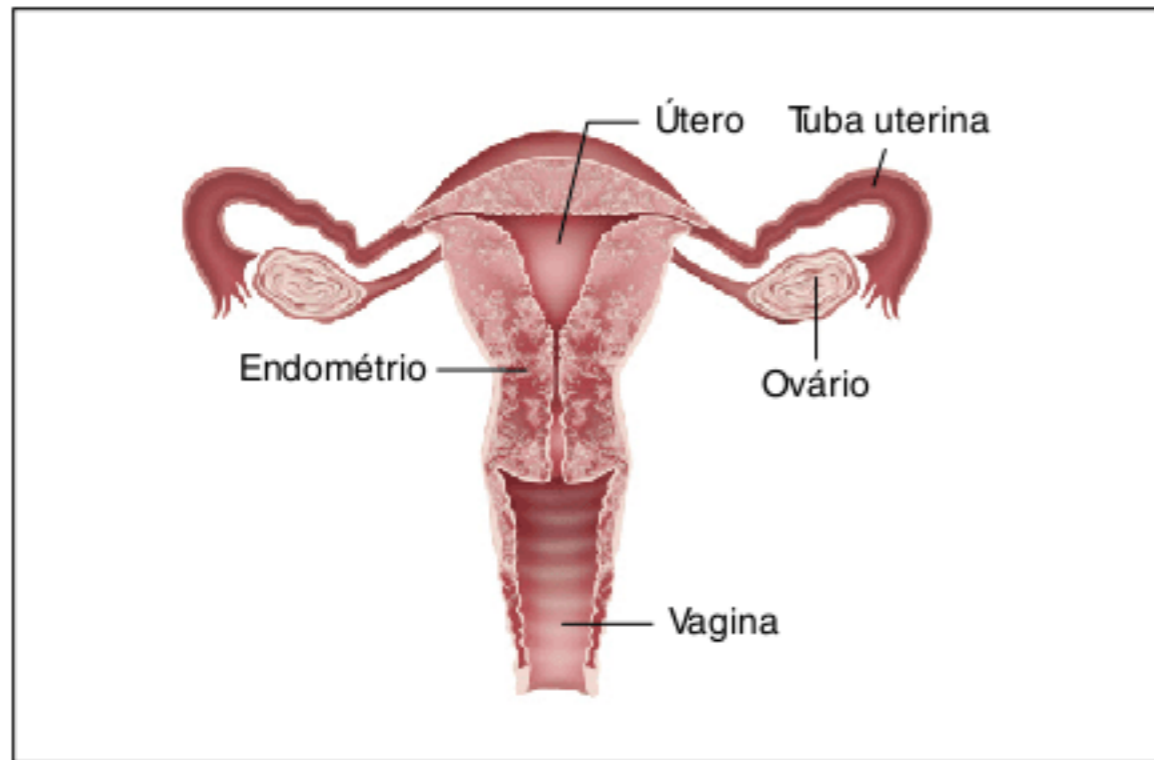


Fig. 42 Componentes do sistema reprodutor feminino.

Cada ovário libera **óvulos** (ovócitos II) para a tuba uterina próxima. Na **tuba uterina** ocorre a fecundação, formando-se o zigoto, que sofre segmentação e origina a mórula. Depois, forma-se a blástula, que se instala no endométrio. O embrião cresce e também forma os anexos embrionários: cório, âmnio, alantoide e saco vitelínico.

O embrião é envolvido pelo âmnio, que delimita a cavidade amniótica. Na parte ventral do embrião, há o alantoide e o saco vitelínico. Esses dois anexos não apresentam em seu interior excretas acumuladas ou reservas alimentares, ao contrário do ovo reptiliano. O cório envolve o embrião e todos os demais anexos. É o componente embrionário mais externo e fica em contato direto com os tecidos do endométrio. Ele forma expansões, as **vilosidades coriônicas**, o que propicia um considerável aumento da superfície de contato com o endométrio. Com o desenvolvimento embrionário, ocorre a expansão do âmnio,

que encosta no cório e se expande em sentido ventral, envolvendo o alantoide e o saco vitelínico; o conjunto (alantoide, saco vitelínico e âmnio) passa a constituir o **cordão umbilical**, que apresenta vasos sanguíneos, fundamentais nas trocas entre o embrião e a mãe.

Uma região do cório e do endométrio sofre grande modificação e origina a **placenta**. Trata-se de uma estrutura de origem mista, com parte do filho (cório) e parte da mãe (endométrio). No ser humano, a placenta apresenta cerca de trinta centímetros e tem formato de disco. Por meio dela, ocorrem trocas entre mãe e filho (Fig. 43). Mais detalhes serão discutidos na parte de fisiologia da reprodução humana.

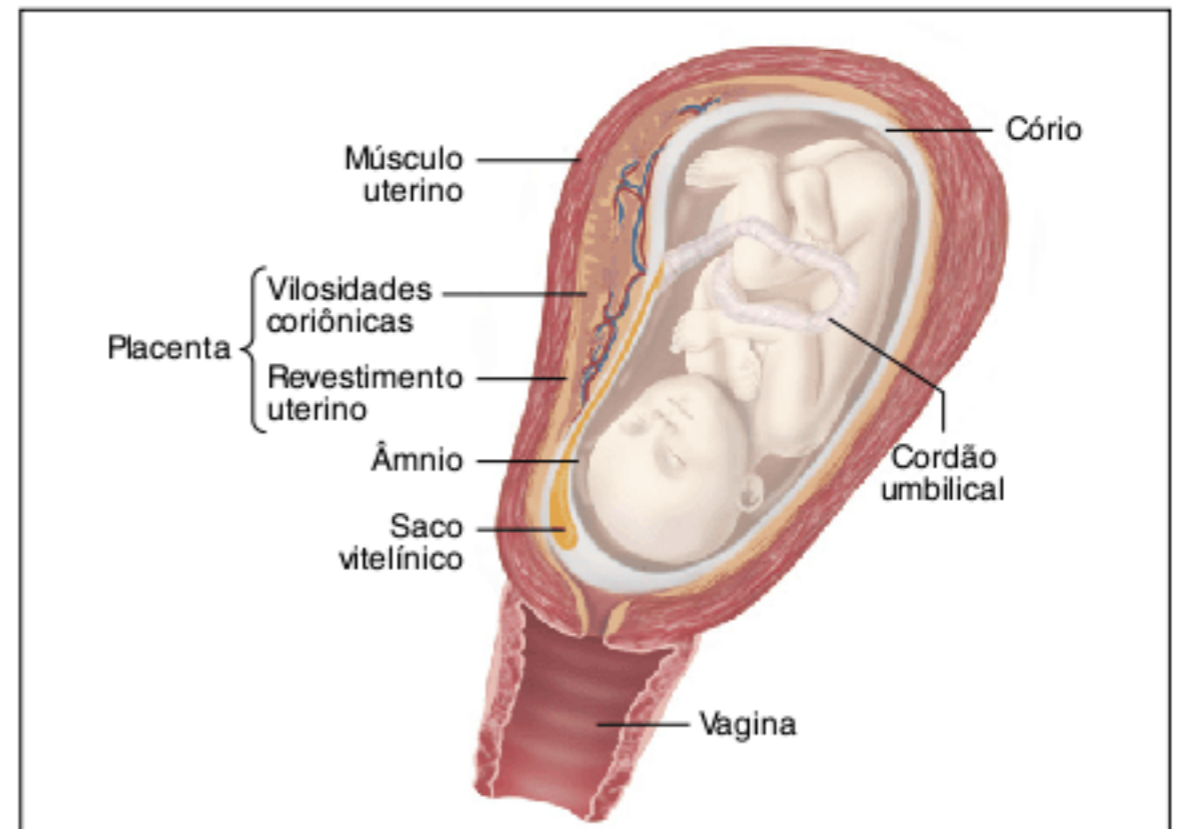


Fig. 43 São transferidos nutrientes e gás oxigênio do sangue materno para o sangue do filho; do sangue do filho passam excretas e gás carbônico para o sangue materno.

De maneira geral, em relação aos anexos embrionários, podemos separar os vertebrados da seguinte maneira: répteis, aves e mamíferos têm alantoide (são alantoidianos) e âmnio (são amniotas). Peixes e anfíbios não têm alantoide (são analantoidianos) nem âmnio (são anamniotas).

## Revisando

1 Quais são os dois grandes grupos de cordados?

---



---

2 Os protocordados são divididos em dois subfilos. Quais são eles?

---



---

3 Como são denominadas as aberturas laterais presentes na parte anterior do tubo digestório do anfióxico?

---



---



---



4 Qual é o destino da notocorda da larva de ascídia?

---

---

---

5 Em termos de esqueleto, o que caracteriza o subfilo *Vertebrata* ou *Craniata*?

---

---

---

6 Quais são os dois grandes grupos de vertebrados? Qual é a diferença básica entre esses dois grupos?

---

---

---

7 O que são arcos branquiais e qual a importância evolutiva dessas estruturas?

---

---

---

8 Tradicionalmente, os peixes são divididos em dois grandes grupos. Quais são eles? Cite exemplos.

---

---

---

9 Compare condrictes e osteíctes em relação ao opérculo, à origem de suas escamas e à presença de cloaca.

---

---

---

10 Como é a organização básica do coração dos peixes e como é sua temperatura corporal?

---

---

---

11 Cite duas funções das brânquias.

---

---

---

12 O que são peixes dipnoicos?

---

---

---

13 Qual é a função da bexiga natatória, ou vesícula gasosa?

---

---

---

14 Cite os quatro grandes grupos de tetrápodes.

---

---

---



**15** Como é a organização básica do coração dos anfíbios e como é regulada sua temperatura corporal?

---

---

---

**16** Como ocorre a respiração em larvas e em adultos de anfíbios?

---

---

---

**17** Caracterize o tegumento dos anfíbios em relação à permeabilidade. Aponte uma vantagem e uma desvantagem desse tipo de revestimento.

---

---

---

**18** Quais são as três ordens de anfíbios? Exemplifique.

---

---

---

**19** Como é a organização básica do coração dos répteis e como é regulada sua temperatura corporal?

---

---

---

**20** Compare o pulmão dos répteis com o pulmão dos anfíbios.

---

---

---

**21** Caracterize o tegumento dos répteis em relação à permeabilidade. Aponte uma vantagem e uma desvantagem desse tipo de revestimento.

---

---

---

**22** Qual é a função do órgão de Jacobson e da fosseta loreal?

---

---

---

**23** Cite as três ordens de répteis atuais. Exemplifique.

---

---

---

**24** Caracterize os répteis quanto ao tipo de fecundação e de desenvolvimento.

---

---

---

**25** Cite os anexos embrionários dos répteis e das aves.

---

---

---



**26** Qual é a vantagem das aves que apresentam ossos pneumáticos?

---

---

---

**27** O que são parabronquíolos?

---

---

---

**28** Quais são as funções da camada adiposa da hipoderme de aves e mamíferos?

---

---

---

**29** Cite os anexos da epiderme das aves.

---

---

---

**30** Cite os dois grandes grupos de aves. No que se baseia essa distinção?

---

---

---

**31** Como é a organização básica do coração das aves e dos mamíferos e como é regulada sua temperatura corporal?

---

---

---

**32** Como é a superfície pulmonar dos mamíferos?

---

---

---

**33** Cite exemplos de anexos da epiderme de mamíferos.

---

---

---

**34** Compare dentes de mamíferos com dentes de répteis.

---

---

---

**35** Quais são as três subclasses de mamíferos?

---

---

---

**36** O que é placenta e quais são suas principais funções?

---

---

---



## Exercícios propostos

**1 PUC-PR 2004** Um professor de Biologia resolveu montar um aquário marinho em sua escola e, para completar sua tarefa, resolveu incluir representantes dos filos: Cnidários, Moluscos e Cordados.

Ao selecionar um representante de cada filo, optou, respectivamente, pelos seguintes animais:

- (a) Coral / Ofiúro / Anfioxo
- (b) Ouriço-do-mar / Ofiúro / Peixe
- (c) Medusa / Pepino-do-mar / Cavalo-marinho
- (d) Estrela-do-mar / Mexilhão / Peixe
- (e) Anêmona / Ostra / Ascídia

**2 PUC-PR 1999** Com relação ao anfioxo, preciso ele para o estudo evolutivo das espécies, pode-se afirmar:

- I. pertence ao filo *Chordata*
- II. é encontrado apenas em ambientes marinhos.
- III. é mais evoluído do que os ciclóstomos.
- IV. possui notocorda apenas durante uma fase de sua vida.
- V. tem respiração branquial.

Estão corretas as afirmações:

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

**3 UFJF 2007** Os vertebrados aquáticos podem ser divididos em três grupos, que apresentam particularidades biológicas. As informações a seguir referem-se a características de cada um desses grupos.

- I. Esqueleto ósseo; brânquias protegidas por opérculos; fecundação geralmente externa e desenvolvimento com fase larvar.
- II. Corpo alongado, cilíndrico, desprovido de escamas; pele recoberta por muco; boca que funciona como uma ventosa.
- III. Esqueleto cartilaginoso; presença de espiráculos; fecundação interna e desenvolvimento sem fase larvar.

Escolha a alternativa que apresenta exemplos de animais com as características das afirmativas I, II e III, respectivamente.

- (a) Tubarão, bagre e lampreia.
- (b) Sardinha, raia e lampreia.
- (c) Atum, lambari e raia.
- (d) Raia, lampreia e lambari.
- (e) Bacalhau, lampreia e tubarão.

**4 CEFET-MG 2008** Os peixes apresentam uma grande diversidade de formas, tamanhos e modos de vida. Não constitui característica exclusiva desse grupo a(o):

- (a) brânquia.
- (b) linha lateral.
- (c) bexiga natatória.
- (d) coração bicavitário.

**5 PUC-Rio 2007** O princípio da capacidade de submersão dos submarinos é o mesmo presente na bexiga natatória de alguns peixes. Indique qual a alternativa que explica corretamente este funcionamento.

- (a) Quando a bexiga natatória se enche de ar, o peixe fica menos denso do que a água e sobe à superfície.
- (b) Quando a bexiga natatória se enche de água, o peixe fica menos denso que o meio e sobe à superfície.
- (c) Quando a bexiga natatória se enche de ar, o peixe fica mais denso do que a água e sobe à superfície.
- (d) Quando a bexiga natatória se enche de água, o peixe fica menos denso que a água e submerge.
- (e) Quando a bexiga natatória se enche de ar, o peixe fica menos denso do que a água e submerge.

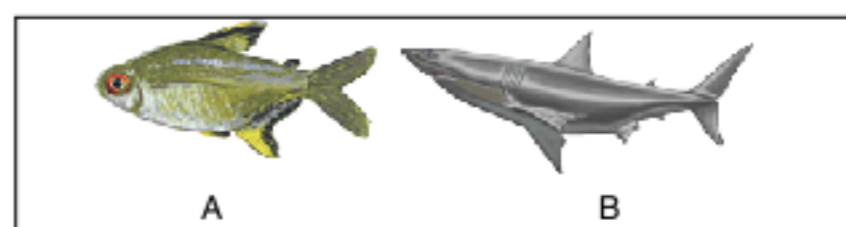
**6 UFG 2005** Os cardumes deslocam-se sincronizadamente na água, sem colisões entre os peixes. Esse fato deve-se à presença de:

- (a) cóclea.
- (b) glândulas mucosas.
- (c) opérculo.
- (d) fosseta loreal.
- (e) linha lateral.

**7 UFJF 2006** Os peixes cartilagosos, como os tubarões e as raias, apresentam sexo separado, fecundação interna e desenvolvimento direto. Quanto ao padrão de desenvolvimento do embrião, eles podem ser vivíparos, ovovivíparos e ovíparos. Em relação a esses padrões nas diferentes espécies de peixes cartilagosos, é incorreto afirmar que:

- (a) nas vivíparas, o desenvolvimento do embrião até a formação dos jovens ocorre fora do corpo materno.
- (b) nas ovíparas, o desenvolvimento do embrião ocorre fora do corpo materno.
- (c) nas ovovivíparas, o desenvolvimento do embrião ocorre no interior do corpo da fêmea.
- (d) nas ovíparas, os ovos são protegidos por cápsulas grandes.
- (e) nas vivíparas, não se formam ovos protegidos por cápsulas.

**8 UFRRJ 1999**



J. L. Soares. *Biologia*, 1996.

Sobre os peixes representados nas figuras anteriores, pode-se afirmar que:

- (a) o peixe A possui tiflosole.
- (b) o peixe B possui opérculo.
- (c) o peixe A excreta principalmente ureia.
- (d) o peixe B possui ânus.
- (e) o peixe A excreta principalmente amônia.



**9 UFRGS 2007** Em peixes ósseos, o órgão responsável pela manutenção do equilíbrio hidrostático é:

- (a) o fígado.
- (b) o estômago.
- (c) a bexiga natatória.
- (d) o esqueleto.
- (e) a nadadeira caudal.

**10 UFTPR 2008** Os anfíbios são animais vertebrados que apresentam uma grande diversidade de formas e tamanhos. Analise os itens a seguir e assinale a alternativa correta.

- I. Apresentam esqueleto interno.
- II. Apresentam brânquias durante uma fase da vida.
- III. São heterotérmicos.
- IV. Apresentam linha lateral.
- V. Apresentam fase de larva denominada de alevino.

Os itens corretos sobre este grupo são, somente:

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

**11 PUC-MG 1999** É a característica que mostra uma adaptação dos anfíbios à vida terrestre:

- (a) pele úmida.
- (b) fecundação externa.
- (c) pele com grande quantidade de glândulas mucosas.
- (d) ovos com envoltório gelatinoso.
- (e) quatro apêndices locomotores.

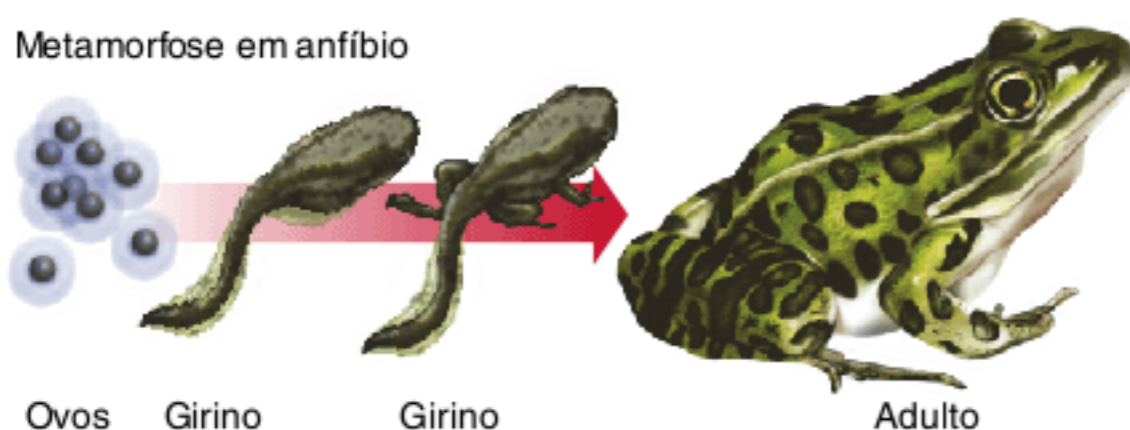
**12 PUC-RS 2002** As atividades humanas vêm provocando sérias alterações no meio ambiente, as quais comprometem a sobrevivência de muitos seres vivos. Os representantes da classe *Amphibia*, por exemplo, formam um grupo particularmente afetado pela ação conjunta da acidificação dos ambientes aquáticos (decorrente da chuva ácida) e do aumento no nível de radiação ultravioleta (resultante da destruição da camada de ozônio).

Com relação às características desta classe de animais, é incorreto afirmar que:

- (a) são animais ectotérmicos (ou peilotérmicos).
- (b) são vertebrados tetrápodos.
- (c) possuem coração com três cavidades.
- (d) geralmente apresentam fecundação externa.
- (e) possuem pele seca e impermeável.

**13 UEL 2003** O esquema a seguir representa as fases de desenvolvimento de um anfíbio anuro.

Metamorfose em anfíbio



Sobre esse processo, analise as seguintes afirmativas.

- I. Na fase larval, a respiração é cutânea e na fase adulta, é branquial.
- II. Na fase larval, a principal excreta nitrogenada é amônia, e na adulta, é ureia.
- III. Os ovos possuem casca impermeável para evitar a dessecação.
- IV. Na cadeia alimentar, o girino geralmente é considerado consumidor primário e o adulto é consumidor secundário.

Assinale a alternativa que contém apenas as afirmativas corretas.

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

**14 Unesp 2006** Segundo crenças populares, é “muito perigoso se aproximar ou tocar em sapos comuns, devido ao veneno que produzem”.

Esse medo:

- (a) não tem fundamento, porque o veneno precisa ser lançado diretamente nos olhos da pessoa para fazer efeito.
- (b) tem fundamento, uma vez que os sapos conseguem injetar o veneno quando mordem a pessoa.
- (c) não tem fundamento, pois é preciso que a pele do sapo entre em contato com a mucosa da pessoa para que o veneno seja transferido.
- (d) Tem fundamento, pois, quando ameaçados, os sapos podem utilizar seus esporões para injetar veneno em quem os tocar.
- (e) não tem fundamento, pois apenas espécies de sapos com cores muito vivas produzem veneno.

**15 PUC-RS 2003** Considerando-se que os répteis são animais ectotérmicos, estaria correto supor que as primeiras penas que surgiram nos dinossauros terópodes tinham por função auxiliar:

- (a) na fuga de predadores através do voo.
- (b) no balanço hídrico do animal.
- (c) na manutenção da temperatura corporal.
- (d) na captura de presas no ar.
- (e) na troca de gases com o ambiente.

**16 UFSM 2007** A ciência e a tecnologia têm contribuído na busca de novas alternativas para o combate à diabete tipo 2, associada ao sedentarismo e à obesidade. Veja alguns avanços na área.

- insulina inalada;
- obtenção da exenatida, composto sintetizado a partir da saliva do “monstro-de-gila”;
- uso da genipina, proteína extraída da gardênia.

*IstoÉ*, jun. 2006, p. 77. (Adapt.).

Uma rápida pesquisa para satisfazer a curiosidade revela algumas características do “monstro-de-gila”:

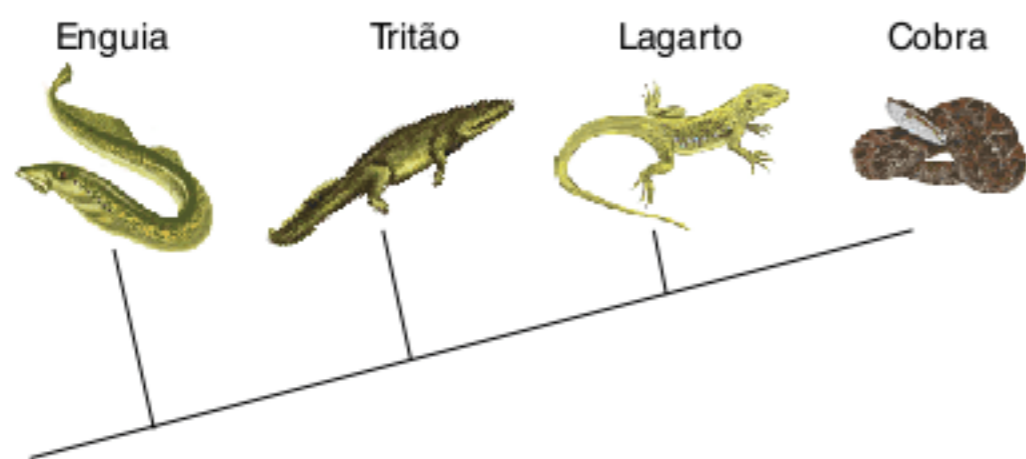


- [...] corpo coberto por escamas brilhantes [...].
- Uso da língua para encontrar ninhos e tocas. Um órgão olfativo no céu da boca, semelhante ao das cobras.
- [...] os filhotes que saem do ovo são de cores mais claras que os adultos [...].

Essas informações, apesar de extraídas de um *site* para leigos, permitem concluir que esse animal é um(a):

- (a) anfíbio. (c) ave. (e) mamífero.  
(b) peixe. (d) réptil.

**17 UFMG 2004** Observe esta representação de parte de uma árvore evolutiva.



Com base nessa representação, é incorreto afirmar que:

- (a) a enguia, o tritão, o lagarto e a cobra possuem ancestral comum.  
(b) a especiação dos lagartos foi anterior à do tritão.  
(c) as cobras são mais aparentadas com os lagartos que com as enguias.  
(d) parentes distantes, nessa árvore, podem apresentar semelhanças fenotípicas.

**18 UFRN 2003**

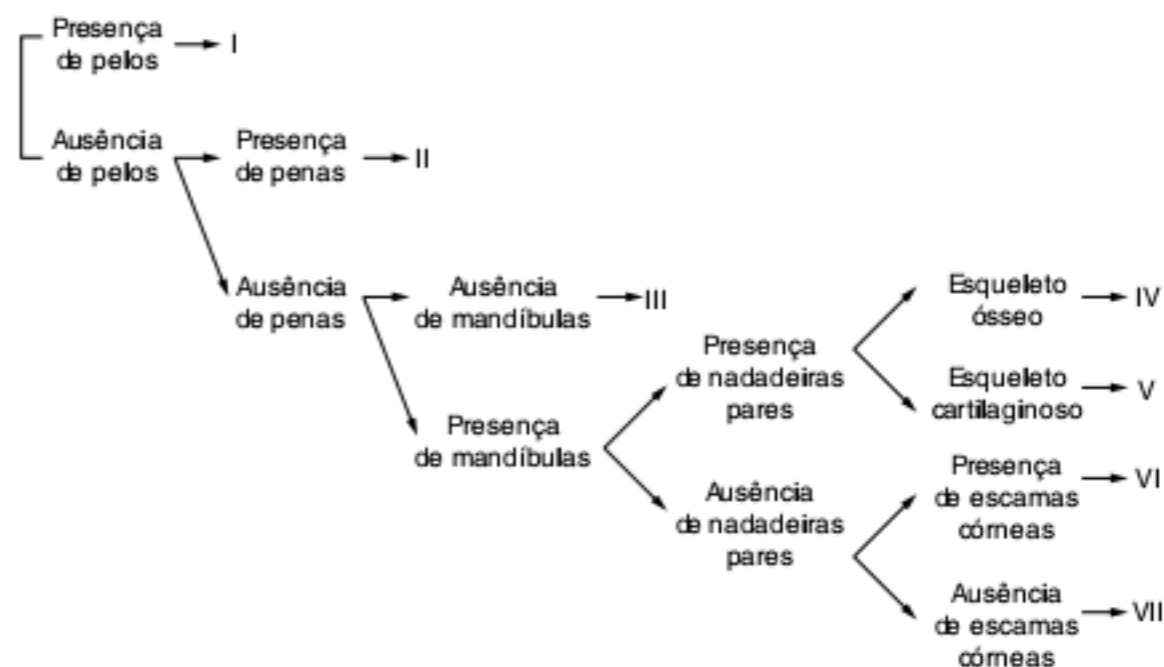


Folha de S. Paulo, 8 out. 2001. Disponível em: <www.niquel.com.br>.

O grupo de répteis do qual faz parte o jacaré já existia na época dos dinossauros. Muitos grupos de répteis desapareceram, mas o grupo dos jacarés existe até hoje. Isso se deve, provavelmente, ao fato de o jacaré:

- (a) habitar locais onde existe abundância de alimento.  
(b) viver em ambientes que sofreram poucas mudanças.  
(c) colocar ovos que são chocados em ninhos bem escondidos.  
(d) ter o corpo todo revestido por placas dérmicas.

**19 Fuvest 2004** Num exercício prático, um estudante analisou um animal vertebrado para descobrir a que grupo pertencia, usando a seguinte chave de classificação:



O estudante concluiu que o animal pertencia ao grupo VI. Esse animal pode ser:

- (a) um gambá.  
(b) uma cobra.  
(c) um tubarão.  
(d) uma sardinha.  
(e) um sapo.

**20 UEPG 2008** Sobre répteis, assinale o que for correto.

- 01 Foram animais dominantes na era Mesozoica, a chamada "era dos répteis", que durou cerca de 180 milhões de anos.  
02 A respiração é pulmonar nas espécies terrestres e branquial nas espécies aquáticas.  
04 Os répteis têm fecundação interna e, na grande maioria, são ovovíparos, produzindo ovos terrestres, pois sua reprodução não depende do meio aquático, como em peixes e anfíbios.  
08 Representam o primeiro grupo de vertebrados bem-sucedidos na conquista efetiva do meio terrestre, devido a várias importantes adaptações, como pele seca, sem glândulas, completamente impermeabilizada por queratina disposta em escamas ou placas córneas.  
16 Um importante indício da adaptação bioquímica dos répteis à vida terrestre é a eliminação de ácido úrico (uricotelismo) como principal excreta nitrogenada, sob a forma de uma pasta branco-amarelada. O ácido úrico, insolúvel na água, requer uma quantidade mínima de água para ser eliminado, o que representa economia de água para os animais terrestres sujeitos à desidratação.

Soma =

**21 UFRRJ 2006** Com relação ao hábito das tartarugas marinhas de subir às praias para desovar, é correto dizer que:

- (a) as tartarugas fazem isso para evitar que os ovos se estraguem na água.  
(b) esse comportamento foi herdado de tartarugas terrestres ancestrais das marinhas.  
(c) se os ovos fossem colocados na água, flutuariam e seriam mais facilmente predados.  
(d) as tartarugas fazem isso para proteger os ovos de predadores marinhos que poderiam destruir os ovos, se deixados na água.  
(e) as tartarugas fazem isso porque os filhotes não resistiriam à água do mar.



**22 Cesgranrio 1990** Indique a que classes pertencem os animais cujas principais características estão relacionadas a seguir.

- I. Papo e moela (aparelho digestivo); siringe; ossos pneumáticos; sacos aéreos; homeotérmicos; coração com quatro cavidades.  
 II. Durante a metamorfose, têm respiração branquial, pulmonar e cutânea; coração com três cavidades; pecilotérmicos; cloaca.
- (a) I – peixes e II – anfíbios      (d) I – répteis e II – anfíbios  
 (b) I – aves e II – anfíbios      (e) I – anfíbios e II – peixes  
 (c) I – aves e II – répteis

**23 UFRRJ 2006** Observe os quadrinhos a seguir.

**OS BICHOS**



Nos quadrinhos apresentados, os dois animais representam grupos que tiveram sucesso na sua evolução, com maior independência do ambiente aquático. Uma característica apresentada por ambos, e que pode ser apontada como parte das razões para a conquista do meio terrestre, é:

- (a) a reprodução com fecundação externa.  
 (b) o desenvolvimento de embriões dentro de um ovo com casca.  
 (c) a formação de apêndices locomotores, como as patas.  
 (d) a regulação da temperatura corporal.  
 (e) a circulação fechada.

**24 Uerj 1999** Muitos aspectos do desenvolvimento embrionário e das estruturas dos indivíduos adultos mostram a existência de semelhanças que evidenciam o processo evolutivo. A presença de fendas branquiais e de múltiplos arcos aórticos nos embriões de vários grupos animais são exemplos desse fato. O registro fóssil indica que os vertebrados de respiração branquial precederam os de respiração terrestre aérea. Dessa maneira, podemos dizer que a sequência do aparecimento dos animais foi:

- (a) peixes – anfíbios – répteis – aves  
 (b) anfíbios – peixes – aves – répteis  
 (c) répteis – aves – peixes – anfíbios  
 (d) aves – répteis – anfíbios – peixes

**25 PUC-RS 2003** Na edição brasileira da revista *Scientific American* de abril de 2003, Richard Prum e Alan Brush publicaram o artigo intitulado “A controvérsia do que veio primeiro, penas ou pássaros?”, no qual afirmam:

Agora sabemos que as penas surgiram pela primeira vez num grupo de dinossauros terópodes e diversificaram-se em variedades essencialmente modernas em outras linhagens de terópodes

anteriores à origem dos pássaros. Entre os numerosos dinossauros com penas, as aves representam um grupo particular que desenvolveu a capacidade de voar usando as penas de seus membros dianteiros especializados e da cauda. (p. 72)

Segundo o texto, as aves pertencem ao grupo taxonômico denominado:

- (a) *Chelonia*.      (c) *Anura*      (e) *Urodela*.  
 (b) *Ophidia*.      (d) *Reptilia*.

**26 Mackenzie 2001** Recentemente, foi encontrado um fóssil de dinossauro nos EUA que apresentava o coração também fossilizado. Esse coração possuía 4 câmaras, impedindo a mistura de sangue. Isso indica que esse animal apresentava parentesco evolutivo com \_\_\_\_\_, sendo, portanto, \_\_\_\_\_. A alternativa que preenche corretamente as lacunas é:

- (a) aves – homeotermos  
 (b) mamíferos – heterotermos  
 (c) anfíbios – homeotermos  
 (d) aves – heterotermos  
 (e) anfíbios – heterotermos

**27 Puccamp 2005** Construída a toque de caixa pelo regime militar, Tucuruí inundou uma área de 2.000 km<sup>2</sup>, sem que dela se retirasse a floresta. A decomposição orgânica elevou os níveis de emissão de gases, a ponto de fazer da represa, nos anos 90, uma importante emissora de poluentes do Brasil. Ganhar a vida cortando árvores submersas exige que um mergulhador desça a mais de 20 metros, com praticamente zero de visibilidade e baixas temperaturas. Amarrado ao tronco da árvore, maneja a motosserra.

Veja, ano 37, n. 23, ed. 1857. São Paulo: Abril. p. 141. (Adapt.).

Nos processos de inspiração e expiração do mergulhador, o músculo diafragma desempenha um importante papel. Assinale a alternativa que contém um exemplo de animal que possui esse músculo.

- (a) Peixe.      (c) Jacaré.      (e) Sucuri.  
 (b) Lontra.      (d) Garça.

**28 Puccamp 2005** Na escuridão, morcegos navegam e procuram suas presas emitindo ondas de ultrassom e depois detectando as suas reflexões. Estas são ondas sonoras com frequências maiores do que as que podem ser ouvidas por um ser humano.

Depois de o som ser emitido através das narinas do morcego, ele poderia se refletir em uma mariposa, e então retornar aos ouvidos do morcego. Os movimentos do morcego e da mariposa em relação ao ar fazem com que a frequência ouvida pelo morcego seja diferente da frequência que ele emite. O morcego automaticamente traduz esta diferença em uma velocidade relativa entre ele e a mariposa.

Algumas mariposas conseguem escapar da captura voando para longe da direção em que elas ouvem as ondas ultrassônicas, o que reduz a diferença de frequência entre o que o morcego emite e o que escuta, fazendo com que o morcego possivelmente não perceba o eco.

Halliday; Resnick; Walker. *Fundamentos de Física*. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002, p. 131. v.2.



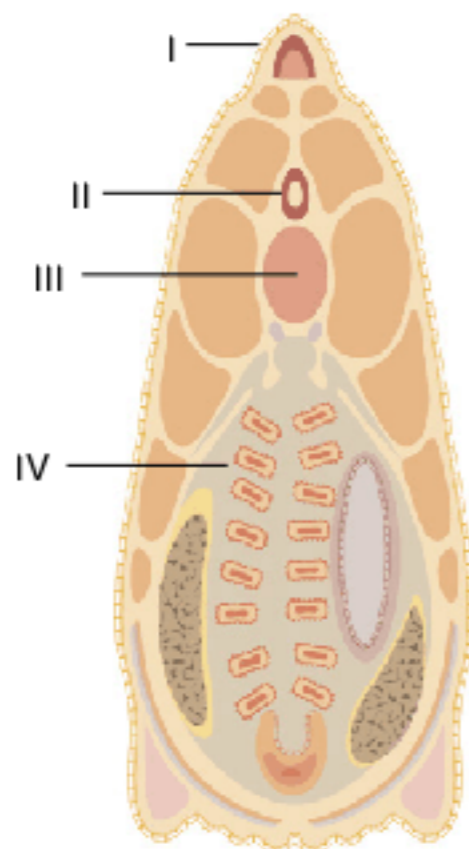
Considere os caracteres a seguir.

- I. Pelos
- II. Glândulas mamárias
- III. Endotermia
- IV. Coração com quatro cavidades
- V. Diafragma

Desses caracteres, os que são exclusivos da classe à qual pertencem os morcegos, são os de números:

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

**29 UEL 2000** O esquema a seguir mostra um corte transversal de anfióxico, pequeno animal marinho que tem características de invertebrado e de vertebrado.



Ralph Buchsbaum. *Animals without Backbones*. Chicago: The University of Chicago Press. p. 314.

Assinale a alternativa que corresponde à classificação correta das características de invertebrados (A) e de vertebrados (B), numeradas.

- (a) (A) – I; (B) – II, III e IV.
- (b) (A) – II; (B) – I, III e IV.
- (c) (A) – I e II; (B) – III e IV.
- (d) (A) – II e III; (B) – I e IV.
- (e) (A) – III e IV; (B) – I e II.

**30 PUC-PR 2005** De acordo com a teoria mais corrente, este grupo animal constitui os primeiros vertebrados efetivamente equipados para a vida terrestre em lugares secos, em decorrência das adaptações abaixo enunciadas:

- Presença de pele seca e relativamente impermeável.
- Presença de órgãos respiratórios internos.
- Fecundação interna e independente da água.
- Presença de ovos com casca grossa.
- Presença de âmnio e alantoide.
- Excretam ácido úrico.

O grupo animal vertebrado em questão são:

- (a) os mamíferos.
- (b) as aves.
- (c) os répteis.
- (d) os anfíbios.
- (e) os peixes.

**31 UFV 2002** A embriologia dos répteis tem sido abordada em filmes de ficção sobre dinossauros. Entretanto, considerando os répteis atuais, assinale a alternativa que não poderia ser abordada numa cena de filme, como sendo um fato biologicamente correto.

- (a) Embriões de répteis apresentando âmnio, cório e alantoide.
- (b) Embriões de répteis nutrindo-se da vascularização placentária.
- (c) Embriões de répteis apresentando fendas branquiais.
- (d) Embriões de répteis dentro de ovos com muito vitelo.
- (e) Embriões de répteis com a coluna vertebral surgindo do mesoderma.

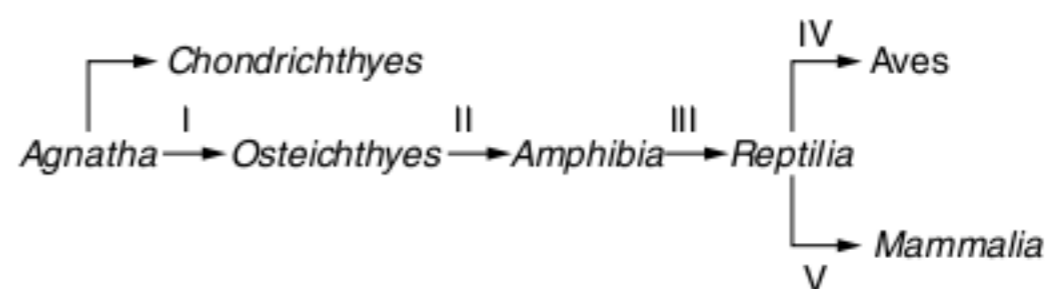
**32 Unesp 1998** Um pesquisador, ao acompanhar o desenvolvimento de ovos de um determinado grupo de animais, encontrou as seguintes características.

- I. Presença de âmnio e alantoide.
- II. Grande quantidade de vitelo.
- III. Fragmentos de casca calcária.
- IV. Ácido úrico armazenado no alantoide.

Baseado nessas características, o pesquisador concluiu que os ovos estudados poderiam ser de:

- (a) peixe ou anfíbio.
- (b) ave ou réptil.
- (c) réptil ou anfíbio.
- (d) peixe ou réptil.
- (e) ave ou anfíbio.

**33 Puccamp 1998** O esquema a seguir representa a sequência evolutiva das classes dos vertebrados. Os números indicados sobre as setas indicam formas de transição entre os grupos.



Âmnio e respiração aérea na fase adulta surgiram pela primeira vez, respectivamente, em:

- (a) I e II.
- (b) II e III.
- (c) III e II.
- (d) IV e I.
- (e) V e III.



# TEXTOS COMPLEMENTARES

## Classificação dos primatas e do ser humano

Os primatas originaram-se de insetívoros há aproximadamente 65 milhões de anos, tendo convivido, portanto, com os dinossauros. Os primatas atuais são divididos em subordens: *Prosimii* e *Anthropoidea*.

Os *Prosimii* incluem lêmures e lóris. Já os primatas da subordem *Anthropoidea* possuem os grupos *Platyrrhini* e *Catarrhini*. Os *Platyrrhini* são conhecidos como macacos do Novo Mundo, dotados de cauda prênscil, como o macaco-aranha, o macaco-narigudo, o mico-leão-dourado e o bugio. Estes apresentam nariz achatado, com orifícios bastante separados. Os *Catarrhini* apresentam nariz alongado, com orifícios nasais mais próximos. Eles compreendem duas superfamílias: *Cercopithecoidea* e *Hominoidea*.

Os *Cercopithecoidea* são dotados de cauda, mas que não é prênscil. São também conhecidos como macacos do Velho Mundo, e têm como representantes o babuíno e o mandril. A superfamília *Hominoidea* não tem cauda e apresenta três famílias: *Hylobatidae*

(gibão), *Pongidae* (orangotango, gorila e chimpanzé) e *Hominidae* (seres humanos atuais e extintos; inclui os gêneros *Homo* e *Australopithecus*).

Os primeiros seres humanos surgiram no continente africano há cerca de 4 milhões de anos, pertencentes ao gênero *Australopithecus*, que viveu até 1,3 milhão de anos atrás. Possivelmente, foi desse grupo que se desenvolveram os primeiros representantes do gênero *Homo*, os *Homo habilis*, que datam de 2 milhões de anos. Posteriormente, apareceram os indivíduos da espécie *Homo erectus*, há aproximadamente 1,5 milhão de anos. Atribui-se a esta espécie o desenvolvimento de várias ferramentas e do fogo. O *Homo sapiens* tem como representante mais antigo o chamado homem de Neandertal (*Homo sapiens neanderthalensis*), de aproximadamente 300 mil anos atrás. Estima-se que os últimos representantes são de 35 mil anos atrás. O ser humano atual, também da espécie *Homo sapiens* (*Homo sapiens sapiens*), surgiu há cerca de 75 mil anos e dispersou-se por todas as partes do planeta.



*Australopithecus afarensis*.



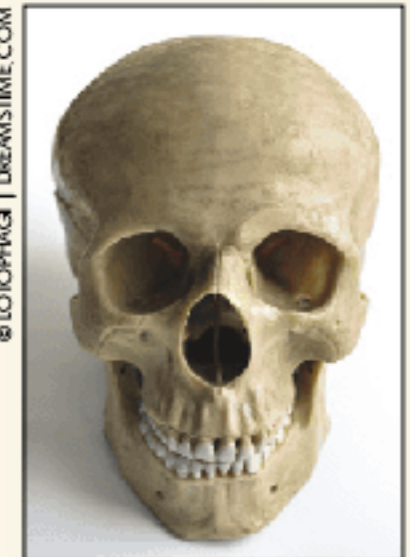
*Homo habilis*.



*Homo erectus*.



*Homo sapiens neanderthalensis*.



*Homo sapiens sapiens*.

Subordem <i>Prosimii</i>	Lêmure, tásio e lóris		
Subordem <i>Anthropoidea</i>	<i>Platyrrhini</i> : macacos do Novo Mundo; têm cauda prênscil, como macaco-aranha, macaco-narigudo, mico-leão-dourado e bugio.		
	<i>Catarrhini</i>	Superfamília <i>Cercopithecoidea</i> : macacos do Velho Mundo; sem cauda prênscil, como o babuíno e o mandril.	
		Superfamília <i>Hominoidea</i>	Família <i>Hylobatidae</i> (gibão) Família <i>Pongidae</i> (orangotango, gorila e chimpanzé) Família <i>Hominidae</i> (seres humanos atuais e extintos; inclui os gêneros <i>Homo</i> e <i>Australopithecus</i> )

Classificação dos primatas.

## As serpentes venenosas

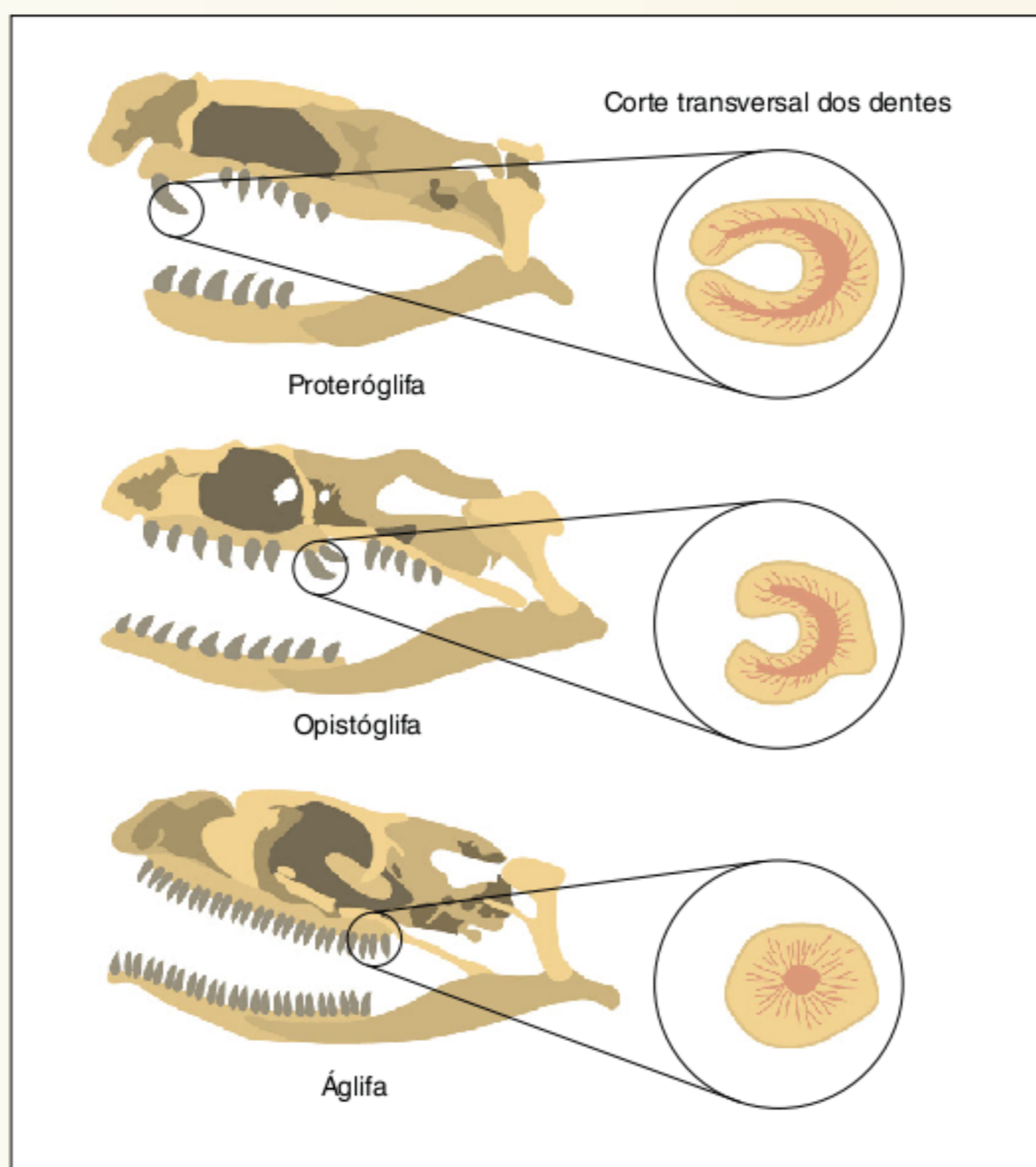
O veneno que muitas serpentes possuem é produzido em glândulas salivares modificadas e tem grande importância na vida desses animais, servindo como um elemento de defesa e de ataque a presas. Quando a serpente morde um animal, o veneno passa da glândula para um par de dentes modificados, as chamadas presas inoculadoras de veneno. Em algumas espécies, o veneno flui por

meio de um canal central do dente. As serpentes que têm esse tipo de presa são denominadas **solenóglifas** e incluem a cascavel e a jararaca.

Outras serpentes dotadas de veneno têm um sulco na parte posterior da presa; não há, portanto, um canal central. A posição dessas presas na boca varia em diferentes espécies:



- serpentes proteróglifas: têm a presa inoculadora de veneno na região anterior da boca, como ocorre com a cobra-coral verdadeira e a naja.
- serpentes opistóglifas: têm a presa na região posterior da boca, como ocorre com a falsa cobra-coral e a muçurana. A posição da presa inoculadora no fundo da boca dificulta a introdução do veneno e os acidentes envolvendo seres humanos com essas serpentes são mais raros.
- serpentes áglifas: não têm veneno e possuem dentes com aspecto uniforme. Nelas, não há presas inoculadoras de veneno, como ocorre com a caninana, a sucuri e a jiboia. O efeito dos diversos tipos de veneno e seu tratamento com soro adequado será discutido na fisiologia do sistema imunitário.



Dentição em serpentes proteróglifas, opistóglifas e áglifas.

## RESUMINDO

### Cordados

Cordados compreendem dois grandes grupos: os protocordados (anfioxo e ascídia) e vertebrados, que incluem peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

### Os protocordados

Os protocordados têm dois principais subfilos: *Cephalochordata* (anfioxo) e *Urochordata*, ou *Tunicata* (ascídia).

O anfioxo é um animal marinho e filtrador. O revestimento do corpo é feito pela epiderme, que também forma o tubo nervoso dorsal. A notocorda persiste durante toda a vida do anfioxo. O tubo digestório apresenta boca e ânus. Na parte anterior do tubo digestório, há inúmeras aberturas laterais, as fendas faríngeas (ou fendas branquiais). O sistema circulatório é aberto. A

excreção ocorre por inúmeros pares de nefrídeos. A respiração é cutânea. É um animal dioico. A fecundação é externa e o zigoto formado gera uma larva bastante parecida com a forma adulta.

A ascídia tem uma fase larval móvel muito parecida com a do anfioxo. A fase larval tem curta duração e gera a forma adulta sésil. A ascídia adulta tem formato arredondado, é revestida por uma túnica secretada pela epiderme. A ascídia também é um animal filtrador. São monoicas. A fecundação é externa e o desenvolvimento é indireto. Algumas ascídias também apresentam reprodução assexuada por brotamento.

### Os hemicordados

Os hemicordados constituem um filo, não pertencente aos cordados, mas aparentado com eles. O representante mais



conhecido é o balanoglossos, um animal deuterostômio, assim como os cordados e os equinodermos.

### Os vertebrados

O filo dos cordados tem três subfilos: *Cephalochordata*, *Urochordata* e *Vertebrata* (vertebrados) e *Craniata* (craniados). Vertebrados são, em sua maioria, dotados de coluna vertebral e de crânio e são divididos em dois grupos: os ciclóstomos, ou agnatostomados (sem mandíbula) e os gnátostomados, dotados de mandíbula.

### Agnatostomados

São animais exclusivamente aquáticos e têm boca com a forma de funil, dotada de dentículos. Esses animais apresentam corpo alongado com uma nadadeira caudal e nadadeiras dorsais. A notocorda persiste durante toda a vida. Têm respiração branquial. Esses animais são dioicos e apresentam fecundação externa, com desenvolvimento indireto.

### Gnatostomados

Os vertebrados apresentam fendas faringianas em pelo menos uma fase do seu desenvolvimento. Possuem arcos branquiais, provavelmente essas estruturas originaram as mandíbulas.

### Peixes

Há dois grandes grupos de peixes: condrictes e osteíctes. Os condrictes têm esqueleto cartilaginoso enquanto os osteíctes são peixes ósseos.

As brânquias dos osteíctes são recobertas pelo opérculo, uma espécie de tampa que protege as brânquias, mas permite o fluxo de água. Os condrictes geralmente não têm opérculo. A pele dos peixes normalmente tem escamas. Nos condrictes, elas originam-se da epiderme e da derme. A parte epidérmica, mais externa, é o esmalte; a parte dérmica, mais interna, é a dentina. As escamas de osteíctes são recobertas pela epiderme e com origem dérmica.

### Aspectos fisiológicos

Peixes são dotados de sistema digestório completo. Os condrictes têm cloaca e os osteíctes apresentam ânus. Nos osteíctes, os gametas e a urina são eliminados em uma estrutura conhecida como papila urogenital, posterior ao ânus.

Peixes apresentam sistema circulatório fechado; seu coração é dotado de duas câmaras, um átrio e um ventrículo. São heterotermos, ou pecilotermos. O sistema excretor dos peixes apresenta um rim, situado em posição dorsal; a urina é eliminada por meio da cloaca (em condrictes) ou por meio da abertura urinária da papila urogenital (nos osteíctes).

Peixes têm respiração branquial. As brânquias são estruturas também relacionadas com a eliminação de excretas. Osteíctes excretam amônia e condrictes eliminam ureia. Há peixes dipnoicos, como a piramboia, que além de brânquias têm um pulmão primitivo. Peixes ósseos apresentam a bexiga natatória, ou vesícula gasosa.

O sistema nervoso é mais complexo do que o dos ciclóstomos, tendo estruturas sensoriais diversificadas, como receptores olfativos, olhos e linha lateral. O esqueleto dos peixes é leve e isso é bem adaptativo à vida aquática, pois boa parte da

sustentação é propiciada pela própria água. Há espécies de peixes com nadadeiras lobadas, de aspecto mais carnosas. É o caso dos sarcopterígeos, que têm uma ligação evolutiva com os vertebrados terrestres.

### Reprodução dos peixes

Os condrictes têm fecundação interna. O desenvolvimento é variável, podendo haver espécies ovíparas, vivíparas ou ovovivíparas. Nos osteíctes, ocorre fecundação externa. O embrião desenvolve-se em formas jovens denominadas alevinos; há espécies vivíparas.

### Anfíbios

Os anfíbios correspondem a um grupo de transição entre o meio aquático e o meio terrestre. As aquisições evolutivas mais significativas que deram origem aos anfíbios foram principalmente no sistema circulatório, no esqueleto, na excreção e no tegumento.

### Sistema circulatório e temperatura

O coração dos anfíbios tem três cavidades: dois átrios e um ventrículo. São pecilotermos, ou heterotermos.

### Esqueleto

Anfíbios têm esqueleto mais robusto do que o dos peixes e suporta a ausência da sustentação proporcionada pela água. Apresentam membros capazes de realizar deslocamento em meio terrestre, principalmente com movimentos saltatórios.

### Excreção

Muitos anfíbios têm fase larval aquática (girinos), que excretam principalmente amônia. Normalmente, anfíbios adultos são de meio terrestre úmido e excretam ureia.

### Respiração

A larva apresenta respiração branquial e cutânea, enquanto os adultos terrestres têm respiração cutânea e pulmonar.

### Tegumento

O revestimento do corpo é constituído pela pele, que é fina, úmida e permeável. Esse tipo de pele permite a realização de trocas gasosas, mas torna os anfíbios restritos a ambientes terrestres úmidos. Muitas espécies têm glândulas produtoras de veneno.

### Sistema nervoso

O sistema nervoso é mais desenvolvido que o dos peixes. A linha lateral está presente na larva, mas desaparece durante a metamorfose. Nos adultos, há membranas timpânicas externas e visíveis, conferindo ao adulto a capacidade de captar os sons do ambiente terrestre. Os olhos dos anfíbios são bem desenvolvidos.

### Sistema digestório

Larvas de sapos alimentam-se de algas e vegetais aquáticos. Sapos adultos alimentam-se de insetos; projetam sua longa língua e capturam pequenos animais que são engolidos sem ser realizada a mastigação. Existe uma cloaca, por onde são eliminadas as fezes, a urina e os gametas.



## Classificação e reprodução

Há três ordens de anfíbios: anuros, urodelos e ápodes. Os anuros incluem sapo, rã e perereca. Os urodelos incluem as salamandras e os tritões. Os ápodes têm o corpo cilíndrico e não possuem patas, como a cobra-cega. Os ovos não têm casca e são bastante suscetíveis ao ressecamento. Os embriões desenvolvem-se em larvas (girinos). O girino sofre metamorfose e se desenvolve em um indivíduo adulto.

## Répteis

As aquisições evolutivas mais significativas que deram origem aos répteis foram no esqueleto, na excreção, na respiração, na reprodução e no tegumento. Esses aspectos estão relacionados com a conquista do ambiente terrestre pelos répteis.

## Sistema circulatório e temperatura

O coração da maioria dos répteis tem três cavidades: dois átrios e um ventrículo parcialmente dividido; nos crocodilos, o coração apresenta quatro cavidades. Répteis são vertebrados pecilotermos, ou heterotermos.

## Esqueleto

Houve uma notável expansão da caixa torácica e aumento do volume dos pulmões; os membros tornaram-se mais robustos, permitindo maior mobilidade em meio terrestre. Os membros dos répteis têm uma disposição arqueada em relação ao eixo do corpo.

## Excreção e respiração

Répteis excretam ácido úrico. A respiração é pulmonar.

## Tegumento

A epiderme é espessa, seca, impermeável, pobre em glândulas e com anexos. Esse tipo de pele torna os répteis capazes de sobreviver em ambiente terrestre seco.

## Sistema nervoso

O encéfalo é mais desenvolvido do que o dos anfíbios. Os olhos são bem desenvolvidos e protegidos pela membrana nictitante. A língua de serpentes e lagartos coleta substâncias no ar e as conduz para a cavidade da boca onde há receptores químicos (órgão de Jacobson). Em serpentes, há a fosseta loreal, uma estrutura sensível à radiação infravermelha.

## Sistema digestório

Tartarugas e jabutis apresentam bico, alguns répteis têm dentes. Uma especialização é constatada em serpentes peçonhentas, com presas inoculadoras de veneno. Geralmente comem presas inteiras ou comem grandes pedaços.

## Classificação e reprodução

Os répteis são divididos em três ordens: escamados, quelônios e crocodilianos. Os quelônios compreendem as tartarugas, os cágados e os jabutis. Crocodilianos incluem crocodilos, jacarés, aligatores e gaviais. Os escamados são divididos em lacertílios (lagartos e iguanas) e ofídios (as serpentes).

Répteis são dioicos, de fecundação interna e desenvolvimento direto. Há serpentes vivíparas, mas os répteis geralmente são ovíparos.

Os ovos têm casca rígida e apresentam grande quantidade de vitelo (gema), sendo classificados como megalécitos. A casca confere proteção mecânica e impede o ressecamento; mas também é porosa, permitindo a realização de trocas gasosas com o ambiente. O embrião tem anexos embrionários (âmnio, alantoide, saco vitelínico e cório).

## Aves

Aves são relacionadas com os répteis, já que esses grupos compartilham diversas características. Mas elas também apresentam diferenças expressivas em relação aos répteis. Muitas das aquisições evolutivas das aves estão relacionadas com o desenvolvimento do voo.

## Sistema circulatório e temperatura

Em relação à temperatura, as aves são animais homeotermos.

## Esqueleto

O esqueleto das aves geralmente tem ossos leves, alguns contêm ar (ossos pneumáticos). Os membros anteriores são modificados em asas e os membros posteriores permitem o deslocamento apoiados em um substrato. A quilha é uma estrutura na qual prendem-se os músculos peitorais.

## Excreção

Aves excretam ácido úrico e não apresentam bexiga urinária. Algumas aves marinhas têm glândulas de sal, situadas na cabeça.

## Respiração

Aves têm respiração exclusivamente pulmonar. Seus pulmões são ligados a sacos aéreos (anteriores e posteriores); entre os sacos aéreos há parabronquíolos, onde ocorrem as trocas gasosas com o sangue.

## Tegumento

A pele das aves apresenta epiderme, derme e hipoderme. A hipoderme corresponde a uma camada de células adiposas sob a derme. A gordura atua como um isolante térmico, uma reserva energética e contribui para a flutuação em meio aquático.

A epiderme é bastante queratinizada, seca e impermeável. A epiderme apresenta anexos, como penas, garras, bico e escamas. A epiderme tem muita queratina e é pobre em glândulas. Na região caudal de muitas aves há glândulas uropigianas, que produzem uma secreção oleosa.

As penas têm queratina. As penas apresentam várias funções: atração sexual, sendo os machos geralmente mais vistosos do que as fêmeas (dimorfismo sexual). As penas aumentam a superfície do corpo, contribuindo para a realização do voo. Aves podem reter ar entre as penas; e o ar atua como um eficiente isolante térmico.

## Sistema nervoso

Possuem cerebelo, visão e audição bastante desenvolvidos.

## Sistema digestório

Aves apresentam bico e não têm dentes. Seu sistema digestório apresenta esôfago, papo, proventrículo, moela, intestino e cloaca.



**Classificação e reprodução**

As aves são divididas em dois grandes grupos: carinatas e ratitas. Carinatas são dotadas de quilha, tendo originalmente capacidade de voar. As ratitas não apresentam quilha e não têm capacidade de voar. São animais dioicos, têm fecundação interna e são ovíparas. Os ovos são semelhantes aos dos répteis, com casca calcárea, membrana da casca, gema (vitelo) e clara. O desenvolvimento é direto.

**Mamíferos**

Mamíferos descendem de uma linhagem de répteis e têm características reptilianas, como pele queratinizada e respiração pulmonar.

**Sistema circulatório e temperatura**

O sistema circulatório apresenta coração dotado de quatro cavidades (dois átrios e dois ventrículos). Mamíferos são endotérmicos.

**Esqueleto**

Há diversas adaptações dos membros, gerando estruturas para agarrar, correr, nadar e voar.

**Excreção**

Mamíferos excretam principalmente ureia.

**Respiração**

A respiração é exclusivamente pulmonar; os pulmões de mamíferos têm grande superfície e são dotados de alvéolos pulmonares. Possuem diafragma.

**Tegumento**

O tegumento dos mamíferos apresenta epiderme e derme. Sob a derme há uma camada de gordura (hipoderme). A epiderme é queratinizada e apresenta diversos anexos como pelos, unhas e cornos. Os pelos são estruturas de proteção mecânica e atuam como isolante térmico. Outros anexos da epiderme são as glândulas sudoríparas, sebáceas e mamárias.

**Sistema nervoso**

O sistema nervoso dos mamíferos é mais complexo, tendo grande desenvolvimento do encéfalo. Mamíferos têm órgãos dos sentidos desenvolvidos e diversas estruturas sensoriais.

**Sistema digestório**

O sistema digestório dos mamíferos mostra grande especialização, permitindo uma imensa variedade de tipos de nutrição. Os

dentos são mais especializados do que os dos répteis, mas alguns representantes não possuem dentes. Mamíferos em geral apresentam ânus; o ornitorrinco é dotado de cloaca.

**Classificação e reprodução**

Mamíferos são dioicos, apresentam fecundação interna e têm desenvolvimento direto. Compreendem três subclasses: monotremados, marsupiais e placentários.

Os monotremados, ou prototérios, são o ornitorrinco e a équidna. São mamíferos que põem ovos (ovíparos), que são chocados pela mãe.

Os marsupiais, ou metatérios, têm como representantes a coala, o canguru, o gambá, o vombate e o diabo-da-tasmânia. As crias nascem de tamanho bastante reduzido e depois migram para uma bolsa da mãe, conhecida como marsúpio, onde estão as glândulas mamárias.

Os placentários, ou eutérios, são os mamíferos mais abundantes, como roedores, carnívoros e primatas. O embrião desenvolve-se no interior do útero e realiza trocas com o organismo da mãe por meio da placenta.

**Os anexos embrionários**

O ovo de répteis, aves e monotremados tem uma estrutura similar. O embrião gera membranas, conhecidas como anexos embrionários. Há quatro anexos embrionários principais: âmnio, saco vitelínico, alantoide e cório. O embrião é envolvido pelo âmnio, que delimita a cavidade amniótica, cheia de líquido e permite proteção contra desidratação e contra abalos mecânicos. O saco vitelínico envolve a gema (vitelo) e seus vasos sanguíneos absorvem os nutrientes da gema e da clara, transportando-os ao embrião. O alantoide acumula excretas nitrogenadas (ácido úrico), gerados no metabolismo do embrião. O cório envolve o âmnio (que fica ao redor do embrião) e os demais anexos (alantoide e saco vitelínico). A casca também fornece cálcio para o desenvolvimento do embrião; seu transporte é feito pelos vasos do cório e do alantoide. Nos mamíferos placentários, uma região do cório e do endométrio sofre grande modificação e origina a placenta. Trata-se de uma estrutura de origem mista, com parte do filho (cório) e parte da mãe (endométrio).

**■ QUER SABER MAIS?**

SITE

## ■ Equinodermos e os cordados

<<http://faculty.clintoncc.suny.edu/faculty/michael.gregory/files/Bio%20102/Bio%20102%20lectures/Animal%20Diversity/Deuterostomes/deuterostomes.htm>>.



## Exercícios complementares

**1 UFC 2006** Cite duas características dos anfioxos, pertencentes ao táxon *Cephalochordata*, que são utilizadas para embasar as relações filogenéticas com os vertebrados. Em que se baseia a denominação do táxon? Diga em qual etapa do desenvolvimento embrionário é reconhecida a característica que denomina o táxon e descreva como esta característica se origina embriologicamente.

**2 UFF 2000** A bexiga natatória de um peixe tem importante papel no controle de sua flutuação na água. Considere que um zoólogo, ao estudar a anatomia de dois peixes ósseos de mesmo tamanho – um de água salgada e outro de água doce –, verificou que as bexigas natatórias dos dois animais, quando vazias, tinham, aproximadamente, as mesmas dimensões.

Se estes animais estivessem vivos, em seus respectivos habitats e à mesma profundidade, pode-se afirmar que:

- não haveria razão para que as bexigas natatórias dos dois peixes apresentassem volumes diferentes.
- a bexiga natatória do peixe de água salgada estaria maior do que a do peixe de água doce.
- as bexigas natatórias dos dois peixes teriam o mesmo volume, mas a do peixe de água salgada acumularia mais água.
- a bexiga natatória do peixe de água doce estaria maior do que a do peixe de água salgada.
- as bexigas natatórias dos dois peixes teriam o mesmo volume, mas a do peixe de água doce acumularia mais água.

**3 Unesp 1999** Cientistas ingleses disseram ter descoberto os restos de um dos primeiros tubarões. Os fósseis encontrados datam de 25 milhões de anos antes do que se acreditava. A impressão, a partir dos achados, é que os tubarões desta época não tinham mandíbulas.

O Estado de S. Paulo, 17 fev. 1998, p. A-12.

- Qual é o grupo de vertebrados que não possuía mandíbulas e que, provavelmente, antecedeu os peixes? Cite um exemplo de um animal desse grupo.
- Qual a grande vantagem da aquisição de mandíbula pelos peixes?

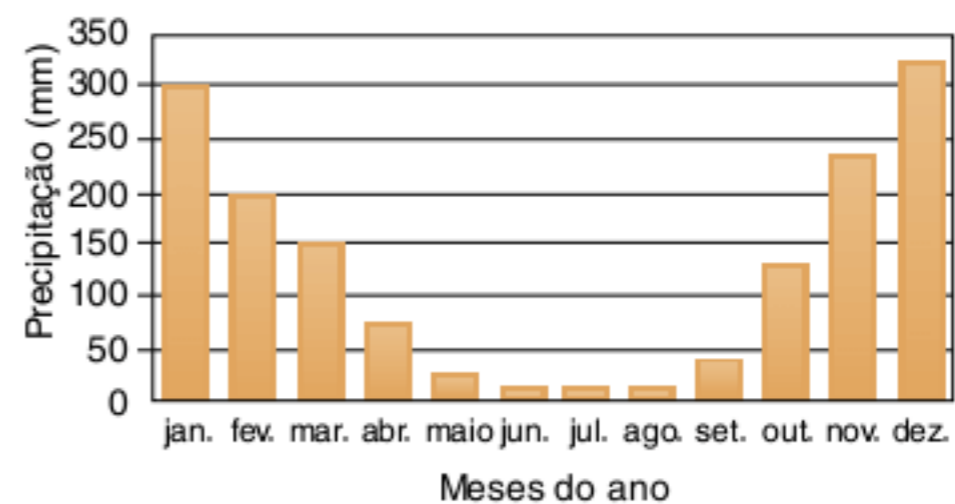
**4 Unicamp 2005** Em abril de 2003, frequentadores da praia da Joatinga, no Rio de Janeiro, mataram a pauladas um tubarão mangona. As espécies animais que causam medo, repulsa ou estão associadas a superstições são inapelavelmente sentenciadas à morte. Cobras, aranhas, morcegos, escorpiões, araias, marimbondos, sapos, lagartos, gambás e, claro, tubarões, morrem às dezenas, porque falta à população um nível mínimo de conhecimento sobre tais animais, seu comportamento, seu papel na cadeia alimentar e nos ecossistemas.

Liana John. Sentenciados à morte por puro preconceito. Disponível em: <[www.estadao.com.br/ciência/ecos/mai/2003](http://www.estadao.com.br/ciência/ecos/mai/2003)>. (Adapt.).

- As arraias pertencem ao mesmo grupo taxonômico dos tubarões. Que grupo é esse? Dê uma característica que permite agrupar esses animais.

- Sapos e lagartos pertencem a classes distintas de vertebrados. Dê uma característica que permite diferenciar as duas classes.
- Aranhas e escorpiões têm em comum o fato de capturarem as suas presas ou se defenderem utilizando venenos. Indique que estruturas cada um deles utiliza para inocular o veneno e em que região do corpo do animal essas estruturas se localizam.

**5 Enem 2005** Em uma área observa-se o seguinte regime pluviométrico:



Os anfíbios são seres que podem ocupar tanto ambientes aquáticos quanto terrestres. Entretanto, há espécies de anfíbios que passam todo o tempo na terra ou então na água. Apesar disso, a maioria das espécies terrestres depende de água para se reproduzir e o faz quando essa existe em abundância. Os meses do ano em que, nessa área, esses anfíbios terrestres poderiam se reproduzir mais eficientemente são de:

- setembro a dezembro.
- novembro a fevereiro.
- janeiro a abril.
- março a julho.
- maio a agosto.

**6 Udesc 2009** Os anfíbios são classificados em três ordens: *Urodela*, *Anura* e *Gymnophiona* ou *Apoda*.

Assinale a alternativa correta que contém, respectivamente, os animais classificados como anfíbios e pertencentes a essas ordens.

- Salamandra, sapo, cobras-cegas (cecília).
- Jacaré, sapo, tartaruga.
- Perereca, jiboia, salamandra.
- Sapo, salamandra, cobras-cegas (cecília).
- Cobras-cegas (cecília), tartaruga, sapo.

**7 Uece 2008** Sobre a evolução dos anfíbios, assinale o correto.

- Estes animais foram os primeiros vertebrados a sobreviver em ambiente terrestre e, para tanto, desenvolveram uma pele áspera e rígida, capaz de suportar a dessecação imposta pelo meio terrestre.
- A presença de uma língua musculosa, rápida, pegajosa e protrátil, possibilitou a captura de presas, facilitando a sobrevivência desses animais no ambiente terrestre.
- Os anfíbios são animais bem adaptados ao ambiente terrestre, uma vez que produzem ovos com casca, resistentes à dessecação.



- (d) Embora sejam animais adaptados ao ambiente terrestre, os anfíbios não possuem pálpebras, essenciais à proteção ocular, e, somente por isso, precisam estar sempre próximos de ambientes aquáticos para realizar a lubrificação dos olhos.

**8 Unicamp 2002** Muitas espécies de tartarugas marinhas estão ameaçadas de extinção pela ação do homem. As rotas de migração das tartarugas marinhas são bastante estudadas no Brasil pelo Projeto Tamar-Ibama, através da colocação de transmissores em seus cascos.

Disponível em: <www.projetotamar.org.br>. (Adapt.).

- Sabendo-se que as tartarugas migram para colocar os ovos nas praias onde nasceram, cite duas características dos ovos das tartarugas que permitem seu desenvolvimento no ambiente terrestre.
- Quelônios são répteis encontrados tanto no meio terrestre como no aquático. Cite uma diferença morfológica entre os quelônios marinhos e os terrestres.
- A extinção de espécies pode ocorrer mesmo sem influência da ação humana. Cite um processo natural que pode levar à extinção de uma espécie.

**9 Unicamp 1994** Considere as seguintes características de dois animais vertebrados.

Animal A:

- corpo coberto por tegumento pouco queratinizado;
- excreção de amônia;
- fecundação externa.

Animal B:

- corpo coberto por tegumento espesso e queratinizado;
- excreção de ácido úrico;
- fecundação interna.

Responda.

- Qual o ambiente mais provável ocupado pelo animal A e pelo animal B?
- Justifique a existência de duas dessas características nesses ambientes.

**10 UFG 2007** Várias aves apresentam dispersão, que é uma forma de deslocamento dependente de fatores como barreiras geográficas.

- Os pinguins, que nadam desde o sul da Argentina até o litoral do Rio de Janeiro, não apresentam dispersão. Explique.
- Explique duas adaptações das aves para o voo que tenham relação com o peso corporal.

**11 UFU 2006** De todos os grupos de vertebrados, as aves possuem o maior número de adaptações para que possam realizar o voo. Cite as adaptações que são encontradas nos sistemas:

- dérmico.
- esquelético.
- respiratório.
- excretório.

**12 Unicamp 1998** Nas aves, a aquisição evolutiva de penas foi um passo importante para o voo.

- Cite duas outras características que permitiram às aves aprimorar sua capacidade de voo.
- Além do voo, dê outra função das penas.
- Que estrutura dos mamíferos é homóloga às penas? Explique.

**13 CEFET-MG 2006** As aves, para se adaptarem ao voo, apresentam as seguintes características, exceto:

- ossos compactos e bicos pequenos e leves.
- sacos aéreos e músculos peitorais poderosos.
- membrana nictante nos olhos e ausência de dentes.
- ausência de bexiga urinária e filhotes fora do corpo da fêmea.

**14 PUC-Rio 2007** Os pássaros apresentam determinadas adaptações que facilitam sua capacidade de voar. Essas adaptações incluem:

- presença de sacos aéreos e amônia como excreta nitrogenada.
- pecilotermia e ácido úrico como excreta nitrogenada.
- presença de ossos pneumáticos e de sacos aéreos.
- presença de sacos aéreos e de moela.
- homeotermia e amônia como excreta nitrogenada.

**15 UEL 2009** Leonardo da Vinci acreditava que o homem poderia voar e, para isso, estudou detalhadamente o voo das aves, conforme se pode notar em suas anotações sobre a "Estrutura das asas dos pássaros", em que aponta que se deve "estudar a anatomia das asas de um pássaro junto com os músculos do peito, que são movedores destas asas".

L. da Vinci. *Da Vinci por ele mesmo*. Marcos Malvezzi (Trad.). São Paulo: Madras, 2004. p. 351.

Com base no texto e nos conhecimentos sobre as aves e o seu voo, considere as afirmativas a seguir.

- Os músculos peitorais das aves voadoras devem ser ricos em mitocôndrias, uma vez que apresentam um metabolismo muito alto.
- As aves voadoras possuem sacos aéreos e ossos pneumáticos que auxiliam a reduzir o peso específico do corpo.
- O grupo de aves que não voam tem os membros posteriores adaptados para a marcha e é conhecido como "ratitas".
- As asas das aves são homólogas às das borboletas, pois ambas são utilizadas para o voo batido e não planado.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- Somente as afirmativas II e III são corretas.
- Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.

**16 UFPel 2007** É comum vermos aves de ambientes aquáticos como patos, marrecões, marrecos, biguás e cisnes ficarem algum tempo pressionando com o bico a região caudal do



uropígio. Assim, com a extremidade do bico extraem e distribuem sobre as penas uma substância oleosa produzida por um par de glândulas denominadas uropigianas. A secreção proveniente dessas glândulas exerce diversas funções no mecanismo de vida das aves.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que são funções dos óleos produzidos pelas glândulas uropigianas:

- (a) impermeabilizar as penas, dificultar o acesso de ectoparasitos e propiciar melhor deslocamento durante o voo.
- (b) evitar o encharcamento das penas, aumentar a perda de calor quando em atividade de voo e facilitar a transpiração.
- (c) estabelecer maior união entre as penas evitando a passagem de ar, facilitar a flutuação durante o nado e impedir a penetração de ectoparasitos.
- (d) fornecer flexibilidade e impermeabilidade às penas, por armazenar ar entre elas e diminuir o peso corpóreo.
- (e) facilitar a flutuação, impermeabilizar as penas e diminuir as perdas de calor corpóreo.

**17 UFPE 2003** Com relação a algumas características de animais vertebrados, é verdadeiro afirmar que:

- os osteíctes possuem, na porção ventral do corpo, um órgão denominado bexiga natatória, cuja função exige que o peixe se mantenha em movimento corporal rápido.
- diferentemente dos peixes, os anfíbios apresentam epiderme permeável, desenvolvimento de pulmões, coração com três cavidades e existência de pálpebras.
- em relação aos anfíbios, os répteis mostram diferenças evolutivas importantes, entre as quais: epiderme impermeável, excreção de ácido úrico e pulmões com maior superfície de troca.
- as aves apresentam semelhanças com os répteis, entre as quais: epiderme seca, ovo com casca e excreção de ácido úrico como principal resíduo nitrogenado.
- enquanto as aves são animais pecilotérmicos, os mamíferos são animais homeotérmicos.

**18 UFMG 2004** Todas as alternativas apresentam situações em que morcegos, golfinhos e algumas aves utilizam o sistema acústico de orientação espacial por ressonância, exceto:

- (a) Capturar presas.
- (b) Escapar de ambientes iluminados.
- (c) Evitar ataque de predadores.
- (d) Impedir colisões.

**19 Fuvest 2003** O ornitorrinco e a equidna são mamíferos primitivos que botam ovos, no interior dos quais ocorre o desenvolvimento embrionário. Sobre esses animais, é correto afirmar que:

- (a) diferentemente dos mamíferos placentários, eles apresentam autofecundação.

- (b) diferentemente dos mamíferos placentários, eles não produzem leite para a alimentação dos filhotes.
- (c) diferentemente dos mamíferos placentários, seus embriões realizam trocas gasosas diretamente com o ar.
- (d) à semelhança dos mamíferos placentários, seus embriões alimentam-se exclusivamente de vitelo acumulado no ovo.
- (e) à semelhança dos mamíferos placentários, seus embriões livram-se das excretas nitrogenadas através da placenta.

**20 CEFET-CE 2005** Os espaços a seguir ficam corretamente preenchidos com as palavras da opção:

“Nos mamíferos, o filhote se desenvolve totalmente dentro do útero, nutrido pela placenta e protegido pelo âmnio. Isto vale para os placentários que são, portanto, vivíparos. Apenas num pequeno grupo de mamíferos, os \_\_\_\_\_, há animais \_\_\_\_\_, cujo desenvolvimento embrionário acontece dentro de um ovo. É o caso, por exemplo, do ornitorrinco”.

- (a) carnívoros, ovíparos
- (b) monotremados, vivíparos
- (c) marsupiais, ovíparos
- (d) marsupiais, ovovivíparos
- (e) monotremados, ovíparos

**21 CEFET-SC 2008** Os vertebrados são animais que possuem coluna vertebral. Apesar de representarem apenas cerca de 1% do Reino Animal, eles são os seres vivos que mais conhecemos.

Com base nas informações existentes sobre os grupos de vertebrados, marque a alternativa que julgar correta.

- (a) As aves são os vertebrados que apresentam penas e, por isso, são os únicos vertebrados capazes de voar.
- (b) Os répteis são vertebrados que dependem da água para a deposição de seus ovos.
- (c) Os anfíbios vivem tanto no ambiente terrestre como no aquático, mas são independentes da água, utilizando este ambiente somente para resfriar o corpo.
- (d) Os mamíferos são os vertebrados que apresentam entre outras características, glândulas mamárias e pelos.
- (e) Os peixes são vertebrados exclusivamente marinhos.

**22 UFTPR 2008** A placenta é responsável pela fixação do saco amniótico ao útero e encarregada de promover as trocas nutritivas entre o sangue materno e o sangue fetal, além de produzir vários hormônios. Assinale a alternativa que contém o grupo de animais que apresentam placenta.

- (a) Répteis.
- (b) Aves.
- (c) Peixes.
- (d) Anfíbios.
- (e) Mamíferos.



**23 UFMG 1998** A figura representa um conhecido animal dos rios da Amazônia.



A característica que permite incluí-lo na classe dos mamíferos e excluí-lo das demais é:

- (a) presença de pelos. (c) viviparidade.  
 (b) homeotermia. (d) coração tetracavitário.

**24 UFRGS 2000** Leia o texto abaixo.

*Pouca gente se dá conta de que o litoral sul do Brasil, em especial Santa Catarina, é uma das áreas mais importantes em todo o planeta para a reprodução das baleias. É aqui que a Baleia Franca, um gigante pacífico e ameaçado de extinção, vem ter seus filhotes e amamentá-los, de maio a outubro (com o maior número de avistagens de baleias com filhotes em agosto/setembro).*

Folheto do Projeto Baleia Franca. IWC/Brasil, WDCS. Florianópolis, SC.

Considere os itens abaixo, que apresentam possíveis características do grupo a que pertencem os animais acima citados.

- I. Respiração pulmonar  
 II. Pecilotermia  
 III. Fecundação interna  
 IV. Ausência de diafragma

Quais estão corretos?

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

**25 UFSC 2005** Embora não seja um fato inédito no litoral catarinense, foi noticiado em nível nacional, em agosto de 2004, o encalhe de uma baleia no Rio de Janeiro. Esse animal pertence ao filo dos Cordados e à classe dos mamíferos.

Com relação aos mamíferos, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 O coração dos mamíferos apresenta 3 cavidades e a circulação é do tipo aberta.  
 02 As baleias, assim como os golfinhos e o peixe-boi, são exemplos de mamíferos aquáticos.  
 04 Os mamíferos terrestres tiveram sua origem evolutiva a partir de cetáceos (baleias) que migraram para a terra.  
 08 A presença do músculo diafragma nos mamíferos permite a separação entre os pulmões e o coração.  
 16 Uma das principais características dos mamíferos é a presença de uma notocorda bem desenvolvida na fase embrionária e sua posterior transformação em tubo nervoso.

- 32 A classe dos mamíferos apresenta representantes com membros locomotores modificados em asas, patas e nadadeiras.  
 64 Durante a era dos grandes répteis, mamíferos, como os mamutes, coexistiam com o tigre-dentes-de-sabre.

Soma =

**26 UFU 2007** Os ornitorrincos encontrados na Austrália e Tasmânia, aqui representados como primeiro, e os gambás da América do Sul, aqui representados como segundo, são classificados como:

- (a) o primeiro é um Prototério, ovíparo e amamenta os filhotes; o segundo é Metatério, vivíparo, com placenta pouco desenvolvida e amamenta os filhotes.  
 (b) o primeiro é um Prototério, ovíparo e não amamenta os filhotes; o segundo é Metatério, vivíparo e não apresenta placenta e nem amamenta os filhotes.  
 (c) o primeiro e o segundo são Metatérios, ovíparos, com placenta pouco desenvolvida e amamentam os filhotes.  
 (d) o primeiro é um Metatério, ovíparo e não amamenta os filhotes; o segundo é Metatério, vivíparo e com placenta desenvolvida e duradoura.

**27 Fatec 2002** Afirma-se que são características comuns aos anfíbios terrestres, répteis e aves:

- I. respiração pulmonar.  
 II. fecundação interna com cópula.  
 III. presença de coluna vertebral.  
 IV. temperatura corporal variável em função da temperatura do meio.

Estão corretas somente as afirmações:

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

**28 Unesp 2003** De um modo geral, o período normal de gestação de um mamífero está diretamente relacionado ao tamanho do corpo. O período de gestação do elefante, por exemplo, é de 22 meses, o do rato doméstico, apenas 19 dias. O gambá, entretanto, que tem tamanho corporal maior que o do rato doméstico, tem um período de gestação de apenas 13 dias e seus filhotes nascem muito pequenos, se comparados com os filhotes do rato. Considerando estas informações, responda.

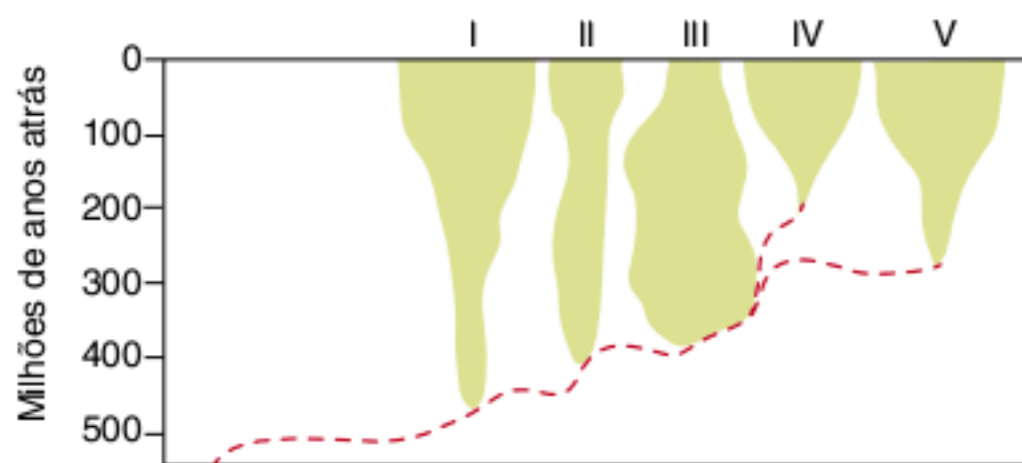
- a) Por que o gambá, de maior porte que o rato, tem período de gestação menor? Justifique.  
 b) Qual é o anexo embrionário presente no rato e no elefante, mas ausente, ou muito pouco desenvolvido, nos gambás? Cite uma função atribuída a este anexo embrionário.

**29 UFJF 2007 (Adapt.)** Os mamíferos apresentam mais de quatro mil espécies, incluindo a baleia azul, com 160 toneladas de peso e 30 metros de comprimento, e o pequeno musaranho, com 3 gramas e 8 centímetros. Seus representantes possuem uma grande diversidade morfofisiológica, o que permitiu a ocupação de diferentes ambientes (terra, ar, água doce e mar).  
 a) Cite duas características que distinguem os mamíferos dos demais vertebrados.



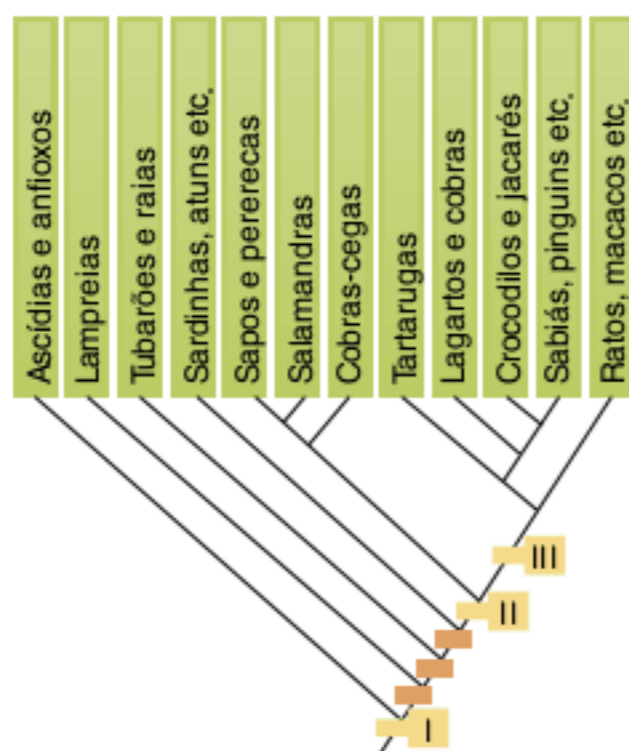
- b) O período de gestação dos mamíferos está diretamente relacionado ao tamanho do corpo. O elefante, por exemplo, apresenta uma gestação de 22 meses e o rato doméstico, de 19 dias. Entretanto, o gambá, que é maior que o rato doméstico, apresenta uma gestação de apenas 13 dias. Explique a diferença entre o tempo de gestação do gambá e o do rato doméstico.

**30 Unesp 2001** A figura representa a evolução dos grandes grupos de vertebrados atuais dotados de mandíbula, enumerados de I a V. A largura das áreas sombreadas indica o número relativo de espécies de cada grupo durante as diferentes eras e períodos.



- a) Qual a classe representada pelo número V? Cite o anexo embrionário exclusivo dessa classe.  
 b) Indique uma característica evolutiva relativa à respiração, que está presente no grupo II e ausente no grupo I; indique uma aquisição evolutiva, referente à reprodução, presente no grupo III e ausente na maioria dos animais representantes do grupo II.

**31 Unicamp 2003** A figura a seguir representa uma árvore filogenética do filo *Chordata*. Cada retângulo entre os ramos representa o surgimento de novidades evolutivas compartilhadas por todos os grupos dos ramos acima dele.



- a) O retângulo I indica, portanto, que todos os cordados apresentam caracteres em comum. Cite 2 destes caracteres.  
 b) Cite uma novidade evolutiva que ocorreu no retângulo II e uma que ocorreu no retângulo III. Explique por que cada uma delas foi importante para a irradiação dos cordados.

**32 Unifesp 2002** Nos vertebrados, a presença de ovos com casca representou um grande avanço em termos de adaptação evolutiva.

- a) Esse caráter está presente em quais grupos de vertebrados?  
 b) Que novidade evolutiva substituiu a função desempenhada pelos ovos com casca? Comente sobre uma provável consequência do surgimento desse caráter.

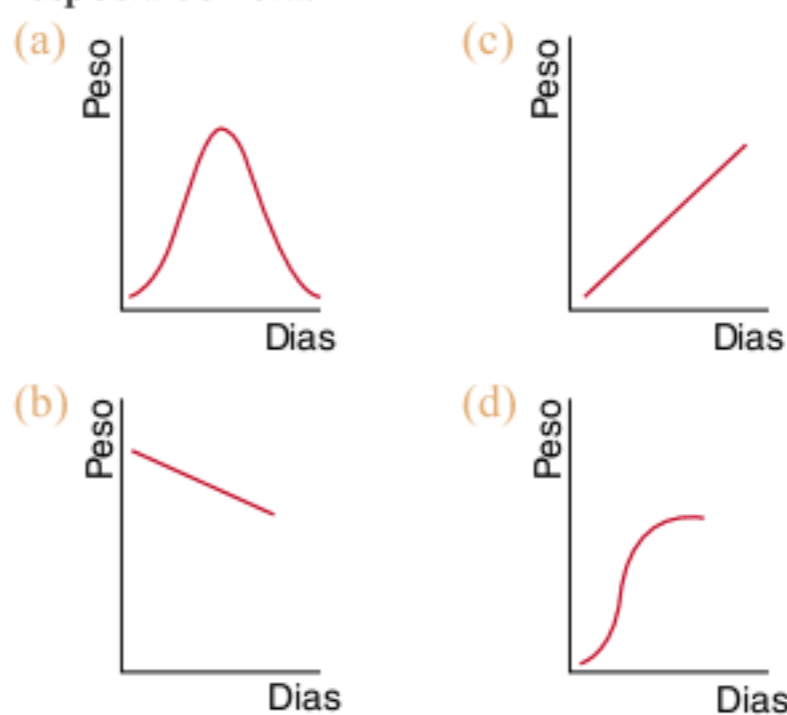
**33 Unifesp 2007** A presença de ovos com envoltório rígido é mencionada como uma das principais características que propiciaram a conquista do ambiente terrestre aos vertebrados. Contudo, essa característica só resultou em sucesso adaptativo porque veio acompanhada de outra novidade evolutiva para o grupo no qual surgiu. Tal novidade foi:

- (a) a total impermeabilidade da casca.  
 (b) o cuidado com a prole.  
 (c) a fecundação interna.  
 (d) o controle interno da temperatura.  
 (e) a eliminação de excretas pela casca.

**34 UFMG 1998** Um professor apresentou à classe o seguinte problema:

— Qual deverá ser a variação do peso de um ovo de galinha, durante o processo de desenvolvimento embrionário do pintinho, até um dia antes de seu nascimento?

Os alunos apresentaram diferentes respostas expressas pelas curvas a seguir. Assinale a alternativa que mais se aproxima da resposta correta.





# Fisiologia da digestão

# 9

FRENTE 3

OXFORD SCIENTIFIC/JOHNS HOPKINS/ISTOCK



“Somos o que comemos” é uma frase muito conhecida e veiculada. Neste capítulo, vamos entender essa frase de uma maneira diferente: transformamos o que comemos em nós mesmos.



## O sistema digestório e o processo digestivo

A partir deste capítulo inicia-se o estudo da fisiologia animal, com ênfase no ser humano. No entanto, tivemos uma boa noção da fisiologia dos animais quando estudamos os grupos animais de maneira comparativa. Também já trazemos o importante conceito de homeostase, como o equilíbrio dinâmico do meio interno.

O sistema digestório contribui para a homeostase, pois é sua função transformar o alimento ingerido em moléculas e íons que possam ser transferidos para o sangue; o sistema circulatório encarrega-se de transportar os nutrientes aos diversos tecidos do organismo. Neste capítulo, aplicaremos muitos conceitos da Frente 1, principalmente sobre componentes químicos e atividade enzimática.

O sistema digestório apresenta dois componentes principais: o **tubo digestório** e as **glândulas anexas** (glândulas salivares, fígado e pâncreas). O tubo digestório compreende boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, reto e ânus (Fig. 1).

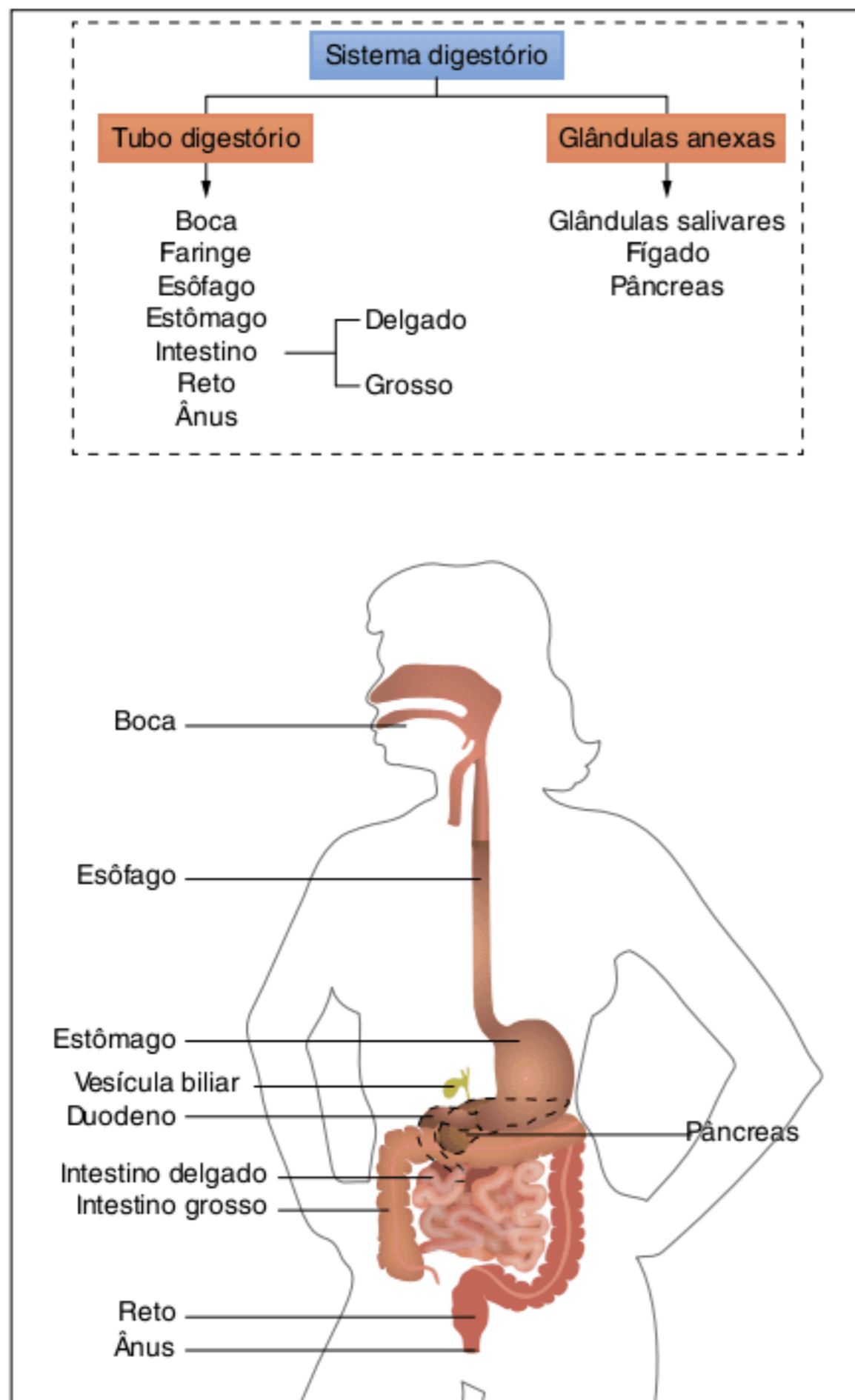


Fig. 1 Componentes principais do tubo digestório. Junto ao duodeno estão representados pâncreas e vesícula biliar.

Na **boca** o alimento sofre a ação da **saliva**, dos **dentes** e da **língua**. A saliva é produzida em **glândulas salivares**, que se abrem na cavidade da boca através de alguns orifícios. Os dentes são responsáveis pela trituração do alimento. A língua é dotada de receptores gustativos, permitindo reconhecer o sabor dos alimentos; além disso, ela ajuda na movimentação do alimento e também na sua deglutição.

Os dentes dos seres humanos são diferenciados em **incisivos**, **caninos**, **pré-molares** e **molares**. Cada dente possui três regiões: coroa, colo e raiz. A **coroa** é a parte que fica exteriorizada na cavidade bucal; a **raiz** encontra-se alojada em um osso (na mandíbula ou no maxilar superior); o **colo** é uma região de transição. O dente é revestido pelo **esmalte**, abaixo do qual encontra-se a **dentina**; no centro há a **polpa dentária**, que possui vasos sanguíneos e nervos (Fig. 2).

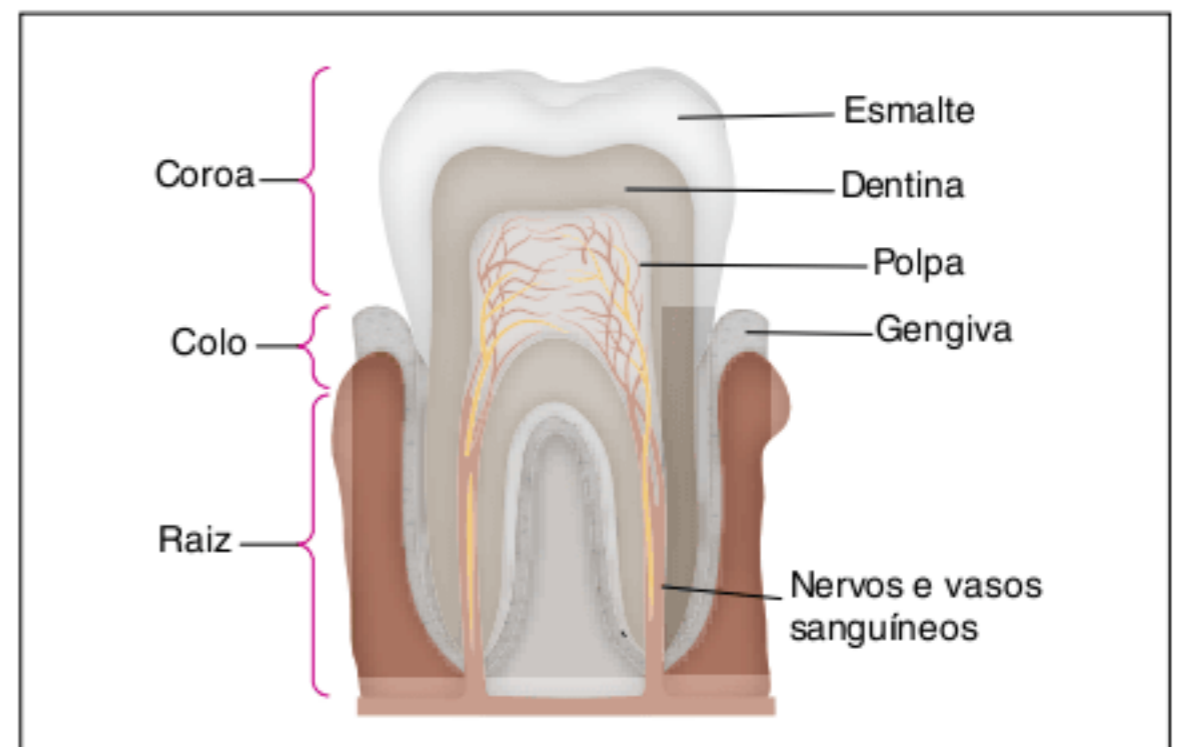


Fig. 2 Cada dente possui três regiões: coroa, colo e raiz, e três camadas: esmalte (externo), dentina (intermediária) e polpa dentária (central, dotada de vasos sanguíneos e nervos).

A **cárie** relaciona-se com a atividade da bactéria *Streptococcus mutans*, cuja presença é favorecida pelo acúmulo de alimento, principalmente açúcar, na superfície dos dentes. A multiplicação dessas bactérias e a produção de ácidos em sua atividade metabólica provocam o desgaste do esmalte, caracterizando a cárie, que pode atingir a dentina. A escovação adequada dos dentes e o emprego de flúor são medidas que previnem a cárie.

Após a deglutição, o alimento passa para a **faringe**, parte comum aos sistemas digestório e respiratório. Depois, o alimento é transferido para o **esôfago**, um tubo de aproximadamente 25 centímetros, dotado de revestimento interno e de parede com músculos involuntários (lisos). O esôfago conduz o alimento por meio de **movimentos peristálticos**, com ondas involuntárias de contração. Ele atravessa o diafragma e envia o alimento ao **estômago**, órgão dilatado e mais deslocado para o lado esquerdo do abdome. Uma parte importante da digestão ocorre no estômago de onde o alimento então é transferido para o **intestino delgado**, um tubo com até 8 metros de comprimento, constituído por três partes: **duodeno**, **jejuno** e **íleo**. O duodeno está ligado ao **fígado** e ao **pâncreas**, que nele despejam suas secreções (Fig. 3). O estômago é dotado de válvulas que controlam a transferência de alimento por esse órgão: a **cárdia** (entre esôfago e estômago) e o **píloro** (entre estômago e duodeno) (Fig. 4).



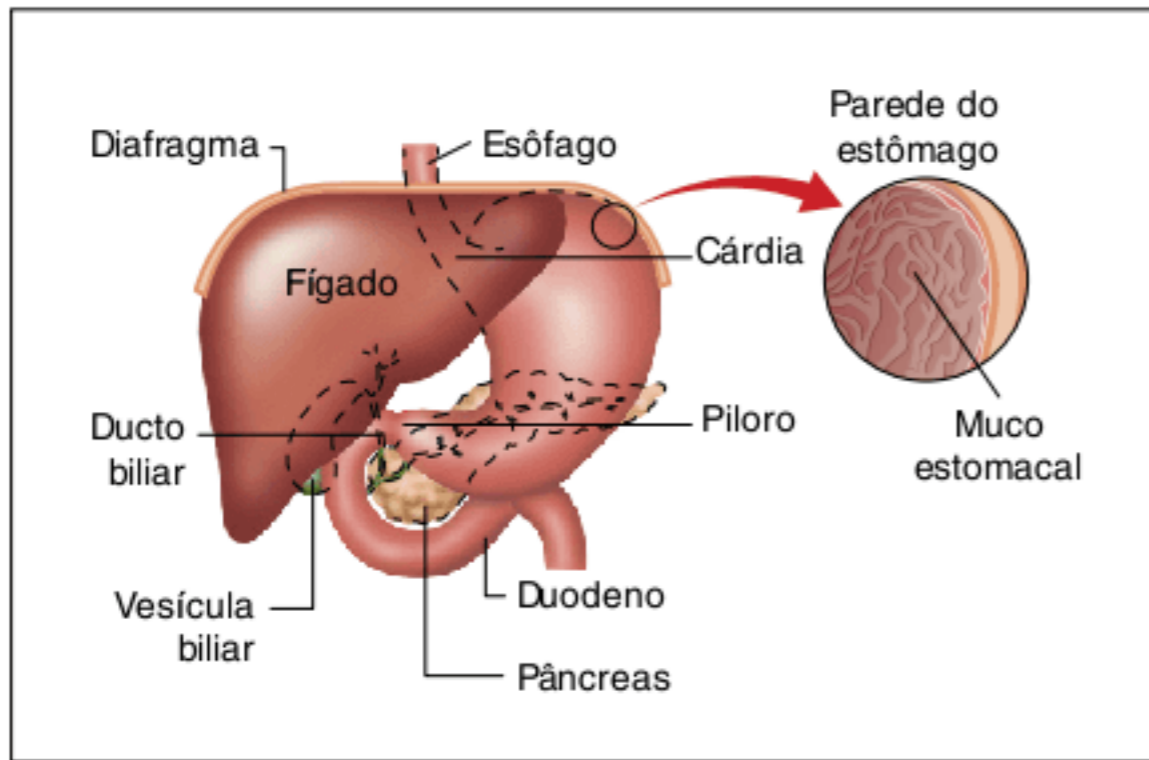


Fig. 3 Região do sistema digestório e detalhe da parede do estômago.

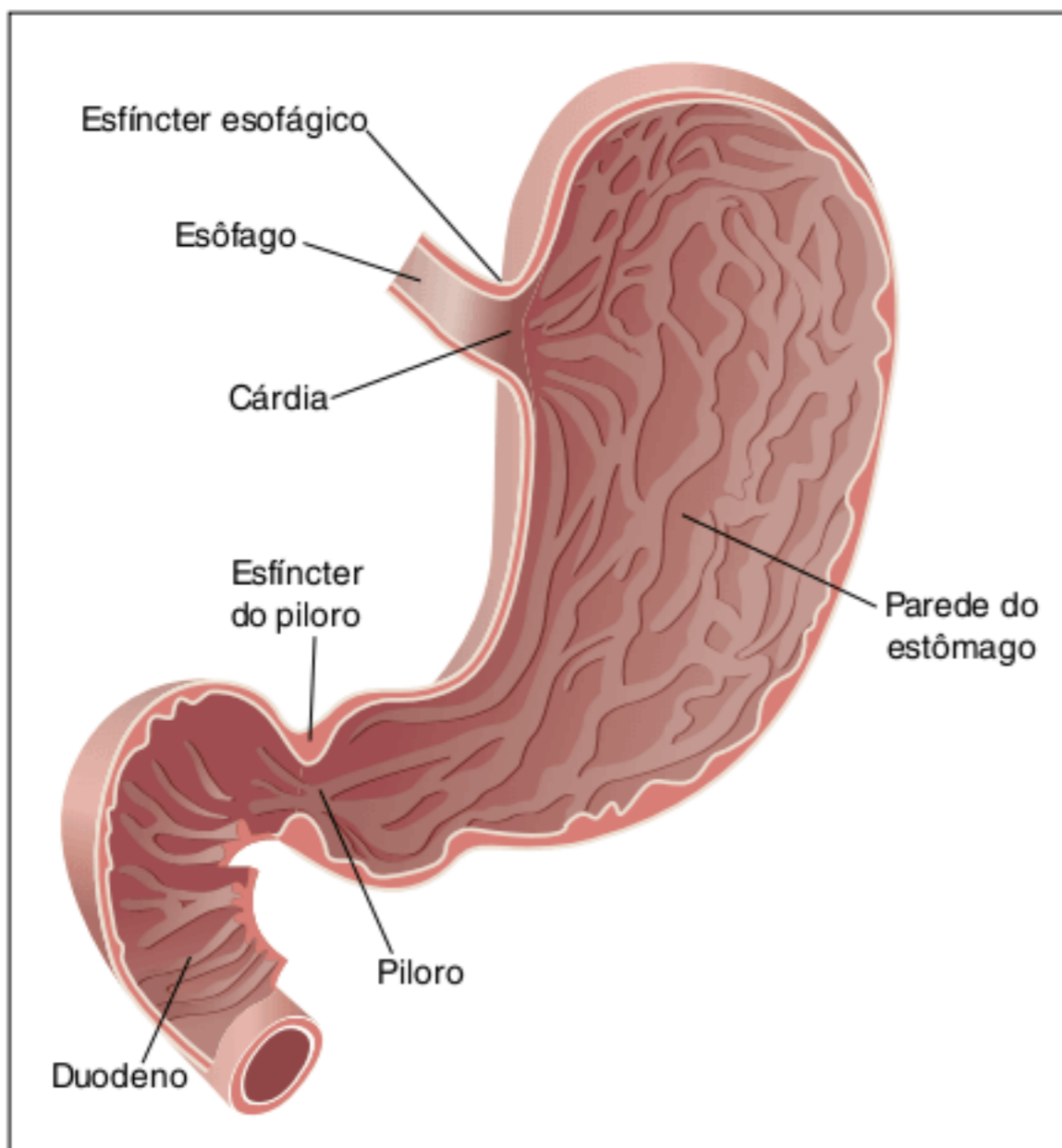


Fig. 4 Estrutura do estômago.

O intestino delgado comunica-se com o **intestino grosso**, que tem cerca de 1,5 metro de comprimento. Sua parte inicial é o **ceco**, ao qual se liga o **apêndice cecal** (antes denominado apêndice vermiforme). Depois do ceco vem o **cólon**, com o aspecto de “U” invertido, que é dividido em cólon ascendente, cólon transverso, cólon descendente e cólon sigmoide. Na parte final do intestino grosso, encontra-se o **reto**, que se comunica com o **ânus**, por onde ocorre a eliminação de fezes.

### O processo digestivo

O alimento ingerido passa, ao longo do tubo digestório, por **processos químicos** e por **processos mecânicos**. A diferença entre eles é que os processos mecânicos, como a mastigação, não alteram a composição química do alimento. Veremos mais

adiante outros processos mecânicos como a insalivação e a ação da bile sobre as gorduras.

Os processos químicos alteram a composição química dos alimentos e envolvem a participação de **enzimas digestivas**, que realizam a sua **hidrólise**. Isso significa que essas enzimas participam de reações químicas específicas em que uma determinada molécula reage com água, formando moléculas menores. Como exemplo, podemos citar a sacarose (o açúcar de cana), que reage com uma enzima (a sacarase) e água. Essa reação gera glicose e frutose, que são moléculas menores que a sacarose (Fig. 5).

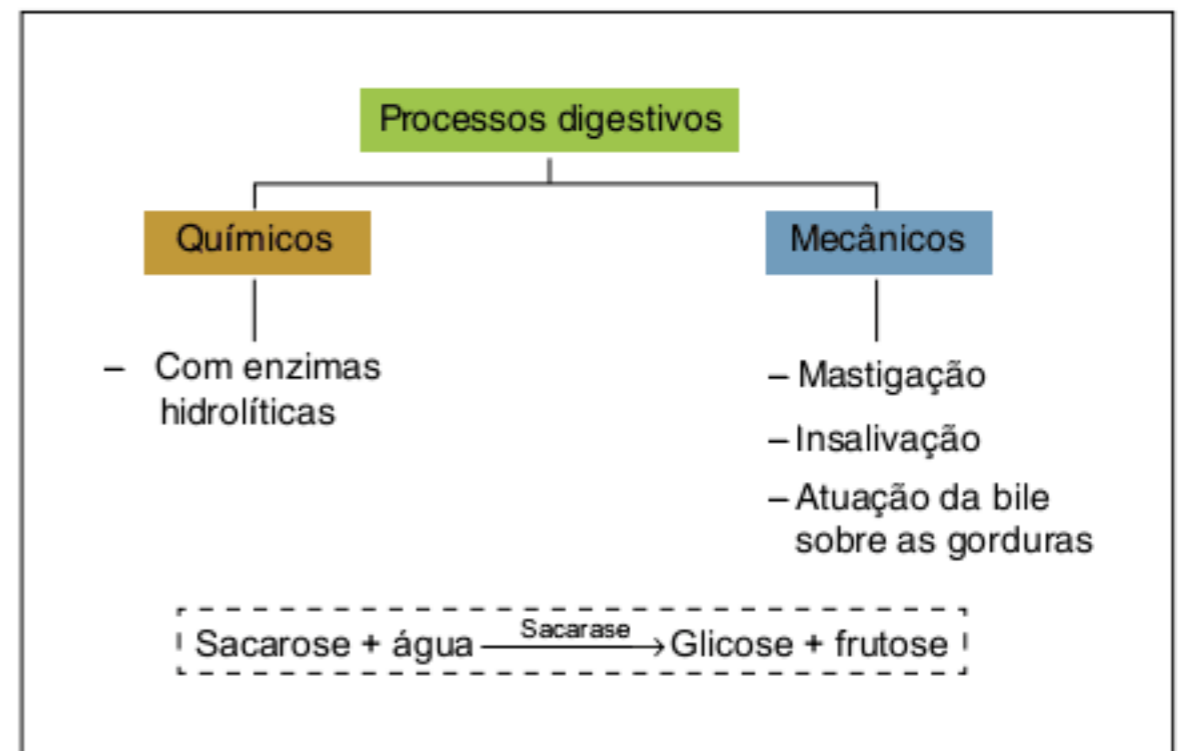


Fig. 5 Processos químicos e mecânicos da digestão.

A seguir, serão analisados os principais processos que ocorrem na boca, no estômago e no duodeno.

De maneira geral, há uma classificação das **enzimas** que hidrolisam os seguintes alimentos: amido (**amilases**), dissacarídeos (**dissacaridases**), proteínas (**proteases**), peptídeos (**peptidases**) e lipídeos (**lipases**).

### Boca

Na boca, ocorre a **mastigação**, a **insalivação** e a **deglutição** do alimento. A saliva o umidifica e lubrifica, facilitando seu fluxo pelo interior do tubo digestório. A saliva contém a enzima **amilase salivar**, ou **ptialina**, que atua melhor em pH neutro. A atividade dessa enzima permite a hidrólise do amido, gerando inúmeras moléculas de maltose.

### Estômago

A parede estomacal é revestida por uma camada de células, que são recobertas por um **muco protetor**. O estômago é dotado de glândulas conhecidas como **fossetas gástricas**, com aspecto de tubo, afundadas na parede do órgão. As fossetas gástricas têm células secretoras de muco (que protege a parede do estômago) e outros dois tipos de células: parietais e principais. As **células parietais** produzem **ácido clorídrico** e as **células principais** geram **pepsinogênio**. Pepsinogênio e ácido clorídrico são os principais componentes do suco gástrico, que apresenta pH em torno de 2 (Fig. 6).



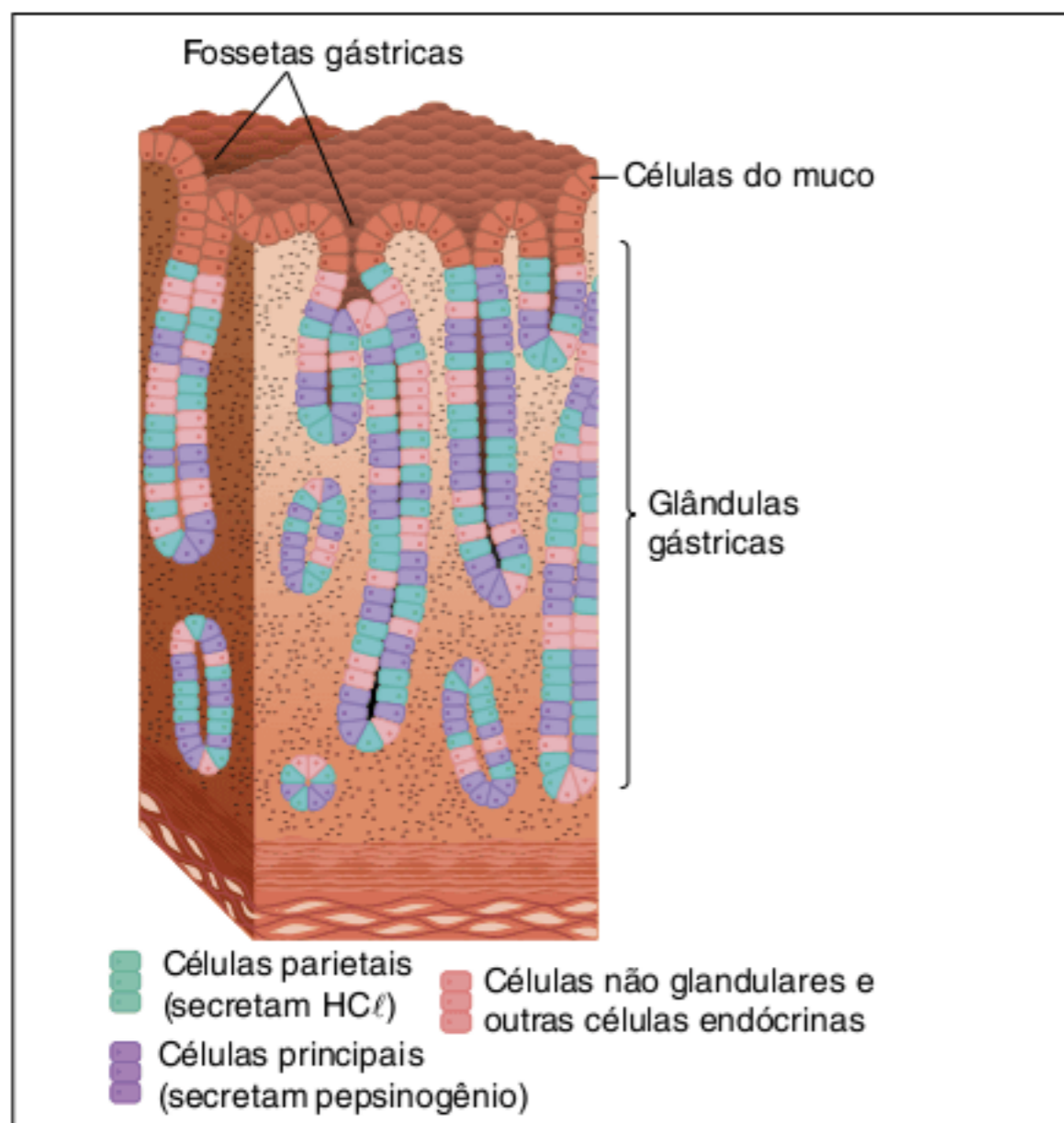


Fig. 6 Estrutura da parede estomacal, com as fossetas gástricas e suas principais células secretoras.

O pepsinogênio é uma enzima em sua forma inativa, incapaz de realizar hidrólise. Ele é convertido em sua forma ativa, a **pepsina**, com a presença de ácido clorídrico e da própria pepsina. A pepsina hidrolisa moléculas de proteína, gerando peptídeos menores (moléculas constituídas por vários aminoácidos) (Fig. 7).

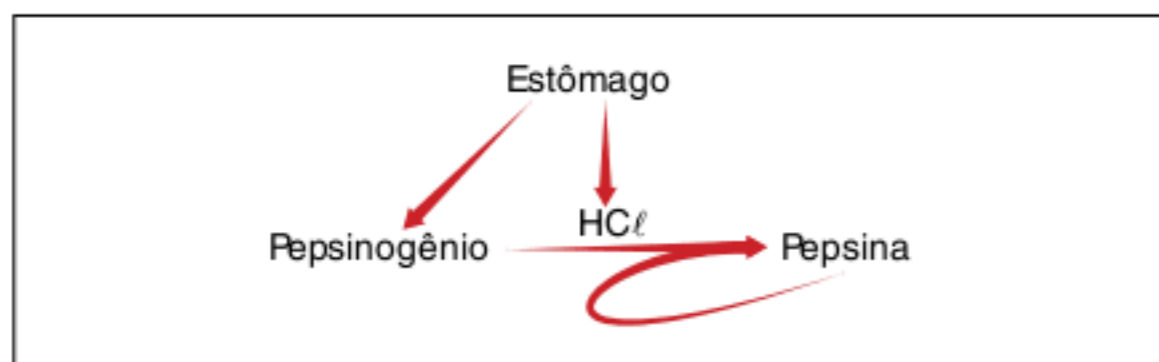


Fig. 7 Esquema da ativação da pepsina.

O alimento no estômago, com a atuação do suco gástrico, converte-se no **quimo**, com caráter ácido e de aspecto pastoso.

Um indivíduo pode apresentar irritações na parede estomacal e duodenal por conta do consumo de alimentos inadequados e da permanência em situações estressantes. As lesões irritativas do estômago são conhecidas como **gastrites**, e podem se agravar, constituindo **úlceras**, as quais podem produzir hemorragias na área estomacal ou duodenal. O desenvolvimento de úlceras está associado à atividade da bactéria *Helicobacter pylori*, cujas manifestações são facilitadas com a redução da resistência do indivíduo gerada pelo estresse. Atualmente, o tratamento das úlceras envolve o emprego de antibióticos.

## Duodeno

O duodeno é um tubo com cerca de 25 centímetros, que recebe secreções do fígado (bile), do pâncreas (suco pancreático) e de sua própria parede (suco entérico). O **suco entérico** contém enzimas, como as **enteroquinases** e as **peptidases**. A bile é produzida no fígado e armazenada na **vesícula biliar**, cujo conteúdo

é enviado pelo ducto biliar ao duodeno. A **bile** não tem enzimas digestivas; possui **sais biliares e bicarbonato de sódio**. A bile tem dois papéis relevantes no processo digestivo: contribui para a **alcalinização** do duodeno e promove a **emulsificação** de gorduras. A emulsificação consiste na fragmentação de blocos de gordura, gerando gotículas bem menores; trata-se de um processo mecânico que aumenta a superfície de contato com as enzimas (lipases) que atuam na hidrólise de gordura (Fig. 8).

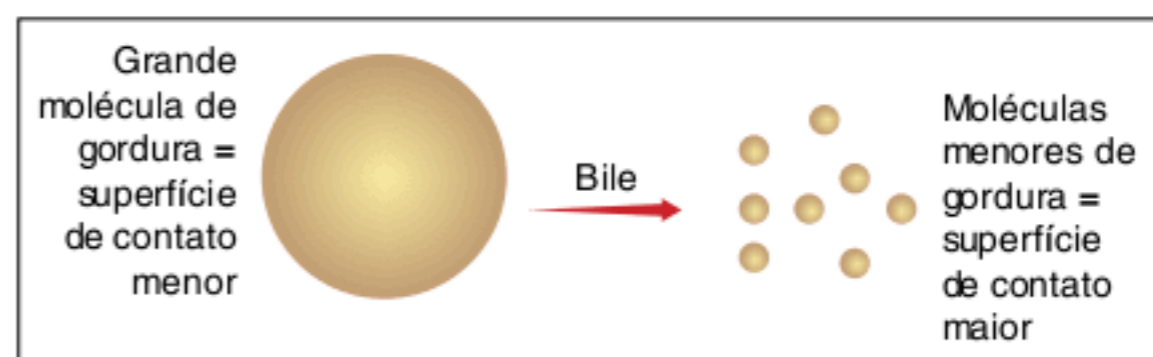


Fig. 8 Representação da emulsificação de gorduras pela bile.

O **suco pancreático** é liberado para o duodeno por meio do ducto pancreático, que se une ao ducto hepático. O suco pancreático apresenta **bicarbonato de sódio e enzimas**: amilase pancreática, lipase pancreática, tripsina, quimotripsina e peptidases. Três enzimas pancreáticas são liberadas para a cavidade duodenal em sua forma inativa: **tripsinogênio, quimotripsinogênio e propeptidases**.

Com a presença da enteroquinase (do suco entérico), ocorre a conversão de tripsinogênio em tripsina. A tripsina é responsável pela conversão de quimotripsinogênio em quimotripsina e de propeptidases em peptidases. A tripsina e a quimotripsina hidrolisam proteínas, gerando peptídeos. Peptidases hidrolisam peptídeos, convertendo-os em aminoácidos (Fig. 9).

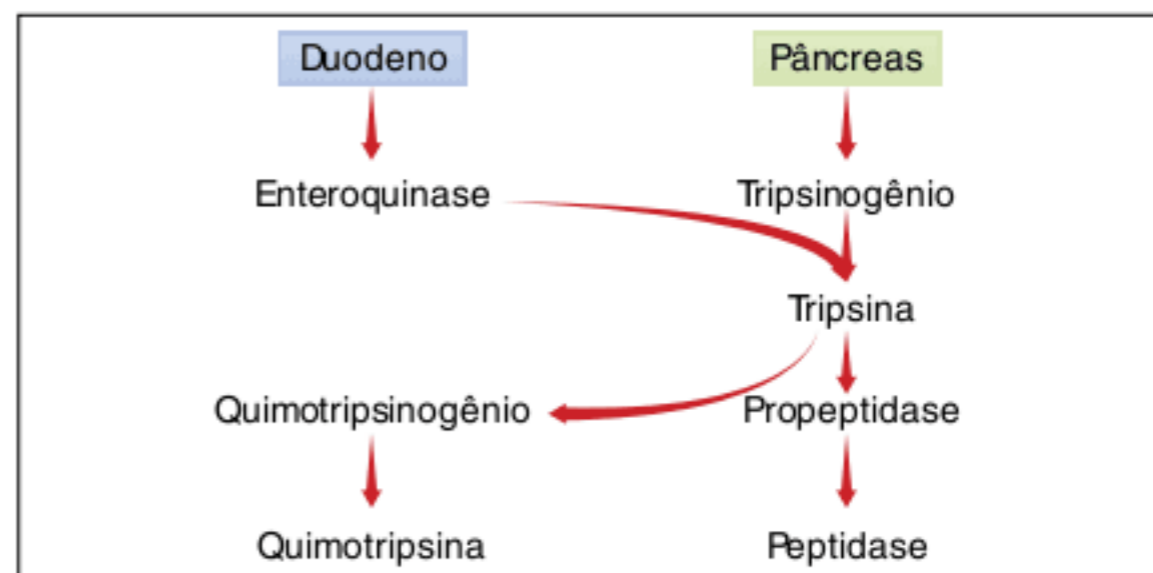


Fig. 9 Esquema da ativação de enzimas: tripsina, quimotripsina e peptidase.

A amilase pancreática promove a hidrólise de amido em maltose; a lipase pancreática hidrolisa gorduras, o que resulta na formação de glicerol e ácidos graxos. Há também as nucleases, a ribonuclease (RNase) e desoxirribonuclease (DNase), que digerem RNA e DNA, respectivamente. Com a atuação dessas enzimas, são produzidos os nucleotídeos de DNA e de RNA.

O suco entérico contém as enzimas enteroquinase, peptidases, nucleotidases e dissacaridases. As peptidases hidrolisam peptídeos, como ocorre com a atuação das peptidases do suco pancreático. A nucleotidases quebram nucleotídeos em pentose, fosfato e base nitrogenada. As dissacaridases são sacarase, maltase e lactase; elas hidrolisam dissacarídeos, gerando monossacarídeos. Sacarase hidrolisa sacarose, formando-se glicose e frutose; maltase hidrolisa maltose, gerando duas moléculas de glicose e a lactase atua sobre a lactose e, com isso, produz glicose e galactose (Tab. 1).



Estrutura produtora	Local de atuação e pH do meio	Enzima	Substrato hidrolisado	Produtos obtidos
Glândulas salivares	Cavidade da boca. Meio neutro (pH = 6,5 a 7,5)	Amilase salivar, ou ptialina	Amido	Várias moléculas de maltose
Estômago	Cavidade estomacal. Meio ácido (pH em torno de 2)	Pepsina	Proteínas	Peptídeos
Fígado	Cavidade do duodeno. Meio alcalino (pH em torno de 8,5)	Não tem enzimas; possui bicarbonato de sódio e sais biliares	Gordura	Gotículas de gordura (processo de emulsificação)
Pâncreas	Cavidade do duodeno. Meio alcalino (pH em torno de 8,5)	Quimotripsina	Proteínas	Peptídeos
		Tripsina	Proteínas	Peptídeos
		Amilase pancreática	Amido	Várias moléculas de maltose
		Lipase pancreática	Gordura	Ácidos graxos e glicerol
		Peptidases	Peptídeos	Aminoácidos
		Nucleases	DNA e RNA	Nucleotídeos
Parede duodenal	Cavidade do duodeno. Meio alcalino (pH em torno de 8,5)	Nucleotidases	Nucleotídeos	Pentoses, fosfato e bases nitrogenadas
		Sacarase	Sacarose	Glicose e frutose
		Maltase	Maltose	Duas moléculas de glicose
		Lactase	Lactose	Glicose e galactose

Tab. 1 As principais enzimas do sistema digestório humano e também a bile, que têm grande contribuição no processo digestivo.

### Absorção

Muitos nutrientes são transferidos para vasos sanguíneos ou linfáticos da parede de alguns órgãos do tubo digestório, principalmente no intestino delgado e em parte no intestino grosso. No estômago, há absorção de álcool e de glicose.

O intestino delgado apresenta estruturas semelhantes a dedos de luva, conhecidas como **vilosidades intestinais**. Abaixo delas, há uma rede de **capilares sanguíneos** e de **capilares linfáticos** bastante delgados. O revestimento das vilosidades é constituído por uma única camada de células, que apresentam microvilosidades em sua face voltada para a cavidade intestinal. **Microvilosidades** são especializações da membrana plasmática, que aumentam a superfície das células (Fig. 10).

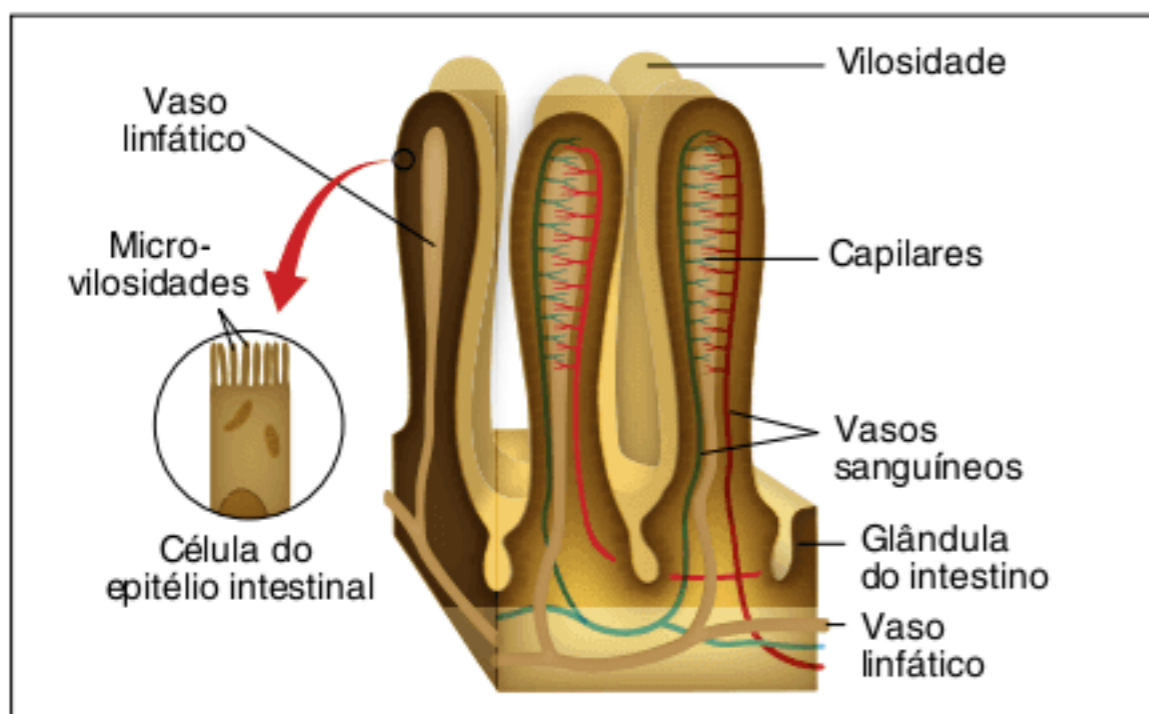


Fig. 10 Estrutura de vilosidades intestinais.

No intestino delgado, ocorre absorção de moléculas que envolvem **transporte ativo** (com gasto de energia) e **transporte passivo** (sem gasto de energia), principalmente **osmose**. Os nutrientes absorvidos por transporte ativo são glicose, aminoácidos, vitaminas e sais minerais, enquanto a água é absorvida por osmose. Todos esses nutrientes alcançam os capilares sanguíneos.

Os capilares linfáticos estão associados à absorção de gorduras. Moléculas de ácidos graxos e glicerol entram nas células de revestimento das vilosidades por um processo de **endocitose**, isto é, grande quantidade dessas moléculas passa ao interior das células em um “envelope” gerado pela membrana plasmática. Dentro dessas células, ácidos graxos e glicerol voltam a se unir, constituindo moléculas de gordura, formando pequenos blocos denominados **quilomicrons**, que são transferidos aos capilares linfáticos. A linfa proveniente do intestino, após a absorção, tem um aspecto esbranquiçado, devido ao acúmulo de gordura. A linfa depois é lançada em vasos sanguíneos de grosso calibre nas proximidades do coração. Serão vistos mais detalhes sobre o transporte de gorduras no capítulo de sistema circulatório, no qual também são trabalhados os papéis do colesterol e os danos circulatórios (Fig. 11)



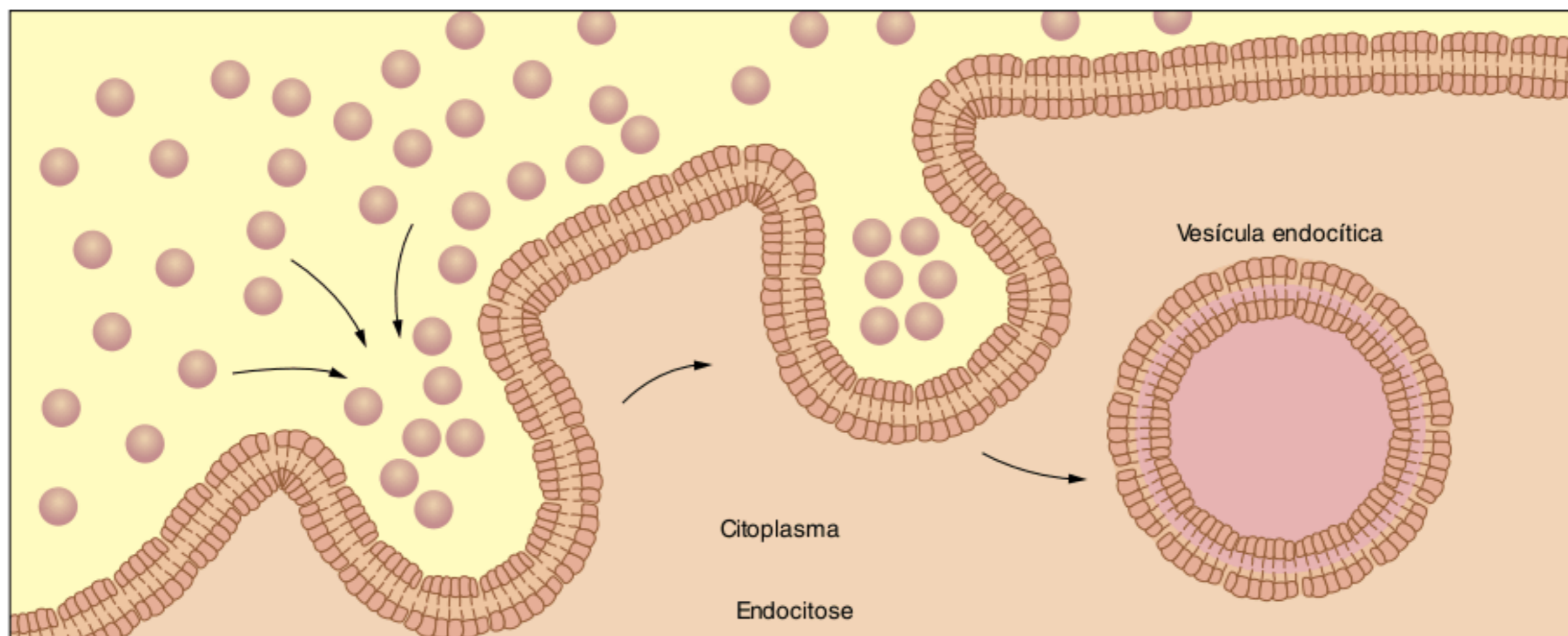


Fig. 11 Processo de absorção de gorduras.

No intestino grosso, ocorre a absorção de sais e de água, tanto da fração proveniente do alimento quanto da secretada pela parede do tubo digestório durante a passagem do alimento, em regiões como a boca e o estômago, que ocorre na saliva e no estômago, por exemplo.

### Eliminação de resíduos

A celulose não é digerida. Ela contribui para o aumento de **motilidade intestinal** e, além disso, retém água e facilita a eliminação de fezes. O intestino grosso tem glândulas secretoras de muco que também contribuem para o fluxo da matéria fecal e sua eliminação. No intestino grosso, há uma grande quantidade de bactérias, que constituem a flora intestinal; essas bactérias são estudadas na Frente 2. O ânus apresenta dois anéis musculares, os **esfíncteres**, que controlam a saída de fezes.

### Hormônios relacionados com o processo digestivo

A secreção de suco gástrico é estimulada pelo **nervo vago**, um componente do sistema nervoso parassimpático (mais detalhes serão vistos na Fisiologia do sistema nervoso), quando o alimento está na boca, preparando o estômago para realizar seu papel na digestão.

Há alguns hormônios que atuam na regulação das secreções do estômago, do pâncreas e do fígado. Esses hormônios são produzidos na parede do estômago (**gastrina**) e do duodeno (secretina, colecistocinina e enterogastrona) e são transportados pelo sangue.

A **gastrina**, produzida pela mucosa estomacal, estimula a produção de suco gástrico quando o alimento chega ao estômago. A **secretina** é produzida pela parede duodenal, principalmente quando o conteúdo ainda está acidificado; ela estimula o pâncreas a produzir bicarbonato de sódio (componente do suco pancreático). A **colecistocinina** é produzida pela parede duodenal e é estimulada quando o quimo tem gordura. Esse hormônio estimula o pâncreas a secretar enzimas digestivas do suco pancreático. A **enterogastrona**, produzida pela parede duodenal, é estimulada quando o quimo é rico em gordura; inibe os movimentos do estômago que enviam alimento ao duodeno e inibe a produção de gastrina.

### Vitaminas

As vitaminas constituem um grupo quimicamente muito diversificado e com vários papéis no metabolismo. Vitaminas são substâncias que o organismo não é capaz de sintetizar e devem ser obtidas na dieta; são, portanto, consideradas como nutrientes essenciais (lembre-se dos aminoácidos essenciais).

Hormônio	Local de produção	Estímulo principal para a produção	Atuação
Gastrina	Parede estomacal	Chegada de alimento ao estômago	Estimula a produção de suco gástrico
Secretina	Parede duodenal	Chegada de alimento acidificado no interior do duodeno	Estimula o pâncreas a produzir bicarbonato de sódio
Colecistocinina	Parede duodenal	Presença de gordura no interior do duodeno	Estimula o pâncreas a secretar enzimas do suco pancreático
Enterogastrona	Parede duodenal	Presença de gordura no interior do duodeno	Inibe a produção de gastrina pelo estômago. Inibe o envio de alimento pelo estômago ao duodeno

Tab. 2 Hormônios relacionados com o processo digestivo.



Normalmente, as moléculas de vitaminas não sofrem hidrólise enzimática e são absorvidas pelo intestino.

As vitaminas são divididas em dois grandes grupos: **lipossolúveis** (A, D, E e K) e **hidrossolúveis** (C e vitaminas do complexo B).

### Vitaminas lipossolúveis

As lipossolúveis se dissolvem em lipídeos e solventes orgânicos, como o álcool etílico e o éter. Seu excesso acumula-se com certa facilidade no tecido adiposo e sua excreção pela urina é dificultada. O acúmulo dessas vitaminas no organismo (hipervitaminose) ou sua deficiência na alimentação (hipovitaminose) pode trazer transtornos.

A Tabela 3 mostra as principais vitaminas lipossolúveis, com sua fonte de obtenção para o ser humano e os danos causados pela sua deficiência na alimentação ou por seu consumo excessivo.

Vitamina	Fonte	Importância	Deficiência	Excesso
A – retinol	Folhas verdes e vegetais amarelos (mamão, cenoura).	Manutenção dos epitélios; formação dos pigmentos visuais da retina.	Cegueira noturna, deterioração de epitélios e xeroftalmia (superfície dos olhos ressecada).	Danos no fígado, descação da pele, náusea e anorexia (perda de apetite).
D – colecalciferol (um lipídeo esteroide)	Óleo de fígado de bacalhau e gema de ovo são alimentos que contêm o precursor do colecalciferol, que é gerado na pele exposta à radiação ultravioleta em quantidade adequada.	Promove a absorção intestinal de cálcio e fosfato, empregados na estrutura óssea.	Raquitismo e deterioração óssea.	Deposição de cálcio em muitos tecidos, que passam a ter suas funções afetadas.
E – tocoferol	Carne, leite e vegetais.	Previne degradação de vitamina A e de ácidos graxos.	Pode gerar anemia. Relatada perda de fertilidade em ratos.	Não relatada.
K	Vegetais e bactérias da flora intestinal.	Síntese de protrombina, substância essencial na coagulação sanguínea.	Hemorragias.	Distúrbios funcionais do fígado. Icterícia.

Tab. 3 Principais aspectos relacionados às vitaminas lipossolúveis.

### Vitaminas hidrossolúveis

As vitaminas hidrossolúveis dissolvem-se em água. Seu excesso é eliminado com certa facilidade através da urina e os distúrbios de hipervitaminoses são menos frequentes nesse grupo. Entre as vitaminas hidrossolúveis, encontram-se a vitamina C e as vitaminas do complexo B. A vitamina C tem papel importante no metabolismo energético e atua como um antioxidante; além disso, a vitamina C é indispensável para a síntese de **colágeno**, uma proteína estrutural. Assim, a vitamina C contribui para a manutenção da integridade dos vasos sanguíneos.

Várias vitaminas do complexo B atuam como coenzimas, isto é, associam-se a certas enzimas e permitem que elas atuem como catalisadores; é o caso das vitaminas B1, B6, B8, B9 e B12 (Tab. 4). Há vitaminas indispensáveis no metabolismo de aminoácidos, proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos.

Vitamina	Fonte	Deficiência na alimentação
B1 – tiamina	Leite, carne e pão.	Fraqueza muscular, problemas cardiovasculares e no sistema nervoso central.
B2 – riboflavina	Leite e carne.	Deterioração de epitélios e mucosa da boca.
B3 – niacina	Leite, carne e batata.	Distúrbios no sistema nervoso central, apatia; deterioração de epitélios e mucosas. Quadro típico conhecido como pelagra.
B5 – ácido pantotênico	Leite e carne.	Distúrbios no sistema nervoso e problemas no crescimento.
B6 – piridoxina	Carne.	Problemas no crescimento, anemia, convulsões e alterações epiteliais.
B8 – biotina	Ovos, carne e vegetais.	Fadiga, dores musculares, náusea e dermatite.
B9 – ácido fólico	Vegetais, cereais e pão.	Problemas no crescimento, anemia e distúrbios gastrointestinais.
B12 – cobalamina	Leite e carne.	Anemia perniciosa.
C – ácido ascórbico	Frutas cítricas, tomate e pimentão.	Deterioração de epitélios e mucosas. Quadro típico conhecido como escorbuto.

Tab. 4 Principais aspectos relacionados às vitaminas hidrossolúveis.



## Revisando

1 Quais são as glândulas anexas do sistema digestório?

---

---

---

2 Cite a sequência dos principais componentes do tubo digestório.

---

---

---

3 Qual é a espécie de bactéria relacionada à ocorrência de cárie dentária?

---

---

---

4 Diferencie processos mecânicos de processos químicos da digestão.

---

---

---

5 Qual é o tipo de reação química da qual participam as enzimas digestivas?

---

---

---

6 Indique o tipo de alimento sobre o qual atuam as seguintes categorias de enzimas: amilases, peptidases, proteases e lipases.

---

---

---

7 Cite a enzima digestiva presente na saliva, o tipo de alimento que digere e os produtos da digestão.

---

---

---

8 Quais são os principais componentes do suco gástrico?

---

---

---

9 O que é pepsinogênio?

---

---

---



**10** Com relação ao duodeno, quais são as secreções que recebe? Indique a estrutura produtora dessas secreções.

---

---

---

---

---

---

**11** Quais são os dois grupos de componentes principais do suco pancreático?

---

---

---

---

**12** Considere as seguintes enzimas: amilase pancreática, lipase pancreática e tripsina. Em relação a essas enzimas, indique o tipo de alimento que digerem e os produtos resultantes de sua digestão.

---

---

---

---

**13** Quais são os papéis da bile no processo digestivo?

---

---

---

---

---

---

**14** Considere as seguintes enzimas: peptidase, sacarase, maltase e lactase. Em relação a essas enzimas, indique o tipo de alimento que digerem e os produtos resultantes de sua digestão.

---

---

---

---

---

---

**15** Quais alimentos são absorvidos por capilares linfáticos e quais são absorvidos por capilares sanguíneos?

---

---

---

---

---

---

**16** Qual é a importância da ingestão de fibras de celulose para o ser humano?

---

---

---

---

---

---

**17** Conceitue vitaminas. Quais são os dois grandes grupos de vitaminas?

---

---

---

---

---

---



# Exercícios propostos

**1 CEFET-MG 2004** Não faz parte do sistema digestivo:

- (a) dentes.
- (b) faringe.
- (c) laringe.
- (d) estômago.

**2 Puccamp 2005** Na época de Colombo, a batata era cultivada nas terras altas da América do Sul e se tornou um dos mais importantes alimentos da Europa durante dois séculos, fornecendo mais do que duas vezes a quantidade de calorias por hectare do que o trigo.

Atualmente, se o convidarem para saborear um belo cozido português, certamente a última coisa que experimentará entre as iguarias do prato será a batata, pois ao ser colocada na boca sempre parecerá mais quente. [...] Mas será que ela está sempre mais quente, uma vez que todos os componentes do prato foram cozidos juntos e saíram ao mesmo tempo da panela?

P. H. Raven et. al. *Biologia vegetal*. Guanabara: Koogan, 2001.  
Anibal Figueiredo; Maurício Pietrocola. *Calor e temperatura*. São Paulo: FTD, 1997. (Col. Física, um outro lado).

Quando se come um cozido, as batatas e a carne começam a ser digeridas, respectivamente:

- (a) no estômago e na boca.
- (b) na boca e no estômago.
- (c) na boca e no duodeno.
- (d) no estômago e no duodeno.
- (e) no duodeno e no estômago.

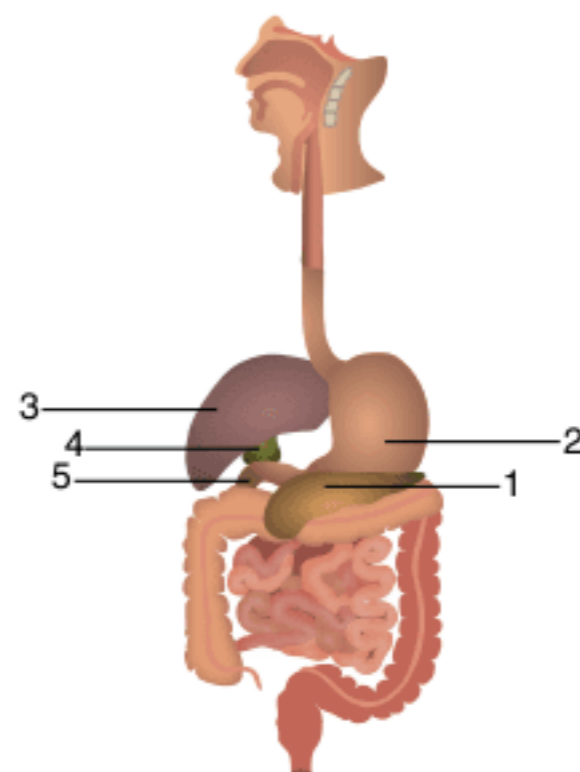
**3 Uece 2007** A pepsina e o  $\text{HCl}$  são produtos da ação glandular durante a digestão dos alimentos. Estas substâncias são produzidas nos seguintes tipos de glândulas:

- (a) salivares.
- (b) gástricas.
- (c) fígado.
- (d) pâncreas.

**4 PUC-SP 2008** Um indivíduo apresenta um distúrbio que altera o funcionamento normal do estômago. Qual das atividades a seguir poderá ser afetada em seu organismo?

- (a) Início da digestão de amido.
- (b) Estímulo da produção de bile.
- (c) Atuação do suco pancreático.
- (d) Início da digestão de proteínas.
- (e) Absorção de moléculas provenientes da digestão dos alimentos.

**5 Fuvest 2005** O esquema representa o sistema digestório humano e os números indicam alguns dos seus componentes.



O local onde se inicia a digestão enzimática das gorduras que ingerimos como alimento está identificado pelo número:

- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 4
- (e) 5

**6 Fuvest 2006** A ingestão de alimentos gordurosos estimula a contração da vesícula biliar. A bile, liberada no:

- (a) estômago, contém enzimas que digerem lipídios.
- (b) estômago, contém ácidos que facilitam a digestão dos lipídios.
- (c) fígado, contém enzimas que facilitam a digestão dos lipídios.
- (d) duodeno, contém enzimas que digerem lipídios.
- (e) duodeno, contém ácidos que facilitam a digestão dos lipídios.

**7 UEL 2003** No esquema a seguir, estão representados 4 tubos de ensaio com os seus componentes.



O material retirado de determinado órgão do rato foi adicionado aos tubos de ensaio e após 1 hora, a  $38^\circ\text{C}$ , verificou-se que apenas no tubo III ocorreu digestão de gordura.

Assinale a alternativa que indica, respectivamente, de qual órgão do rato foi retirado o material adicionado aos tubos e qual enzima digestiva participou no processo.

- (a) Intestino delgado e tripsina.
- (b) Vesícula biliar e lipase.
- (c) Intestino delgado e quimiotripsina.
- (d) Vesícula biliar e amilase.
- (e) Intestino delgado e pepsina.



**8 PUC-SP 2004** Na digestão humana, uma série de enzimas atuam quebrando os alimentos em moléculas menores que são absorvidas pelo nosso organismo. O quadro a seguir mostra a relação entre algumas enzimas, seus locais de produção e os substratos sobre os quais atuam.

Enzima	Local de Produção	Substrato
I	estômago	proteínas
amilase	II	amido
tripsina	pâncreas	III

Para completar corretamente o quadro, I, II e III devem ser substituídos, respectivamente, por:

- (a) maltase, intestino e proteínas.
- (b) pepsina, glândula salivar e aminoácidos.
- (c) peptidase, intestino e aminoácidos.
- (d) pepsina, glândula salivar e proteínas.
- (e) peptidase, intestino e proteínas.

**9 UTFPR 2007** Durante a digestão ocorrem vários processos físicos e químicos. Os processos químicos que ocorrem na boca, no estômago e no intestino, são, respectivamente:

- (a) mastigação, deglutição e peristaltismo.
- (b) quilificação, insalivação e ingestão.
- (c) insalivação, quimificação e quilificação.
- (d) ingestão, mastigação e deglutição.
- (e) quilificação, quimificação e insalivação.

**10 Fatec 2006** A um pedaço de carne triturada acrescentou-se água, e essa mistura foi igualmente distribuída por seis tubos de ensaio (I a VI). A cada tubo de ensaio, mantido em certo pH, foi adicionada uma enzima digestiva, conforme a lista a seguir.

- I. pepsina; pH = 2
- II. pepsina; pH = 9
- III. ptialina; pH = 2
- IV. ptialina; pH = 9
- V. tripsina; pH = 2
- VI. tripsina; pH = 9

Todos os tubos de ensaio permaneceram durante duas horas em uma estufa a 38 °C.

Assinale a alternativa da tabela que indica corretamente a ocorrência (+) ou não (-) de digestão nos tubos I a VI.

	I	II	III	IV	V	VI
a)	+	-	+	-	+	-
b)	+	-	-	+	-	-
c)	+	-	-	-	-	+
d)	-	+	+	-	-	+
e)	-	+	-	+	+	-

**11 Fuvest 2009** Enzimas digestivas produzidas no estômago e no pâncreas foram isoladas dos respectivos sucos e usadas no preparo de um experimento, conforme mostra o quadro a seguir.

Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3	Tubo 4
Arroz, clara de ovo, óleo de milho e água	Arroz, clara de ovo, óleo de milho e água	Arroz, clara de ovo, óleo de milho e água	Arroz, clara de ovo, óleo de milho e água
Extrato enzimático do estômago	Extrato enzimático do estômago	Extrato enzimático do pâncreas	Extrato enzimático do pâncreas
pH = 2	pH = 8	pH = 2	pH = 8

Decorrido certo tempo, o conteúdo dos tubos foi testado para a presença de dissacarídeos, peptídeos, ácidos graxos e glicerol. Esses quatro tipos de nutrientes devem estar:

- (a) presentes no tubo 1.
- (b) presentes no tubo 2.
- (c) presentes no tubo 3.
- (d) presentes no tubo 4.
- (e) ausentes dos quatro tubos.

**12 PUC-Rio 2005** As condições de acidez dos sucos presentes no sistema digestório humano variam de acordo com as diferentes partes do tubo digestório. Assim, em relação ao pH podemos afirmar que:

- (a) na boca é ácido e lá ocorre principalmente a digestão de amido.
- (b) na boca é neutro e lá ocorre principalmente a digestão de gordura.
- (c) no estômago é ácido e lá ocorre principalmente a digestão de proteínas.
- (d) no intestino é neutro e lá não ocorre nenhum tipo de digestão enzimática.
- (e) no estômago é básico e lá ocorre principalmente a digestão de proteínas.

**13 PUC-SP 2006** O suco gástrico contém a enzima pepsina, que atua sobre:

- (a) proteínas, quebrando ligações entre moléculas de glicose.
- (b) proteínas, quebrando ligações entre moléculas de aminoácidos.
- (c) gorduras, quebrando ligações entre moléculas de ácidos graxos e glicerol.
- (d) gorduras, quebrando ligações entre moléculas de aminoácidos.
- (e) carboidratos, quebrando ligações entre moléculas de glicose.

**14 PUC-RS 2005** Considere o papel de cada órgão do sistema digestório humano no processo de digestão do alimento e complete corretamente as lacunas com as informações apresentadas nas alternativas.

Ao comeremos um sanduíche de pão e queijo, os processos de \_\_\_\_\_ na boca, \_\_\_\_\_ no estômago e \_\_\_\_\_ no intestino ocorrem inicialmente nesta ordem.

- (a) absorção de água  
digestão do amido  
liberação de enzima péptica
- (b) liberação de enzima péptica  
absorção de água  
digestão do amido



- (c) liberação de enzima péptica  
digestão do amido  
absorção de água
- (d) digestão do amido  
absorção de água  
liberação de enzima péptica
- (e) digestão do amido  
liberação de enzima péptica  
absorção de água

**15 Mackenzie 2009** Assinale a alternativa correta a respeito do processo digestivo.

- (a) A digestão enzimática de carboidratos só se inicia no duodeno.
- (b) O pH ácido do estômago inativa todas as enzimas digestivas.
- (c) A retirada da vesícula biliar pode provocar dificuldade de digestão de lipídios, devido à falta de enzimas.
- (d) A superfície interna do jejuno-íleo apresenta dobras para facilitar a absorção de nutrientes.
- (e) As bactérias presentes no intestino grosso são parasitas, mas só provocam sintomas quando seu número se eleva muito.

**16 UFSM 2005** Observe esta interessante comparação: Na parte mais superficial do sistema radicular (primeiros 30 cm), é onde se dá o maior volume de absorção de nutrientes, enquanto as raízes profundas vão em busca de umidade. Analogamente, nosso \_\_\_\_\_ tem como função principal a absorção dos nutrientes digeridos. O \_\_\_\_\_, por sua vez, reabsorve a água e sais minerais remanescentes.

Horta é saúde, 1998. (Adapt.).

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- (a) pâncreas – esôfago
- (b) fígado – intestino grosso
- (c) estômago – fígado
- (d) estômago – intestino delgado
- (e) intestino delgado – intestino grosso

**17 UFPI 2001** Os alimentos necessitam ser quebrados mecanicamente em partes menores e submetidos à digestão enzimática antes de serem absorvidos. Um indivíduo que apresenta problemas na produção salivar terá seu processo digestório prejudicado, afetando, em particular, a digestão do(a) \_\_\_\_\_. No entanto, como a enzima \_\_\_\_\_, além de ser produzida pelas glândulas salivares é também produzida pelo(a) \_\_\_\_\_, a digestão desse nutriente não será de todo prejudicada. Assinale a alternativa que mostra as palavras que completam corretamente o texto acima, na ordem citada.

- (a) lactose – lactase – estômago
- (b) amido – celulase – intestino delgado
- (c) amido – amilase – pâncreas
- (d) sacarose – sacarase – intestino delgado
- (e) lactose – lactase – pâncreas

**18 UEL 2008** A maior parte dos nutrientes encontrados nos alimentos apresenta-se na forma de grandes moléculas que não podem ser absorvidas pelo intestino, devido ao seu tamanho ou pelo fato de não serem solúveis. O sistema digestório humano é

responsável por reduzir estas moléculas em unidades que são prontamente absorvidas. Os mecanismos absorptivos e de transporte são cruciais para a liberação de produtos de digestão para as unidades celulares. Mesmo na presença de uma dieta adequada, os desarranjos deste sistema podem resultar em desnutrição.

L. K. Maham; S. Escott-Stump. *Alimentos, nutrição e dietoterapia*. 9 ed. São Paulo: Roca, 1998. (Adapt.).

Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, assinale a alternativa correta.

- (a) A água, os dissacarídeos e os polissacarídeos são absorvidos na sua forma original, ao passo que os monossacarídeos, vitaminas e minerais precisam ser degradados para serem absorvidos.
- (b) A absorção é um processo simples, no qual os nutrientes passam através das células mucosas para dentro da corrente sanguínea pelo processo de transporte ativo.
- (c) O contato do quimo com a mucosa intestinal estimula a liberação de enteroquinase, uma enzima que transforma o tripsinogênio pancreático ativo em tripsina ativa, a qual tem por função ativar outras enzimas proteolíticas.
- (d) A enzima ptialina hidroliza o amido e os ácidos graxos em dextrinas e maltoses. Esta reação se dá no estômago quando em contato com o ácido clorídrico, pois a hidrólise dessas substâncias se dá em meio de pH baixo.
- (e) A celulose, hemicelulose, pectinas e outras formas de fibras são parcialmente digeridas pelos humanos através da ação das amilases salivar e pancreática, pois as mesmas degradam as paredes celulares.

**19 UFPE 2005** A motilidade e as secreções do sistema digestivo são controladas por mecanismos neurais e hormonais que garantem a perfeita digestão e a absorção do alimento. Sobre esse assunto, analise as afirmativas a seguir com verdadeiro ou falso.

- A secreção salivar começa a ser estimulada pela presença do alimento na cavidade oral.
- A presença de alimento no estômago estimula a secreção do hormônio gastrina, que induz a produção do suco gástrico, rico em ácido clorídrico e pepsina.
- A acidez do quimo que chega ao duodeno estimula a produção de secretina, que é levada pelo sangue ao pâncreas, estimulando, assim, a secreção de bicarbonato de sódio.
- A presença de gorduras no alimento estimula a produção de colecistoquinina, que vai inibir a secreção pancreática e a liberação de bile pela vesícula.
- A função da enterogastrona é estimular o esvaziamento gástrico pelo aumento dos movimentos peristálticos.

**20 UFRN 1999** A ingestão de alimentos gordurosos (frituras, por exemplo) provoca a secreção de bile, e esta promove o emulsionamento das gorduras, facilitando a ação da lipase. Marque a opção que contém o hormônio estimulante da secreção da bile e o órgão onde ele é produzido.

- (a) Hormônio: secretina; Órgão: pâncreas;
- (b) Hormônio: secretina; Órgão: fígado;
- (c) Hormônio: colecistocinina; Órgão: vesícula;
- (d) Hormônio: colecistocinina; Órgão: duodeno;



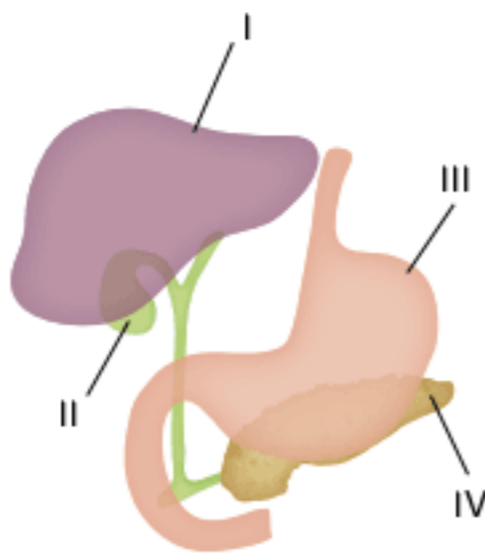
**21 PUC-MG 2007** Observe o esquema, que indica as partes do aparelho digestivo.

1 – Boca → 2 – Estômago → 3 – Intestino Delgado →  
4 – Intestino Grosso

Com base no esquema, é correto afirmar, exceto:

- (a) Em 1, há ação de enzima produzida em estruturas do próprio local.
- (b) Em 2, há ação de hormônios produzidos no próprio órgão e em outros locais.
- (c) Em 3, há a ação de enzimas e outras substâncias não enzimáticas.
- (d) Em 4, há a ação de substâncias produzidas pelas glândulas anexas que atuam na digestão.

**22 PUC-MG 2005** A figura a seguir representa alguns órgãos do trato digestivo.



Assinale a afirmativa incorreta.

- (a) I é uma glândula que transforma e acumula metabólitos e também neutraliza substâncias tóxicas.
- (b) II é responsável por armazenar e concentrar a bile e secretá-la quando necessário.
- (c) III é responsável pela digestão do alimento, secreção de hormônios e absorção de água e sais.
- (d) IV é uma glândula que secreta enzimas digestivas e hormônios que controlam a glicemia.

**23 FEI 1997** A xeroftalmia é caracterizada pela secura da camada córnea do globo ocular. A xeroftalmia é determinada por uma deficiência de vitamina:

- (a) A
- (b) B
- (c) C
- (d) D
- (e) E

**24 FGV 2001** Um grupo de pesquisadores constatou os seguintes sintomas de avitaminose em diferentes populações da América do Sul: escorbuto, raquitismo e cegueira noturna.

Para solucionar esses problemas propuseram fornecer as seguintes vitaminas, respectivamente:

- (a) C, D, E.
- (b) C, D, A.
- (c) E, B, A.
- (d) A, B, E.
- (e) C, B, A.

**25** Assinale a alternativa que relaciona um alimento rico em vitamina C (ácido ascórbico).

- (a) Arroz.
- (b) Feijão.
- (c) Carne.
- (d) Laranja.
- (e) Alface.

**26 UFPI 2000** A descoberta recente de que grandes doses de vitamina C podem ter efeito contrário ao que se pretende foi apenas mais um balde de água fria nesse modismo de dieta. [...] A conclusão é de Barry Halliwell da Universidade de Londres. [...] A vitamina C tem sido muito alardeada comercialmente como solução para problemas de "estresse oxidativo" das células, provocado pelos radicais livres. [...] Vários estudos demonstraram o papel antioxidante da vitamina C in vitro – isto é, em tubos de ensaio em laboratórios. Já os resultados sobre esse efeito "in vivo" – isto é, em organismos vivos – ainda são pouco reveladores. [...] A vitamina C é essencial à dieta humana, mas muitas questões sem respostas permanecem, concluiu Halliwell.

Folha de S.Paulo, 3 maio 1998.

Pode-se ver, pelo texto, que supostos efeitos da vitamina C são questionáveis. No entanto, não há nenhuma dúvida de que ela:

- (a) previne todos os tipos de câncer.
- (b) atua na coordenação motora.
- (c) atua na coagulação do sangue.
- (d) evita a cegueira noturna.
- (e) é essencial à dieta humana.

**27 Unirio 1999** Tomando uma grande dose de vitamina A, uma pessoa pode suprir suas necessidades por vários dias; porém, se fizer o mesmo em relação à vitamina C, não terá o mesmo efeito, necessitando de reposições diárias dessa vitamina. Essa diferença na forma de administração se deve ao fato de a vitamina:

- (a) A ser necessária em menor quantidade.
- (b) A ser sintetizada no próprio organismo.
- (c) A ser lipossolúvel e ficar armazenada no fígado.
- (d) C ser mais importante para o organismo.
- (e) C fornecer energia para as reações metabólicas.

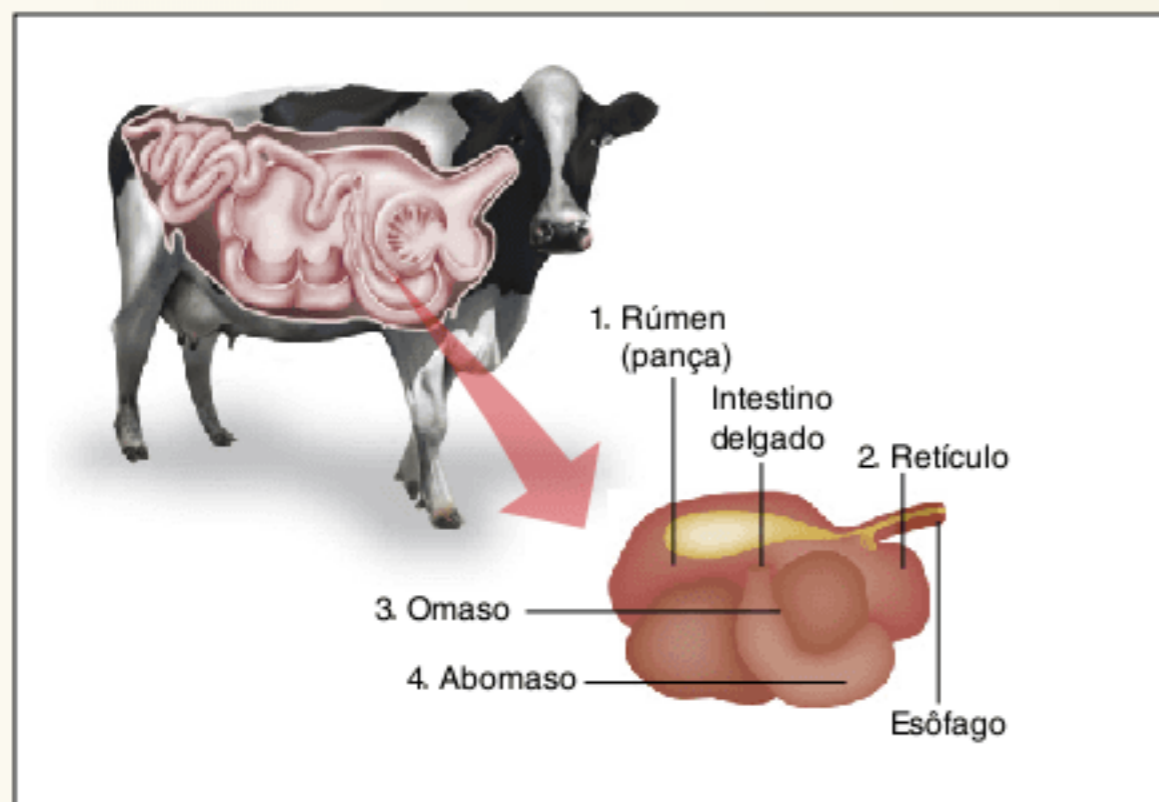
**28 Uerj 1998** Um médico holandês observou, no final do século XIX, que galinhas alimentadas com arroz polido, ou descascado, apresentavam os sintomas de uma doença conhecida como beribéri, que era curada com a ingestão da película, ou casca, retirada dos grãos do arroz.

A substância necessária em pequenas quantidades na dieta para evitar o beribéri é a vitamina denominada:

- (a) E
- (b) C
- (c) B
- (d) A



## Ruminantes e outros herbívoros



Divisões do sistema digestório de ruminantes.

### Os ruminantes

Ruminantes constituem um grande grupo de herbívoros, como boi, carneiro, camelo e antílope. Seu principal nutriente é a celulose presente nas plantas que ingerem. Esses animais engolem o alimento que é enviado ao estômago por meio do esôfago. O estômago é constituído por quatro câmaras: **rúmen** (ou **pança**); **retículo** (ou **barrete**); **omaso** (ou **folhoso**); **abomaso** (ou **coagulador**). O processamento do alimento é descrito a seguir.

**Rúmen ou pança:** é o primeiro e mais volumoso compartimento. O ruminante engole o capim com grande quantidade de saliva, após uma rápida mastigação, e envia ao rúmen. Nele, estão microrganismos (bactérias e protozoários ciliados) que realizam a digestão da celulose e produzem gás metano; esse gás é expelido pela boca do animal, constituindo-se em uma fonte de intensificação do efeito estufa. Esse impacto é discutido na Frente 2.

**Retículo (ou barrete):** contém os mesmos microrganismos existentes no rúmen. Nesse compartimento, a digestão do alimento (celulose) pelos microrganismos continua. Grãos ingeridos pelo ruminante passam diretamente ao retículo. Do retículo, o alimento volta a boca.

**Boca:** é realizada a mastigação, que ocorreu de maneira muito rápida quando o animal ingeriu o alimento. Depois ocorre a deglutição (pela segunda vez) e o alimento é enviado ao omaso.

**Omaso (ou folhoso):** realiza a absorção de água. Após essa câmara, o alimento é enviado ao abomaso.

**Abomaso (ou coagulador):** é o verdadeiro estômago químico, realizando a digestão de microrganismos, que constituem a grande fonte de proteínas.

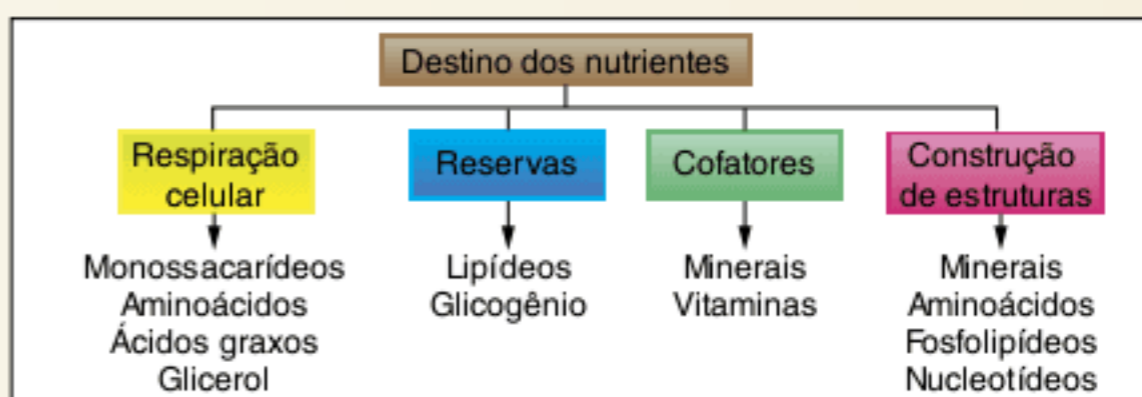
O cavalo não é ruminante e seu estômago apresenta uma única câmara. A digestão da celulose ocorre pela ação de bactérias presentes no longo ceco intestinal.

## Os nutrientes e o metabolismo

Os nutrientes absorvidos são empregados no metabolismo para a respiração, a formação de reservas, a atuação como cofatores enzimáticos e a construção de estruturas. Alguns dos nutrientes são utilizados na respiração celular, como monossacarídeos (principalmente glicose), ácidos graxos, glicerol e aminoácidos. Há nutrientes que se destinam a construir reservas, como as gorduras (glicerídeos) e a glicose, que, em parte, é convertida em glicogênio (polissacarídeo).

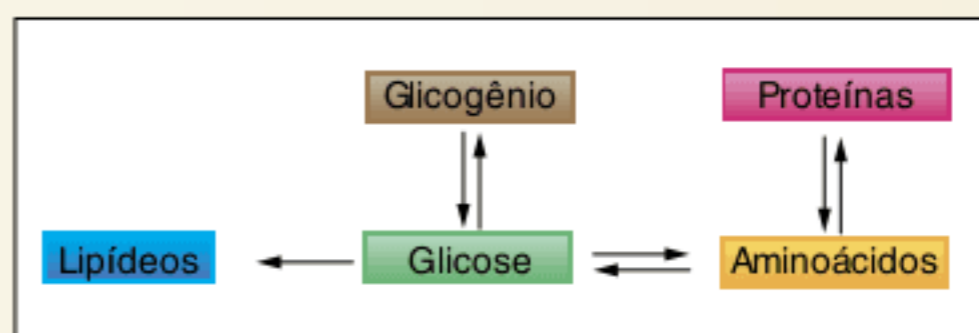
Vitaminas e muitos sais minerais atuam como cofatores enzimáticos. Alguns nutrientes minerais são componentes de estruturas do organismo, como cálcio e fosfato, que são integrantes dos ossos, e o ferro, que faz parte das moléculas de hemoglobina e mioglobina.

Certos nutrientes têm papel fundamental na formação de estruturas. Os aminoácidos são utilizados na síntese de proteínas, as quais são componentes de membranas, músculos (actina e miosina), tendões (colágeno), epiderme (queratina) etc. Os fosfolipídeos são componentes da membrana plasmática. Os nucleotídeos (formados por fosfato, pentose e base nitrogenada) são integrantes do DNA, RNA e ATP.



Destino dos nutrientes no metabolismo.

Os diversos componentes dos seres vivos podem ser convertidos em outro tipo de componente. Por exemplo, caso uma pessoa tenha um excessivo consumo de carboidratos, ela poderá converter glicose em lipídeos e em aminoácidos não essenciais. Por outro lado, uma pessoa submetida a um baixo consumo de alimentos calóricos poderá degradar lipídeos e proteínas para a obtenção de energia. As proteínas podem ser convertidas em glicose, enquanto os lipídeos geram energia por outro mecanismo.



Exemplos de conversão dos componentes dos seres vivos.



## RESUMINDO

O sistema digestório transforma o alimento em partículas que podem ser transferidas para o sangue, que nutre os tecidos. O sistema digestório é compreendido pelo tubo digestório e glândulas anexas (glândulas salivares, fígado e pâncreas). O tubo digestório é constituído pela boca, pela faringe, pelo esôfago, pelo estômago, pelo intestino delgado, pelo intestino grosso, pelo reto e pelo ânus.

**O processo digestivo**

O alimento ingerido passa por processos químicos e por processos mecânicos. Processos mecânicos não alteram a composição química do alimento; processos químicos alteram a composição química dos alimentos e envolvem a participação de enzimas digestivas. De uma maneira geral, há uma classificação das enzimas que hidrolisam os seguintes alimentos: amido (amilases), dissacarídeos (dissacaridasas), proteínas (proteases), peptídeos (peptidasas), lipídeos (lipases).

**Boca**

Na boca, ocorre a mastigação, a insalivação e a deglutição do alimento. A saliva contém a enzima amilase salivar, ou ptialina, que atua em pH neutro; essa enzima hidrolisa amido, gerando inúmeras moléculas de maltose.

**Estômago**

A parede estomacal é revestida por uma camada de células, recobertas por um muco protetor. O estômago tem células secretoras de muco, células parietais (produzem ácido clorídrico) e células principais (geram pepsinogênio); pepsinogênio e ácido clorídrico são componentes do suco gástrico, que apresenta pH em torno de 2. O pepsinogênio é uma enzima inativa que é convertida em uma forma ativa, a pepsina, na presença de ácido clorídrico. A pepsina hidrolisa proteínas, gerando peptídeos menores. O alimento no estômago converte-se no quimo.

O desenvolvimento de úlceras está associado à atividade da bactéria *Helicobacter pylori*. O tratamento das úlceras envolve o emprego de antibióticos.

**Duodeno**

O duodeno é um tubo que recebe secreções do fígado (bile), do pâncreas (suco pancreático) e da parede do próprio duodeno (suco entérico). A bile é produzida no fígado e armazenada na vesícula biliar. A bile não tem enzimas digestivas; possui sais biliares e bicarbonato de sódio. A bile contribui para a alcalinização do duodeno e emulsifica gorduras. A emulsificação consiste na fragmentação de blocos de gordura.

O suco pancreático tem bicarbonato de sódio e enzimas: amilase, lipase, tripsina, quimotripsina e peptidasas. Três enzimas pancreáticas chegam ao duodeno em sua forma inativa: tripsinogênio, quimotripsinogênio e propeptidasas. Com a presença da enteroquinase, há a conversão de tripsinogênio em tripsina. A tripsina é responsável pela conversão de quimotripsinogênio em quimotripsina e de propeptidasas em peptidasas. A tripsina e a quimotripsina hidrolisam proteínas, gerando peptídeos. Peptidasas hidrolisam peptídeos, convertendo-os em aminoácidos. A seguir, é apresentada uma tabela com as enzimas do processo digestório.

Estrutura produtora	Local de atuação	Enzima	Substrato hidrolisado	Produtos obtidos
Glândulas salivares	Cavidade da boca; meio neutro	Amilase salivar, ou ptialina	Amido	Várias moléculas de maltose
Estômago	Cavidade estomacal; meio ácido, com pH em torno de 2	Pepsina	Proteínas	Peptídeos
Fígado	Cavidade do duodeno; meio alcalino, com pH em torno de 8,5	Não tem enzimas; possui bicarbonato de sódio e sais biliares	Gordura	Gotículas de gorduras (processo de emulsificação)
Pâncreas	Cavidade do duodeno	Quimotripsina	Proteínas	Peptídeos
Pâncreas	Cavidade do duodeno	Tripsina	Proteínas	Peptídeos
Pâncreas	Cavidade do duodeno	Amilase pancreática	Amido	Várias moléculas de maltose
Pâncreas	Cavidade do duodeno	Lipase pancreática	Gordura	Ácidos graxos e glicerol
Pâncreas	Cavidade do duodeno	Peptidasas	Peptídeos	Aminoácidos
Pâncreas	Cavidade do duodeno	Nucleases	DNA e RNA	Nucleotídeos
Parede duodenal	Cavidade do duodeno	Nucleotidasas	Nucleotídeos	Pentoses, fosfato e bases nitrogenadas
Parede duodenal	Cavidade do duodeno	Sacarase	Sacarose	Glicose e frutose
Parede duodenal	Cavidade do duodeno	Maltase	Maltose	Glicose e glicose
Parede duodenal	Cavidade do duodeno	Lactase	Lactose	Glicose e galactose



## Absorção

Muitos nutrientes são transferidos para vasos sanguíneos ou linfáticos da parede de alguns órgãos do tubo digestório, principalmente no intestino delgado e em parte no intestino grosso.

O intestino delgado apresenta vilosidades intestinais, abaixo das quais há uma rede de capilares sanguíneos e de capilares linfáticos. O revestimento das vilosidades é constituído por uma camada de células, que apresentam microvilosidades, estruturas que aumentam a superfície das células.

No intestino delgado, ocorre absorção de moléculas que envolvem transporte ativo e transporte passivo, principalmente osmose. Os capilares linfáticos estão associados à absorção de gorduras. No intestino grosso, ocorre a absorção de sais e de água.

## Eliminação de resíduos

A celulose não é digerida. Ela contribui para o aumento de motilidade intestinal, retém água e facilita a eliminação de fezes. No intestino grosso, há uma grande quantidade de bactérias que constituem a flora intestinal. O ânus apresenta dois anéis musculares, os esfíncteres, que controlam a saída de fezes.

## Hormônios relacionados com o processo digestivo

A secreção de suco gástrico é estimulada pelo nervo vago. Alguns hormônios atuam na regulação das secreções do estômago, do pâncreas e do fígado. Esses hormônios são produzidos na parede do estômago (gastrina) e do duodeno (secretina, colecistocinina e enterogastrona).

## Vitaminas

As vitaminas constituem um grupo quimicamente muito diversificado e com vários papéis no metabolismo. Vitaminas são substâncias que o organismo não é capaz de sintetizar e devem ser obtidas na dieta. As vitaminas são divididas em dois grandes grupos: lipossolúveis (A, D, E e K) e hidrossolúveis (C e vitaminas do complexo B).

As lipossolúveis se dissolvem em lipídeos e solventes orgânicos. Já as vitaminas hidrossolúveis dissolvem-se em água; seu excesso é eliminado com certa facilidade através da urina. Entre as vitaminas hidrossolúveis encontram-se a vitamina C e as vitaminas do complexo B. Várias vitaminas do complexo B atuam como coenzimas, isto é, associam-se a certas enzimas e permitem que elas atuem como catalisadores.

## ■ QUER SABER MAIS?



### SITES

- Informações sobre o processo de digestão dos alimentos e o sistema digestório de diversos organismos

<<http://faculty.clintoncc.suny.edu/faculty/michael.gregory/files/Bio%20102/Bio%20102%20lectures/Digestive%20System/digestive%20system.htm>>.

<<http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookDIGEST.html>>.

## Exercícios complementares

**1 Unesp 2008** Ao comer uma fatia de pão, a ptialina (ou amilase salivar) presente na saliva inicia a digestão do amido contido no pão. Na nossa boca, o pH situa-se ao redor de 7, pH ótimo para ação da ptialina. Contudo, ao chegar ao estômago, esse alimento é envolvido pelo suco gástrico, de pH ao redor de 2, que inibe a ação da ptialina e impede o prosseguimento da digestão do amido nesse local. O que acontece com o amido a partir do estômago, até chegar ao nosso sangue?

**2 UFSM 2006 (Adapt.)** A história da maioria dos municípios gaúchos coincide com a chegada dos primeiros portugueses, alemães, italianos e de outros povos. No entanto, através dos vestígios materiais encontrados nas pesquisas arqueológicas, sabemos que outros povos, anteriores aos citados, protagonizaram a nossa história.

Diante da relevância do contexto e da vontade de valorizar o nosso povo nativo, “o índio”, foi selecionada a área temática

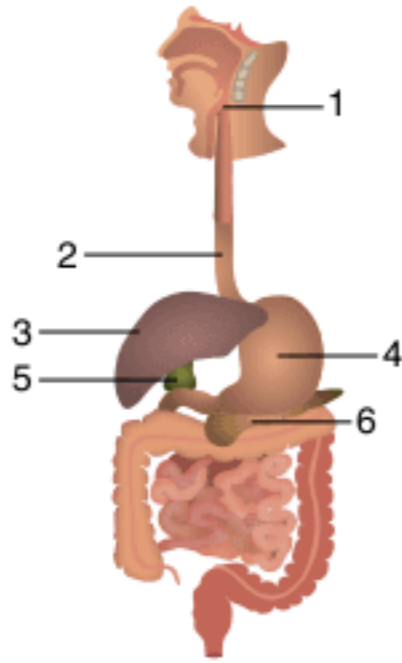
Cultura e as questões foram construídas com base na obra “Os Primeiros Habitantes do Rio Grande do Sul” (L. A. B. Custódio (Org.). Santa Cruz do Sul: EDUNISC; IPHAN, 2004.).

Nos últimos 2 mil anos, nosso povo vem se transformando, evoluindo, integrando-se aos vizinhos, aos colonizadores, ao mundo.

Os colonizadores aprenderam com os indígenas do continente americano a utilizar o tabaco. Hoje, o tabagismo é considerado um problema de saúde pública, porque a fumaça de cigarro contém, além da nicotina, várias dezenas de outras substâncias mutagênicas que aumentam o risco de desenvolvimento de tumores em vários órgãos, como faringe, pulmão, estômago, pâncreas, esôfago, fígado.

Observe a figura que se encontra numerada, associando-a aos órgãos citados a seguir.





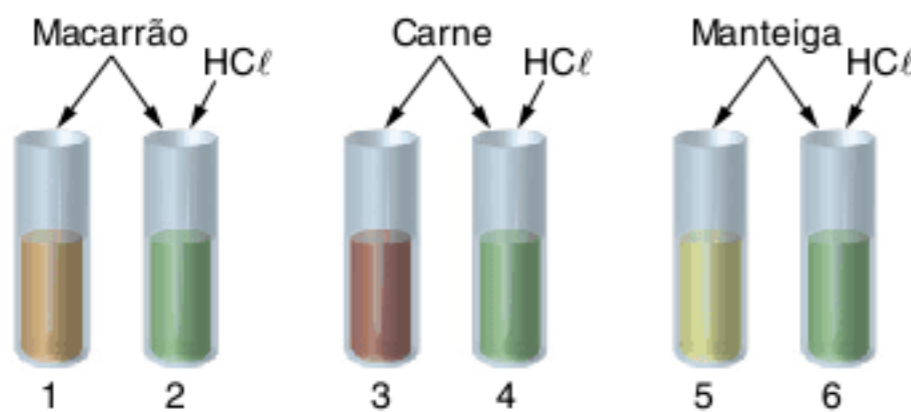
A. Uzunian; E. Bimer. *Biologia 2*. São Paulo: Harbra, 2002. p. 289. (Adapt.).

- esôfago
- estômago
- pâncreas
- fígado

A sequência correta é:

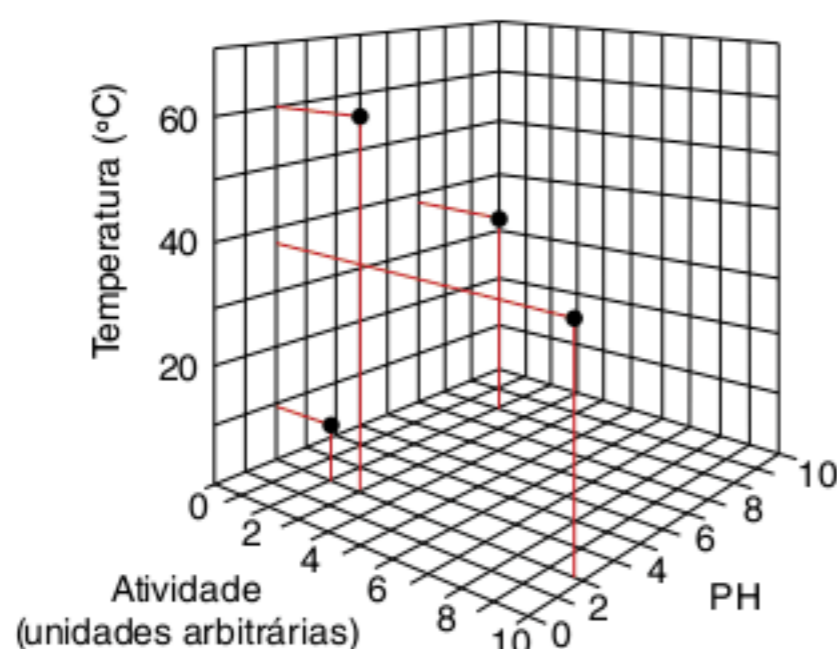
- (a) 1 – 4 – 3 – 5.
- (b) 2 – 3 – 6 – 5.
- (c) 1 – 3 – 5 – 6.
- (d) 2 – 4 – 6 – 3.
- (e) 3 – 6 – 4 – 5.

**3 Fuvest 2004 (Adapt.)** Uma enzima, extraída da secreção de um órgão abdominal de um cão, foi purificada, dissolvida em uma solução fisiológica com pH 8 e distribuída em seis tubos de ensaio. Nos tubos 2, 4 e 6, foi adicionado ácido clorídrico (HCl), de modo a se obter um pH final em torno de 2. Nos tubos 1 e 2, foi adicionado macarrão; nos tubos 3 e 4, foi adicionada carne; nos tubos 5 e 6, foi adicionada manteiga. Os tubos foram mantidos por duas horas à temperatura de 36 °C. Ocorreu digestão apenas no tubo 1.



- a) Qual foi o órgão do animal utilizado na experiência?
- b) Qual foi a substância que a enzima purificada digeriu?

**4 Uerj 2004** Para estudar a ação de uma determinada enzima, mediu-se a sua atividade em diferentes valores de temperatura e de pH, e em condições ideais de substrato. O gráfico abaixo mostra alguns dos resultados encontrados.



- a) Nomeie uma enzima proteolítica, presente no sistema digestivo humano, que possua as características daquela mostrada no gráfico e indique como é iniciado o processo de ativação de sua proenzima.
- b) Cite uma outra enzima digestiva que atue sobre triglicéridos e explique a importância do fígado no processo digestivo de tais substâncias.

**5 Uerj 2008** Apenas as moléculas mais simples dos alimentos podem ser eficientemente absorvidas pelo intestino. Assim, a maior parte dos alimentos ingeridos, para ser aproveitada pelo corpo, precisa ser quimicamente processada por hidrólise. O quadro a seguir relaciona algumas propriedades de quatro classes de hidrolases encontradas na cavidade do tubo digestório, todas com faixa de pH ideal entre 7,0 e 8,0.

Classe de hidrolase	Substrato	
	Tipo	necessidade de emulsificação
A	polissacarídeos	não
B	proteínas	não
C	dissacarídeo do leite	não
D	triacilgliceróis	sim

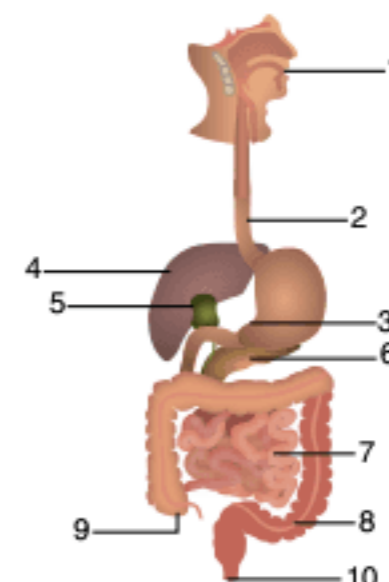
Identifique uma enzima correspondente a cada classe, indicando os seus respectivos produtos.

**6 Unifesp 2006** Parte da bile produzida pelo nosso organismo não é reabsorvida na digestão. Ela se liga às fibras vegetais ingeridas na alimentação e é eliminada pelas fezes. Recomenda-se uma dieta rica em fibras para pessoas com altos níveis de colesterol no sangue.

- a) Onde a bile é produzida e onde ela é reabsorvida em nosso organismo?
- b) Qual é a relação que existe entre a dieta rica em fibras e a diminuição dos níveis de colesterol no organismo? Justifique.

**7 UFG 2005** O processo de digestão é fundamental para a transformação dos alimentos em moléculas menores que podem ser absorvidas e utilizadas para a obtenção da energia necessária às funções vitais.

- a) De acordo com a figura a seguir, identifique e nomeie as estruturas responsáveis pela absorção de lipídios e apresente dois fatores que a tornam possível nessas partes do sistema digestório.



- b) Descreva a atuação de duas enzimas sobre a digestão de proteínas e de carboidratos, respectivamente.



**8 Unifesp 2009** Um estudante levantou a hipótese de que a digestão do alimento no sistema digestório de um anelídeo ocorre na mesma sequência que em um ser humano. Para isso, analisou o conteúdo do trato digestório do anelídeo, segmento por segmento, à medida que a digestão progredia, e encontrou o seguinte resultado:

Segmento	Conteúdo químico
3	Dissacarídeos, gorduras, polipeptídios longos.
5	Dissacarídeos, gorduras, ácidos graxos, glicerol, polipeptídios curtos, aminoácidos.
7	Monossacarídeos, ácidos graxos, glicerol e aminoácidos.
11	Nada digerível, pequena quantidade de água.

- Com base nos dados obtidos, a hipótese do estudante deve ser aceita ou rejeitada? Justifique.
- Após o final da digestão, que tipo de sistema promoverá o transporte dos nutrientes até as células do anelídeo? Explique.

**9 UFRGS 2007** Tiago comeu um sanduíche de pão francês com queijo, presunto e manteiga, acompanhado de um copo de suco de laranja sem açúcar.

Relacione cada um dos itens do lanche de Tiago, listados na coluna 1, com as principais enzimas que atuarão na sua digestão, indicadas na coluna 2.

**Coluna 1**

- pão francês
- manteiga
- presunto
- queijo
- suco de laranja

**Coluna 2**

- pepsina
- lipase
- amilase
- sacarase

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- 3 – 2 – 1 – 1 – 4.
- 4 – 3 – 2 – 1 – 3.
- 1 – 4 – 3 – 2 – 2.
- 1 – 3 – 2 – 4 – 4.
- 2 – 1 – 4 – 3 – 3.

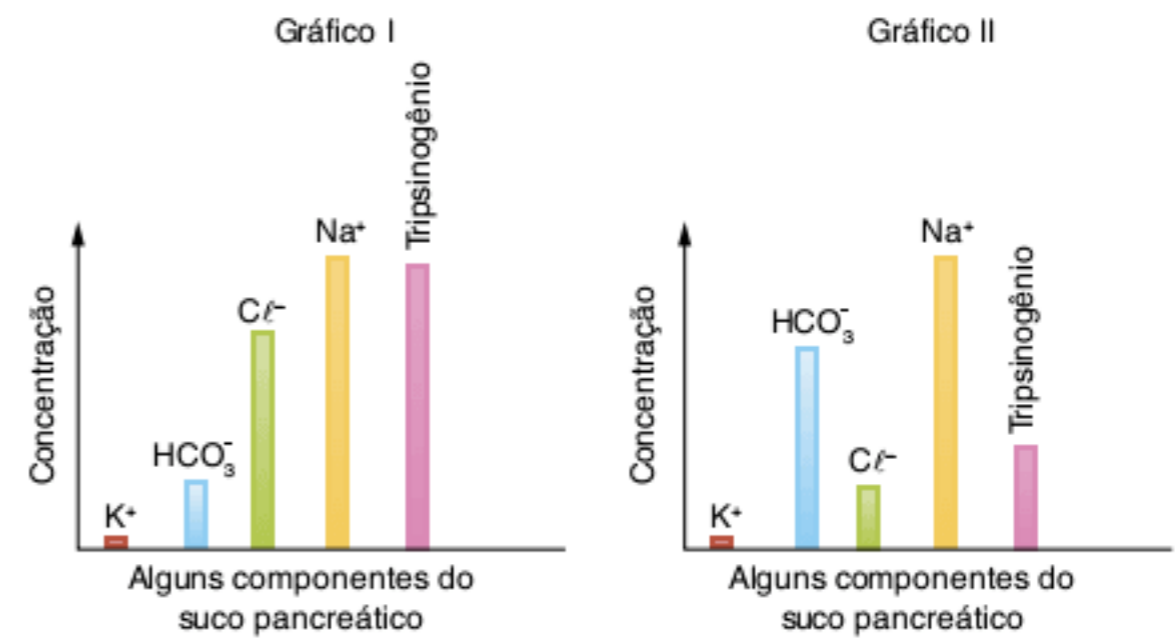
**10 PUC-RS 1999** “Pela veia porta chega o material absorvido nos intestinos, com exceção de parte dos lipídios, que é transportada por via linfática. Com isso, o órgão está em posição privilegiada para metabolizar, neutralizar e eliminar substâncias tóxicas absorvidas.”

Esse texto se refere a um estudo da fisiologia do:

- baço.
- duodeno.
- fígado.
- cólon.
- estômago.

**11 UFF 2005** Para estudar a ação de agentes estimulantes da secreção exócrina do pâncreas, foi introduzido diretamente no duodeno de uma pessoa em jejum, alguns mililitros de óleo de milho. Em outra pessoa, nas mesmas condições, o óleo foi

substituído por alguns mililitros de uma solução de HCl ajustada a pH 2,0. Em cada caso, foi coletada uma amostra do suco pancreático produzido. Os gráficos I e II a seguir apresentam os resultados das análises de componentes dessas amostras.



- Identifique os gráficos que correspondem, respectivamente, aos resultados obtidos após a introdução do óleo de milho e da solução de HCl. Descreva o mecanismo de estimulação da secreção exócrina do pâncreas, em cada caso.
- Em qual das duas situações há, também, um aumento na liberação de bile no duodeno? Justifique sua resposta.

**12 UFU 2006** O processo de digestão nos humanos é composto de duas fases: uma mecânica, na qual a correta mastigação é essencial, e outra enzimática, controlada por hormônios da digestão. Sobre estes hormônios, analise as afirmações a seguir e marque a alternativa correta.

- As gorduras parcialmente digeridas, presentes no quimo, estimulam as células do duodeno a liberarem o hormônio secretina, que provoca a eliminação da bile pela vesícula biliar.
- A acidez do quimo, que chega ao duodeno, estimula certas células da parede intestinal a liberar, especialmente, o hormônio colecistoquinina, que agirá no pâncreas, estimulando-o a liberar, principalmente, bicarbonato de sódio.
- A secreção do suco gástrico é estimulada por impulsos nervosos e pelo hormônio gastrina, produzido no estômago.
- A digestão de proteínas inicia-se no estômago e completa-se no duodeno por ação de três proteases secretadas pelo pâncreas: enteroquinase, pepsina e procarboxipeptidase.

**13 UEL 2007** Muitos vertebrados apresentam notáveis modificações estruturais no aparelho digestório, de forma que seja possível aproveitar mais eficientemente os recursos alimentares. Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, considere as afirmativas a seguir.

- O papo do pardal é uma parte dilatada do estômago, na qual ocorre acúmulo e digestão química do alimento, permitindo, desta forma, servi-lo já digerido aos seus filhotes.
- O intestino do tubarão-branco é relativamente curto, mas, para aumentar a superfície de absorção de nutrientes por esse órgão, apresenta uma estrutura conhecida como válvula espiral.
- A ausência de dentes nas aves restringe a exploração de diferentes itens alimentares, limitando o número de grupos tróficos nessa classe, ao contrário do que ocorre nos mamíferos, que apresentam dentes.



IV. Carneiros apresentam estômago dividido em quatro câmaras e uma associação mutualística com microrganismos produtores de celulase.

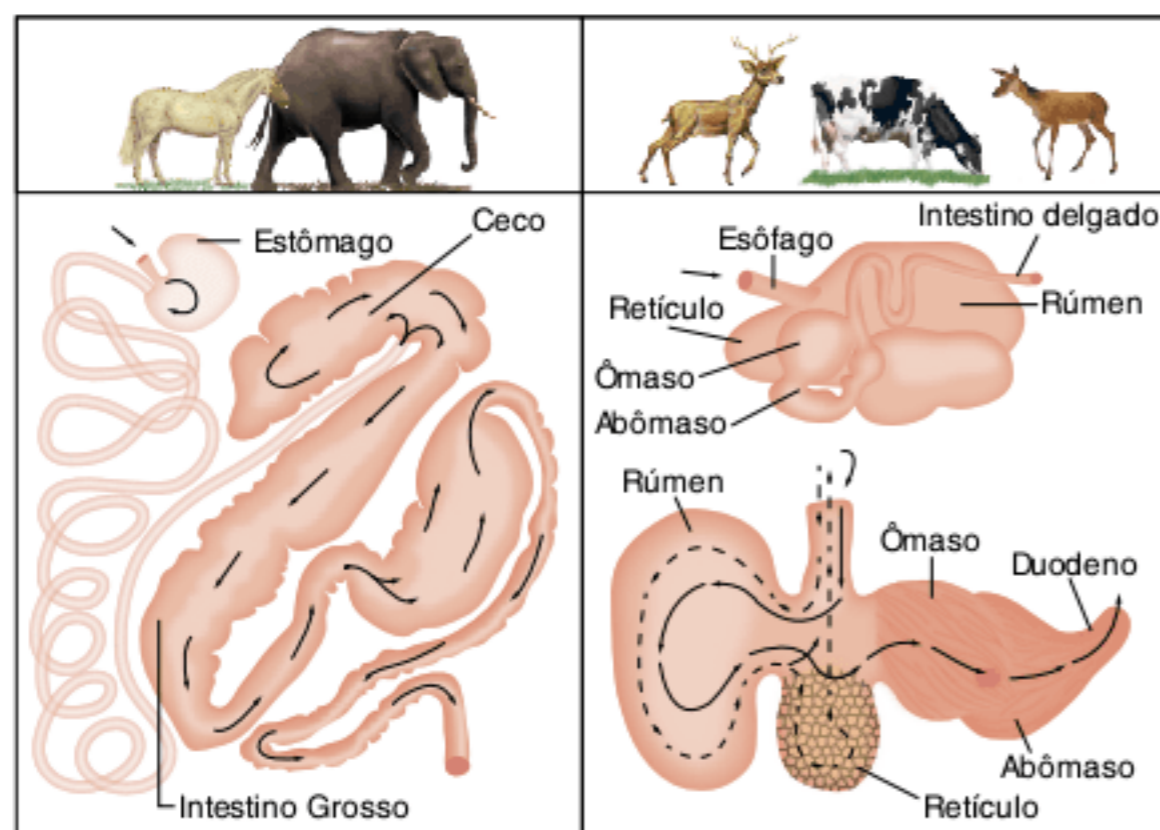
A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

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

**14 UFC 2003** Diferentes estratégias foram desenvolvidas pelos diversos táxons para aumentar a eficiência do processo de captura e subsequente digestão do alimento. O tipo mais primitivo de cavidade com função digestória conhecido é:

- (a) cavidade gastrovascular. (d) cavidade celomática.  
 (b) cavidade amniótica. (e) cavidade da rádula.  
 (c) cavidade do estômago.

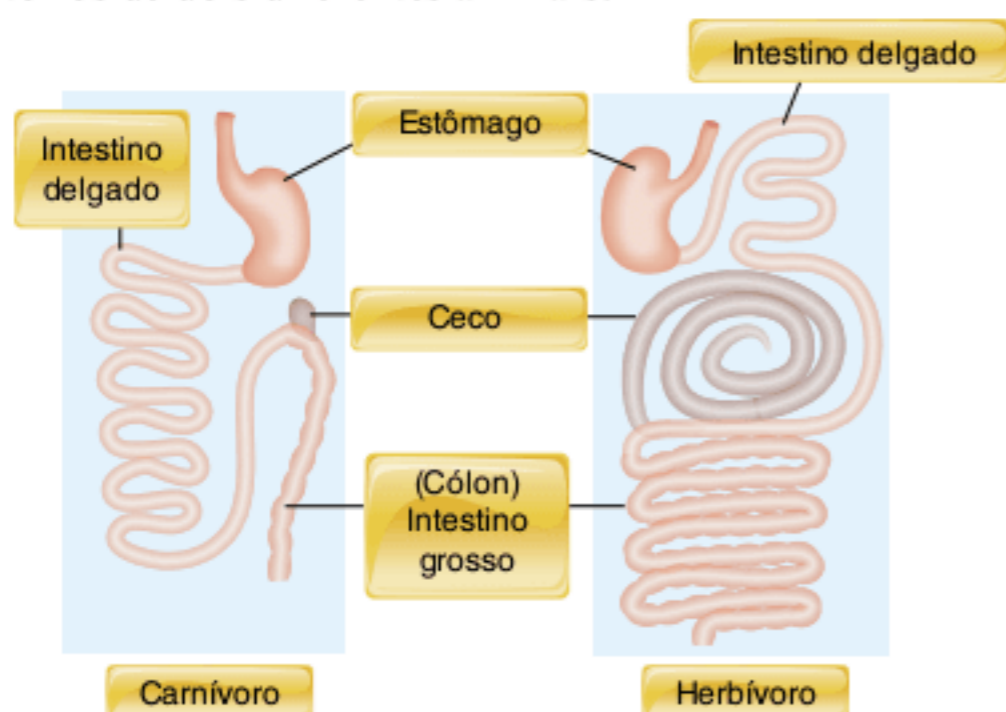
**15 PUC-MG 2003**



As figuras mostram sistemas digestivos monogástricos e poligástricos de alguns mamíferos. Sobre o sistema digestivo e a dieta desses animais, assinale a alternativa incorreta.

- (a) No sistema monogástrico, a fermentação ocorre no ceco aumentado e no intestino grosso.  
 (b) No sistema digástrico, o alimento passa através das quatro câmaras do estômago.  
 (c) Nos dois sistemas, os animais são considerados ruminantes.  
 (d) Vegetais constituem a base alimentar dos animais representados.

**16 PUC-MG 2006** A seguir estão representados os tubos digestórios de dois diferentes animais.



De acordo com seus conhecimentos sobre nutrição e sistemas digestórios de vertebrados, é incorreto afirmar que:

- (a) a digestão de proteínas, de origem animal ou vegetal, inicia-se no estômago e deve terminar no intestino delgado, onde ocorre a absorção dos aminoácidos.  
 (b) no intestino grosso dos dois animais, ocorre reabsorção de água e de alguns sais.  
 (c) o grande tamanho do ceco do herbívoro quando comparado ao do carnívoro relaciona-se com o aproveitamento da celulose.  
 (d) devido à grande quantidade de fibras vegetais na sua dieta, os herbívoros representados são ruminantes.

**17 UFRGS 2008** Assinale a afirmação correta a respeito do sistema digestório dos vertebrados.

- (a) Nas aves, o papo, segmento do esôfago, é responsável pela trituração do alimento.  
 (b) Nos humanos, a digestão da celulose auxilia a eliminação do bolo fecal.  
 (c) Nos humanos, o piloro é a válvula que separa o estômago do intestino.  
 (d) Nos ruminantes, o intestino delgado é dividido em quatro compartimentos que otimizam a absorção de celulose.  
 (e) Nos humanos, o fígado é o órgão responsável pela produção da bile, que atua na digestão de carboidratos.

**18 Unesp 2002** Considere um grupo de pessoas com características homogêneas no que se refere à cor de pele. Assinale a alternativa, dentre as apresentadas, que corresponde às pessoas desse grupo que têm maior chance de apresentar deficiência de vitamina D e que estão mais sujeitas a fraturas ósseas.

- (a) Indivíduos que ingerem alimentos ricos em cálcio, como ovos e derivados do leite, e que frequentemente tomam sol.  
 (b) Indivíduos que ingerem alimentos pobres em cálcio, como ovos e derivados do leite, e que frequentemente tomam sol.  
 (c) Indivíduos que ingerem alimentos pobres em cálcio, como ovos e derivados do leite, e que raramente tomam sol.  
 (d) Indivíduos que ingerem alimentos ricos em cálcio, como frutas cítricas e arroz, e que raramente tomam sol.  
 (e) Indivíduos que ingerem alimentos pobres em cálcio, como frutas cítricas e arroz, e que raramente tomam sol.

**19** Entre as substâncias que protegem as membranas lipoproteicas da ação do oxigênio está a vitamina E. Pode-se, portanto, concluir que essa vitamina atua como:

- (a) oxidante.  
 (b) antioxidante.  
 (c) antirredutor.  
 (d) catalisador.  
 (e) autorregulador.

**20 Unesp 2002** Na charge a seguir, extraída da *Revista Saúde* (fevereiro de 1996, p. 130, Seção Humor Spacca), encontram-se à venda, em forma de pastilhas, de comprimidos e de cápsulas, vitaminas extraídas de vegetais.





- a) Que vegetais poderiam estar expostos nas bancas correspondentes às vitaminas A e C indicadas pelas placas, em substituição às pastilhas, comprimidos e cápsulas?
- b) Que distúrbios orgânicos podem ser evitados pela ingestão de alimentos ricos em vitaminas B e K?

**21 Unicamp 1999** Cada marinheiro da esquadra de Cabral recebia mensalmente para suas refeições 15 kg de carne salgada, cebola, vinagre, azeite e 12 kg de biscoito. O vinagre era usado nas refeições e para desinfetar o porão, no qual, acreditava-se, escondia-se a mais temível enfermidade da vida no mar. A partir do século XVIII, essa doença foi evitada com a introdução de frutas ácidas na dieta dos marinheiros. Hoje, sabe-se que essa doença era causada pela deficiência de um nutriente essencial na dieta.

E. Bueno. *A viagem do descobrimento*. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998. (Adapt.).

- a) Que nutriente é esse?
- b) Que doença é causada pela falta desse nutriente?
- c) Cite duas manifestações aparentes ou sintomas dessa doença.

**22 UFPE 2005** A desnutrição é responsável por um atraso no desenvolvimento físico e mental da criança e também predispõe o organismo a doenças, sendo assim a maior causa da mortalidade infantil em nosso país. Em relação a esse problema, podemos afirmar:

- a anemia diminui a oxigenação dos tecidos em consequência da redução das hemáceas. Aparece na infância e é causada pela carência de ferro.
- a carência em vitamina A, causada pelo baixo consumo em verduras, manteiga, ovos e fígado, causa lesões no globo ocular, podendo levar à cegueira.
- em crianças com desnutrição grave ocorre um aumento da síntese dos aminoácidos necessários para produção de proteínas celulares.
- as vitaminas do complexo B estão presentes nos cereais integrais; a carência em vitamina B1 é responsável pelo aparecimento do escorbuto.
- a falta da vitamina D leva ao aparecimento do raquitismo, pois atua na regulação dos níveis de cálcio no sangue.

**23** Quais são os alimentos ricos em vitamina A (retinol e betacaroteno)?

- (a) Arroz e feijão.
- (b) Fígado e alface.
- (c) Gema de ovo e cenoura.
- (d) Macarrão e agrião.
- (e) Camarão e sardinha.

**24 UFMG 1997** Esta tabela refere-se ao teor de minerais e vitaminas, expressos em mg por 100 g de parte comestível de alguns alimentos.

Alimento	Minerais			Vitaminas		
	Ca	P	Fe	A	B1	C
Abacate	13	47	0,7	20	0,07	12
Couve	203	63	1,0	650	0,20	92
Goiaba	22	26	0,7	26	0,04	218
Grão-de-bico	68	353	7,0	0	0,46	5

Com base nos dados dessa tabela, assinale a alternativa que contém uma recomendação alimentar inadequada.

- (a) Abacate para pessoas que sofrem de beribéri.
- (b) Couve para alguém com osteoporose e xeroftalmia.
- (c) Goiaba para quem sofre de escorbuto.
- (d) Grão-de-bico para pessoas anêmicas.



# O sistema respiratório pulmonar

# 10

FRENTE 3



O sistema respiratório pode ser afetado de diversas maneiras, como por poluição, doenças parasitárias, uso de tabaco e por câncer. A função de trocas gasosas que exerce é fundamental na manutenção das atividades básicas do organismo.



## O sistema respiratório pulmonar

O sistema respiratório é responsável pelas trocas gasosas entre o organismo e o ambiente, processo conhecido como **respiração pulmonar**. É nos pulmões que ocorrem as trocas com os capilares sanguíneos, através de milhões de pequenas bolsas, conhecidas como **alvéolos pulmonares**. Essas trocas são efetuadas por difusão: o **gás oxigênio** passa dos alvéolos para células do sangue, e o **gás carbônico** passa do sangue para os alvéolos, sendo então eliminado para o ar (Fig. 1). As trocas gasosas que ocorrem no pulmão são conhecidas como **hematose** e correspondem à entrada de oxigênio e saída do gás carbônico. O enfisema pulmonar corresponde a uma destruição de alvéolos pulmonares e, assim, provoca a diminuição da superfície de trocas gasosas, incapacitando o indivíduo ou mesmo levando-o à morte. Uma das principais razões do aparecimento dessa doença é o hábito de fumar.

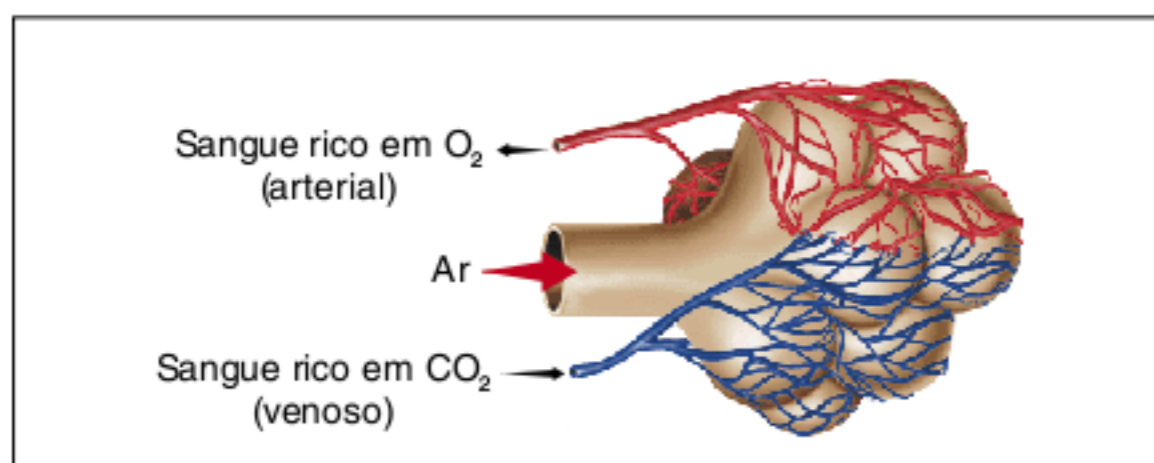


Fig. 1 Alvéolos pulmonares são minúsculos sacos com parede delgada e envolvidos por capilares sanguíneos.

O gás oxigênio que passa para as células sanguíneas é transportado para as outras células do organismo, onde é empregado na **respiração celular**. O ciclo continua com a consequente liberação de gás carbônico por tais células, que é então transportado pelo sangue até os alvéolos pulmonares. Como resultado, a respiração celular libera a energia necessária à realização das atividades metabólicas (Fig. 2).

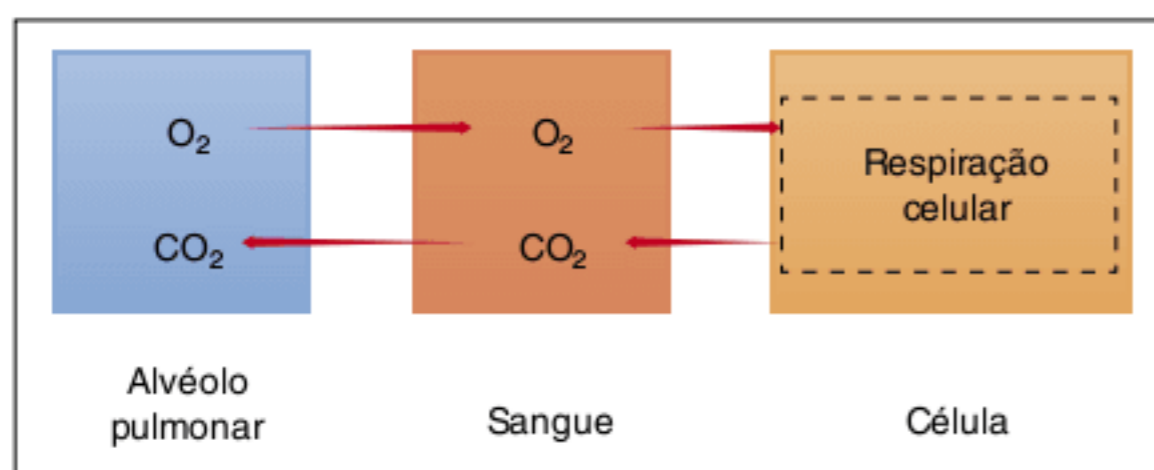


Fig. 2 O sangue transporta  $O_2$  e  $CO_2$ , realizando o fluxo entre células e pulmões.

## Componentes do sistema respiratório

O ar que chega e que sai dos alvéolos pulmonares passa por uma sequência de estruturas componentes do sistema respiratório. O ar penetra no organismo através da **cavidade nasal**, sendo transferido para a **faringe**, a **laringe**, a **traqueia**, os **brônquios**, os **bronquíolos** e, finalmente, os **alvéolos pulmonares** nas extremidades (Fig. 3).

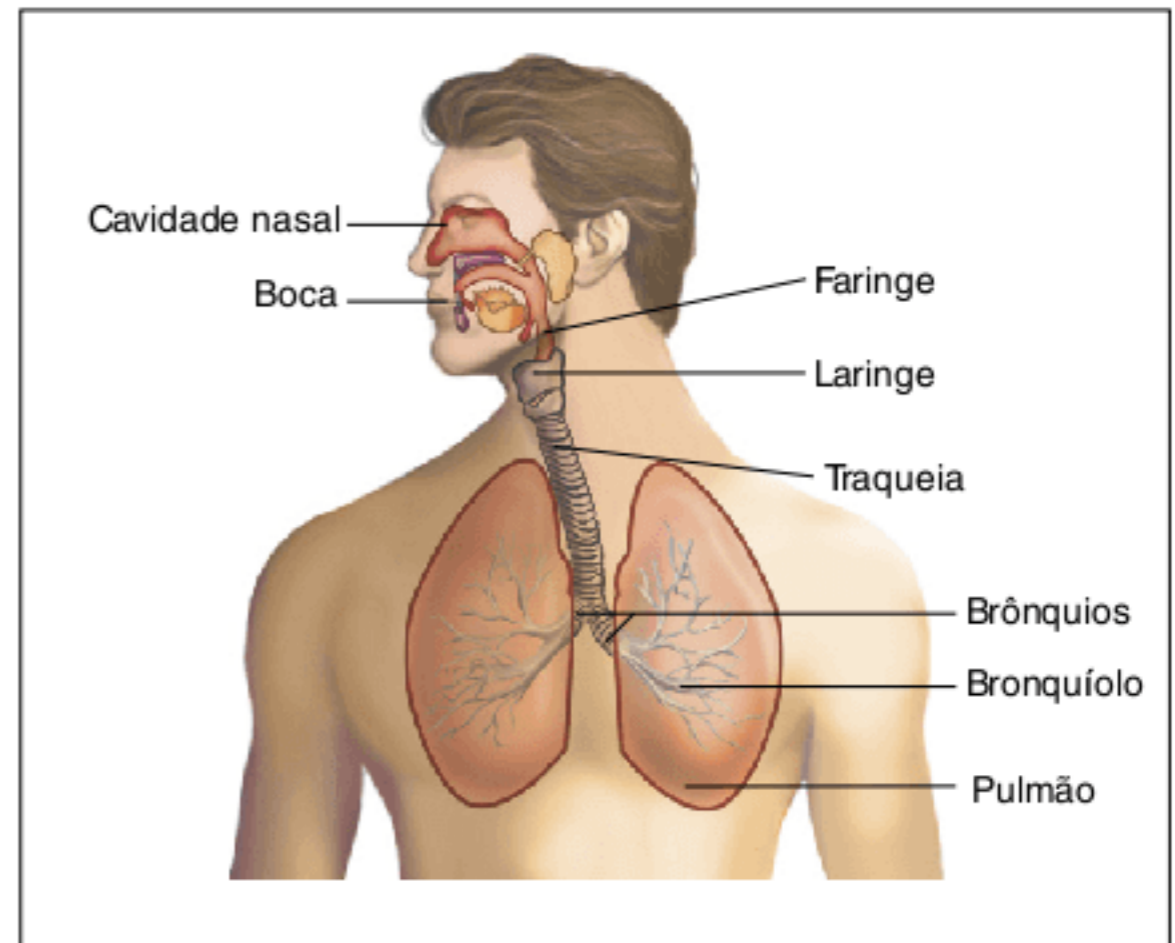


Fig. 3 Organização geral do sistema respiratório humano.

### Cavidade nasal

As cavidades nasais são duas cavidades paralelas que partem do nariz e vão até a faringe. Possuem **pelos** que podem reter partículas de poeira e microrganismos presentes no ar.

São revestidas por um delgado epitélio, bastante vascularizado, sendo responsáveis também pela **umidificação e aquecimento do ar** que por elas passa. Dessa forma, o ar que passa pela cavidade nasal é preparado para sua utilização nas trocas gasosas efetuadas nos alvéolos pulmonares. A entrada de ar pode também ser feita pela cavidade da boca, mas, nesse caso, não haverá os mesmos benefícios observados na cavidade nasal; há menos retenção de partículas, umidificação e aquecimento.

### Faringe

A faringe tem três segmentos: **nasofaringe**, **orofaringe** e **laringofaringe**, partes localizadas nas proximidades da cavidade nasal, da cavidade bucal e da laringe, respectivamente. A faringe é revestida por uma mucosa, na qual estão presentes acumulações de células pertencentes ao sistema imunitário: as tonsilas faringianas (**adenoides**) e as tonsilas palatinas (**amígdalas**). Tais estruturas são órgãos linfoides, formações com função defensiva, situadas estrategicamente, de modo a protegerem a mucosa faríngea. Estão relacionadas com a defesa do organismo contra microrganismos presentes no ar e nos alimentos, principalmente bactérias.

Em cada lateral da porção nasal da faringe, há uma abertura que se comunica com as **tubas auditivas**, ligadas à orelha média; tubas auditivas são remanescentes de fendas faringianas embrionárias.

### Laringe

A laringe é **revestida de cartilagem** e se salienta na parte anterior do pescoço. Sua abertura é denominada **glote** e em seu interior encontram-se as **cordas vocais**, estruturas fundamentais na fonação. Sobre a glote, há a **epiglote**, que atua como uma



válvula que fecha a laringe, impedindo a entrada de ar, de alimentos e de líquido no sistema respiratório durante a deglutição. Na parte anterior da cavidade oral, há outra válvula, a **úvula**, que impede a entrada de ar proveniente da cavidade nasal durante a deglutição. A úvula também tem participação na fonação, como na emissão dos sons correspondentes ao “rr”.

### Traqueia

A traqueia é um cilindro recoberto por anéis cartilagosos que têm a função de manter sua estrutura sempre aberta, evitando a obstrução do tubo. Internamente, o revestimento apresenta um epitélio constituído por **células produtoras de muco** e por **células ciliadas**. O muco liberado pelas células recobre a superfície interna da traqueia e permite a retenção de partículas (poeira, microrganismos); com o batimento dos cílios, o muco é empurrado em direção à laringe, sendo deglutido (e enviado ao estômago) ou expelido do corpo (pela tosse). Assim, o organismo livra-se de potenciais agentes infecciosos (Fig. 4).

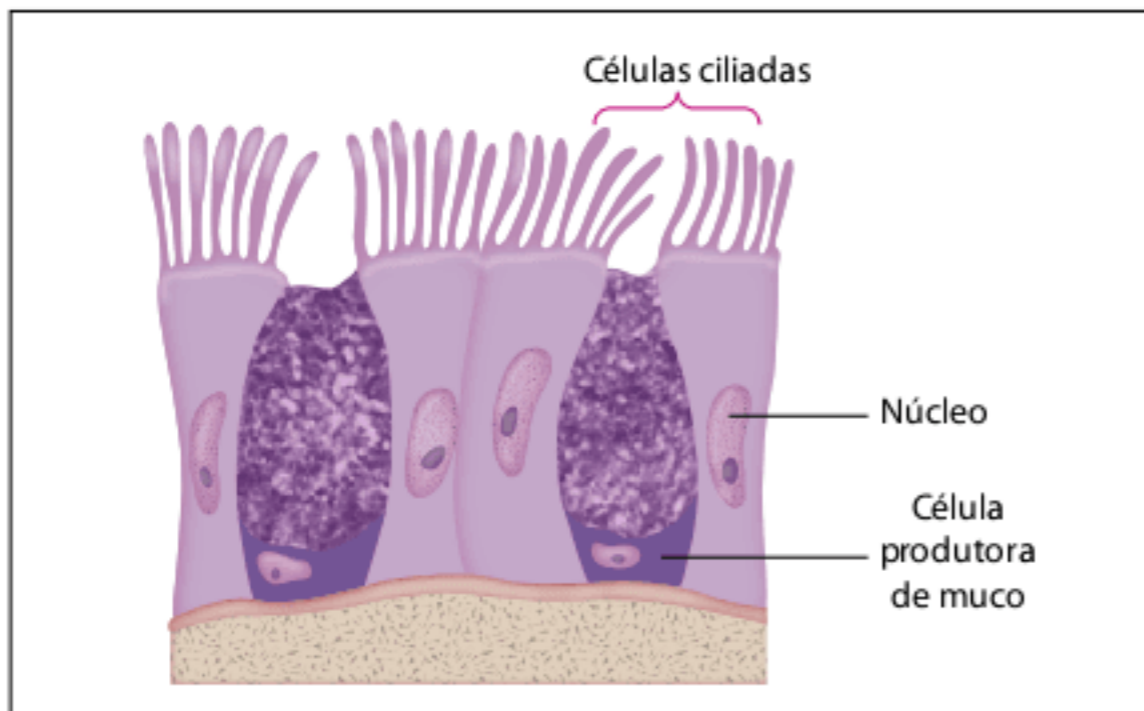


Fig. 4 Esquema do epitélio respiratório, constituído por células ciliadas e células produtoras de muco.

### Brônquios

A **traqueia bifurca-se em dois brônquios**, o direito e o esquerdo, que seguem cada um para um pulmão. Os brônquios se ramificam e formam os **bronquíolos**. Na extremidade dos bronquíolos mais delgados, há grupos de **alvéolos pulmonares**, responsáveis pelas trocas gasosas. A parede dos brônquios e dos bronquíolos tem musculatura lisa, de contração involuntária.

Brônquios e bronquíolos são revestidos internamente por um epitélio semelhante ao da traqueia. Fatores externos e internos do organismo podem alterar a conformação dessas estruturas.

O hábito de fumar, por exemplo, pode alterar o revestimento de tais estruturas respiratórias, causando a perda dos cílios ou a proliferação anormal das células, podendo evoluir para um câncer. A asma corresponde a uma resposta interna do organismo, resposta esta que causa a contração desses tubos, diminuindo seu diâmetro e dificultando a respiração do indivíduo. O episódio de uma crise asmática pode ser desencadeado por uma reação alérgica ou por uma situação estressante; seu controle pode ser efetuado por medicamentos de natureza antialérgica.

### Pulmões

Os pulmões são os órgãos responsáveis pelo conjunto de trocas gasosas que ocorrem no indivíduo. São esponjosos e divididos em **lobos**, sendo que o pulmão direito tem três; e o esquerdo, dois. Os pulmões são protegidos pela **pleura**, uma bolsa membranosa, cujo espaço interno é um remanescente do **celoma embrionário**, e pela caixa torácica, formada pelas costelas, coluna e osso esterno (Fig. 5)

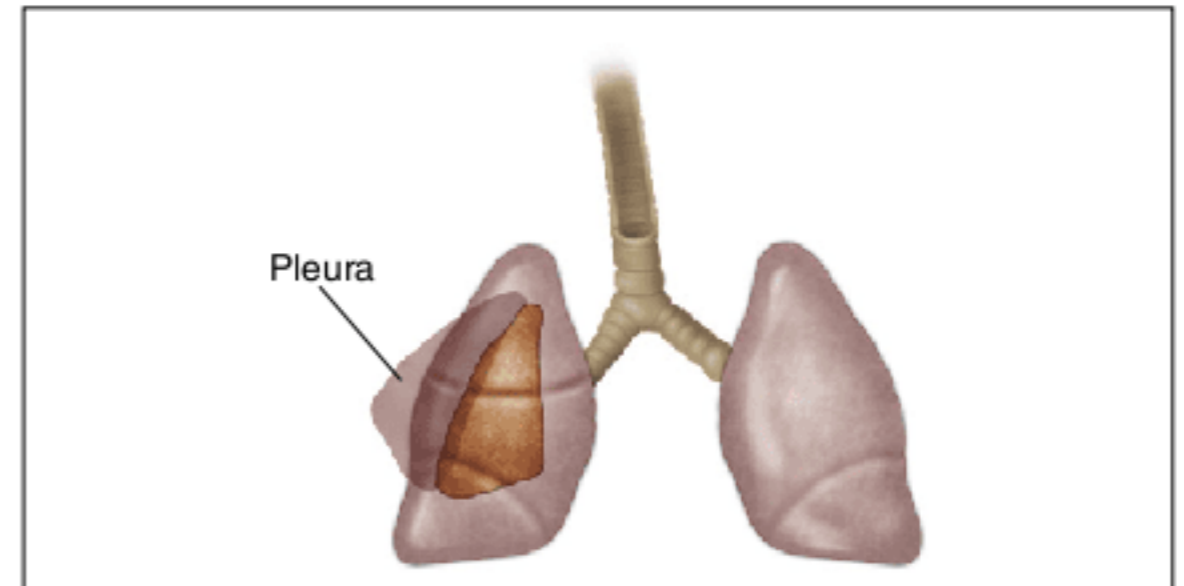


Fig. 5 Pleura revestindo os pulmões; também é possível perceber os lobos pulmonares.

### Mecânica dos movimentos respiratórios

Os movimentos respiratórios são de **inspiração** (entrada de ar) e **expiração** (saída de ar). Eles são realizados por músculos que alteram o volume da caixa torácica: o aumento de volume promove diminuição da pressão interna na cavidade torácica e isso determina a entrada de ar nos pulmões; a diminuição de volume eleva a pressão interna e determina a saída de ar (Fig. 6).

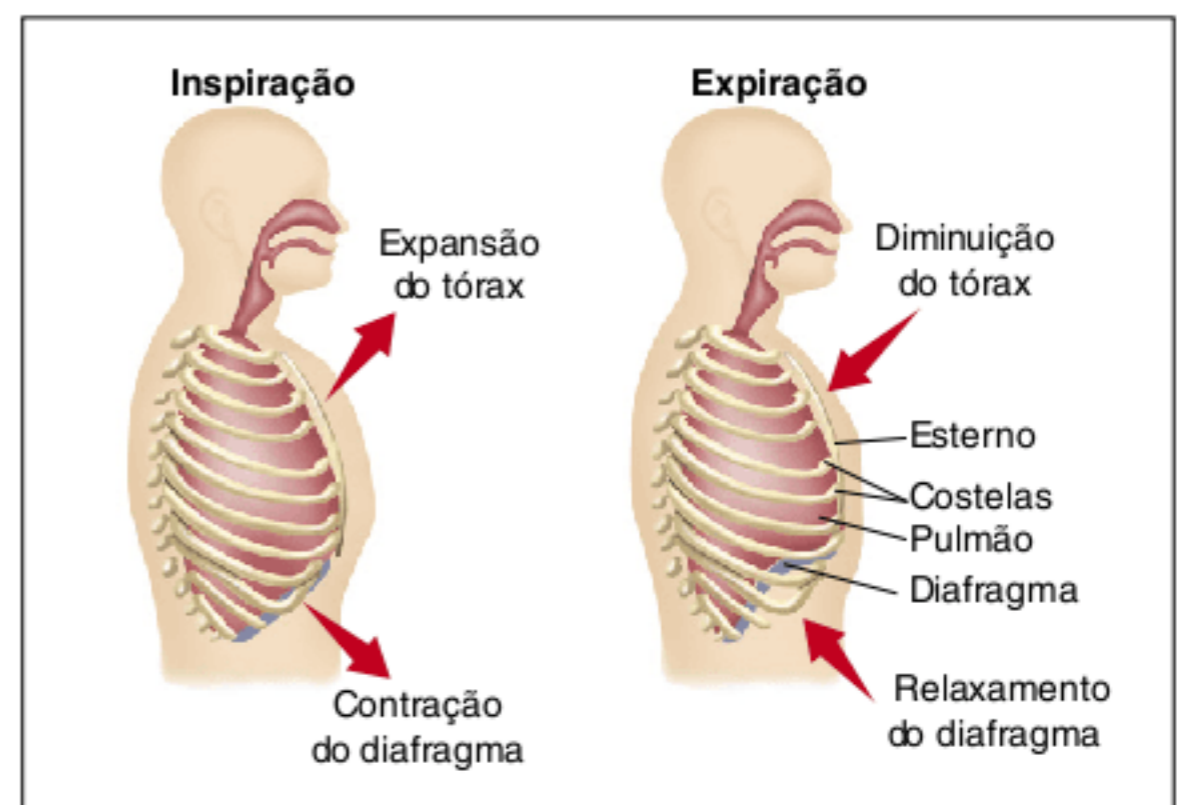


Fig. 6 Mudanças no volume torácico e os movimentos respiratórios.

Os músculos responsáveis pelos movimentos respiratórios são o **diafragma** e os **músculos intercostais**. O diafragma é laminar e separa o tórax do abdome, localizando-se logo abaixo dos pulmões; sua contração promove seu abaixamento e o relaxamento determina sua elevação. Já os músculos intercostais situam-se entre as costelas; sua contração eleva as costelas e seu relaxamento abaixa as costelas. Assim, temos:



Movimento	Resposta do diafragma	Músculos intercostais	Volume da caixa torácica	Pressão interna da caixa torácica	Movimento do ar
Inspiração	Contração com seu abaixamento.	Contraem-se, elevando-se.	Aumenta.	Diminui.	Entrada nos pulmões.
Expiração	Relaxamento com sua elevação.	Relaxa-se, abaixando-se.	Diminui.	Aumenta.	Saída dos pulmões.

Tab. 1 Principais componentes da dinâmica dos movimentos respiratórios.

- **Contração do diafragma e dos músculos intercostais:** promovem aumento de volume da caixa torácica, determinando diminuição da pressão interna dos pulmões e a consequente entrada de ar.
- **Relaxamento do diafragma e dos músculos intercostais:** diminuem o volume da caixa torácica, aumentando a pressão interna dos pulmões e determinando a saída de ar (Tab. 1).

## Controle dos movimentos respiratórios

Os movimentos respiratórios podem ser controlados pela nossa vontade na maior parte do tempo; no entanto, esses movimentos são realizados de maneira automática (isso não significa que ocorreram de forma involuntária).

Em certas situações, os movimentos são involuntários, como quando uma pessoa prende a respiração por tempo prolongado ou é impedida de respirar; a concentração de gás carbônico no plasma aumenta e o pH diminui. Nesse caso, o indivíduo tem aumento da frequência respiratória de maneira involuntária.

O controle dos movimentos respiratórios é feito pelo **centro respiratório**, localizado no **bulbo**, um dos componentes do **encéfalo**. O centro respiratório é sensível ao pH do sangue, que é alterado de acordo com a concentração de gás carbônico.

Durante o processo respiratório, quando ocorre elevação da **concentração de CO<sub>2</sub>** no plasma sanguíneo em virtude da reação com água, é formado ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), que se dissocia em íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) e bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). O aumento da concentração de íons H<sup>+</sup> diminui o pH do sangue, o que estimula o centro respiratório no cérebro e provoca o aumento do ritmo da respiração. Por outro lado, a diminuição da

concentração de CO<sub>2</sub> e o consequente aumento de pH inibem o centro respiratório, e os movimentos respiratórios passam a ser mais lentos (diminui a ventilação pulmonar). Uma elevação do teor de CO<sub>2</sub> pode ser causada, por exemplo, quando prendemos a respiração por tempo prolongado e não eliminamos esse gás dos pulmões (Fig. 7).

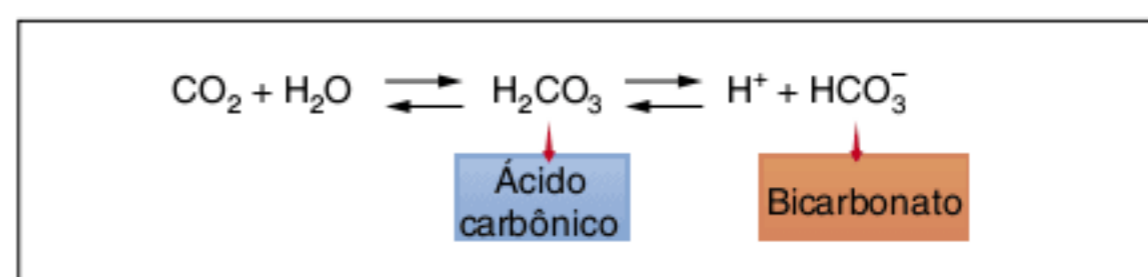


Fig. 7 O gás carbônico participa de uma sequência de reações reversíveis: combina-se com água, formando ácido carbônico, que se dissocia em H<sup>+</sup> e em íons bicarbonato.

A concentração de gás oxigênio afeta receptores que enviam informações ao centro respiratório; eles se localizam na parede das artérias carótidas e da aorta, responsáveis pela irrigação sanguínea do cérebro e demais tecidos do corpo, respectivamente.

Assim, a diminuição da concentração de O<sub>2</sub> também estimula o centro respiratório, provocando aumento da ventilação pulmonar. Já o aumento na concentração de O<sub>2</sub> inibe o centro respiratório e isso se traduz na redução da ventilação pulmonar.

Variações	CR	Ritmo respiratório
↑O <sub>2</sub>	Inibido	Diminui
↓O <sub>2</sub>	Estimulado	Aumenta
↓CO <sub>2</sub> e ↑pH	Inibido	Diminui
↑CO <sub>2</sub> e ↓pH	Estimulado	Aumenta

Tab. 2 Principais controladores do centro respiratório (CR) e do ritmo respiratório.

## Revisando

1 Qual a função do sistema respiratório pulmonar?

---



---

2 Em que local do sistema respiratório pulmonar ocorrem as trocas gasosas com os capilares sanguíneos? Explique esse processo de troca.

---



---

3 O que viria a ser enfisema pulmonar? Explique.

---



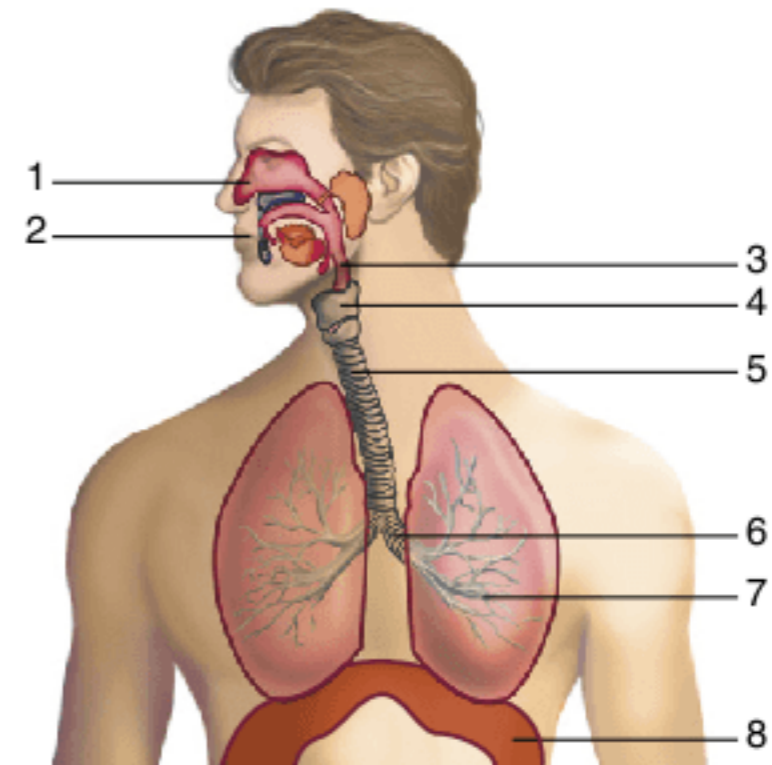
---



**4** Complete o esquema a seguir com os respectivos componentes do sistema respiratório e responda ao que se pede.

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_
6. \_\_\_\_\_
7. \_\_\_\_\_
8. \_\_\_\_\_

- a) O que pode ser encontrado no interior do componente 1?
- b) Quantos segmentos possui o componente 3? Cite-os.
- c) Onde se encontram as cordas vocais?
- d) Como é a estrutura do componente 5? Qual sua função?



**5** O que é pleura?

---



---

**6** Podemos dizer que os movimentos respiratórios são involuntários? Explique.

---



---

**7** Onde é feito o controle dos movimentos respiratórios?

---



---

## Exercícios propostos

**1 UFPE** O pH é uma medida da concentração de íons hidrogênio em solução, sendo de extrema importância nos fluidos orgânicos, precisando, por isso, ser rigorosamente controlado. Assim:

- uma elevação na concentração de  $\text{CO}_2$  no sangue pode produzir um aumento na concentração de  $\text{H}^+$ .
- há uma relação direta entre a concentração de  $\text{H}^+$  e o pH.
- acidose é uma condição clínica resultante de uma diminuição na concentração de  $\text{H}^+$ .
- a hiperventilação produz uma redução no pH, devido a uma diminuição na concentração de  $\text{CO}_2$ .

**2 PUC-Rio 2010** Os pulmões dos mamíferos não possuem capacidade de movimentos próprios. Assim, necessitam da movimentação de um músculo específico, denominado diafragma. Identifique o mecanismo através do qual ocorre a entrada e a saída de ar dos pulmões.

- (a) Quando o músculo cardíaco se contrai, o volume da caixa torácica aumenta, provocando a expulsão de ar dos pulmões.
- (b) Quando o diafragma se contrai, o volume da caixa torácica diminui, aumentando a pressão interna pulmonar e forçando a entrada do ar nos pulmões.
- (c) Quando o diafragma se contrai, o volume da caixa torácica aumenta, diminuindo a pressão interna pulmonar e forçando a entrada do ar nos pulmões.

- (d) Quando os músculos intercostais se contraem, o volume da caixa torácica aumenta, provocando a expulsão de ar dos pulmões.
- (e) Quando o músculo peitoral se distende, o volume da caixa torácica diminui, promovendo a entrada do ar nos pulmões.

**3 UFU 2010** Um mergulhador inexperiente, trabalhando no conserto de uma tubulação submarina, teve o suprimento de oxigênio interrompido. Após alguns minutos nessa situação, ele foi resgatado para a superfície e, quando isso ocorreu, ele passou a apresentar a frequência respiratória aumentada. Contudo, pouco tempo após o resgate, a frequência respiratória desse mergulhador voltou ao normal.

Com base na descrição acima, responda:

- a) Durante o período em que esse mergulhador ficou sem oxigênio, quais foram as alterações fisiológicas observadas no sangue e no sistema nervoso central responsáveis pelo aumento de sua frequência respiratória?
- b) Quais são os mecanismos neurofisiológicos envolvidos no processo de restabelecimento da frequência respiratória do mergulhador? Explique-os.



**4 Mackenzie** O ritmo respiratório, que depende da quantidade de determinado gás no sangue, é controlado pelo bulbo. Desta forma, considere as seguintes afirmações.

- I. No caso de esforço físico, há uma diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido no plasma, percebida pelo bulbo, o que provoca aumento do ritmo respiratório.
- II. Por estímulo do bulbo, ocorre contração do diafragma e consequente aumento do volume pulmonar, o que força a entrada de ar.
- III. O controle exercido pelo bulbo é inconsciente.

Então, apenas:

- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| (a) I está correta.         | (d) II e III estão corretas. |
| (b) II está correta.        | (e) I e II estão corretas.   |
| (c) I e III estão corretas. |                              |

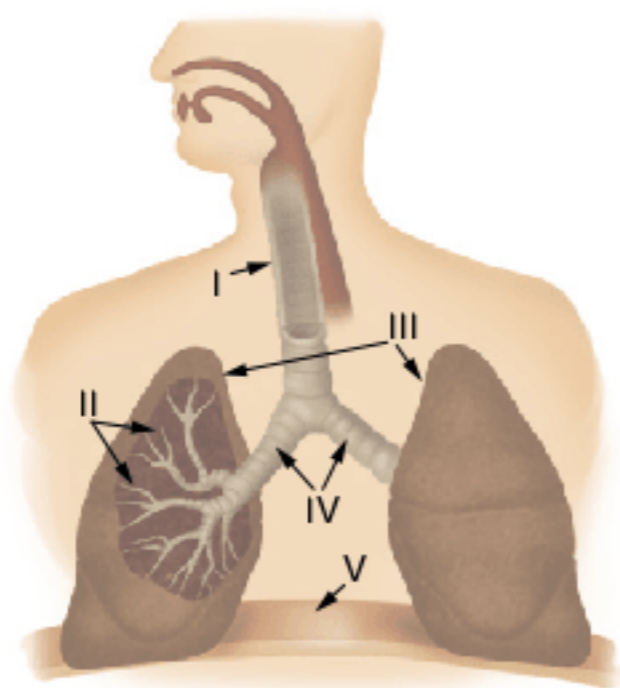
**5 PUC-MG** As trocas gasosas no pulmão humano, em condições normais, ocorrem:

- (a) nos alvéolos.
- (b) nos bronquíolos.
- (c) nos brônquios.
- (d) na traqueia.
- (e) na laringe.

**6** A sequência correta das estruturas do sistema respiratório é:

- (a) boca – fossas nasais – laringe – brônquios – traqueia – faringe.
- (b) fossas nasais – faringe – laringe – traqueia – brônquios – pulmões.
- (c) boca – faringe – pulmões – coração – traqueia – brônquios.
- (d) fossas nasais – faringe – laringe – pulmões – coração – traqueia.
- (e) boca – fossas nasais – pulmões – brônquios – faringe – traqueia.

**7 UFV 2002** Observe o esquema, representado a seguir, de parte do sistema respiratório humano e assinale a alternativa incorreta.



- (a) O ar chega aos pulmões pelo esôfago, indicado por I.
- (b) O diafragma, indicado por V, auxilia nos movimentos respiratórios.
- (c) Os pulmões e brônquios estão indicados por III e IV, respectivamente.
- (d) Embora não esteja indicada, a laringe se localiza acima da traqueia.
- (e) Os bronquíolos, indicados por II, conduzem ar aos alvéolos.

**8 UFPel 2005** Nos humanos, o processo de respiração é do tipo pulmonar e envolve o sistema circulatório, pois os gases são transportados, através dos vasos sanguíneos, dos pulmões para os tecidos e dos tecidos de volta para os pulmões.

Existem diferentes tipos de respiração para outros animais, como a aérea, a branquial e a cutânea. No entanto, independente do animal e do tipo de respiração, o oxigênio, ao chegar às células dos tecidos, participa de um processo chamado de respiração celular, ou seja, o processo de produção de energia para a célula (ATP).

Analisar as seguintes afirmativas.

- I. No processo de respiração, ocorre a difusão de  $\text{CO}_2$  dos tecidos para o sangue, e de  $\text{O}_2$  do sangue para os tecidos. O sangue, ao passar pelos pulmões, faz a troca gasosa: deixa o  $\text{CO}_2$  e recebe  $\text{O}_2$ . Em alguns animais, porém, o sistema circulatório não participa da condução dos gases nem das trocas gasosas.
- II. A respiração aérea é realizada por insetos; a branquial, pelos peixes; a cutânea, pelos anelídeos; e a pulmonar, pelos mamíferos.
- III. A respiração celular, nos eucariotos aeróbicos, se processa com a participação da mitocôndria. Nessa organela, ocorrem o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória, sendo que o oxigênio participa diretamente apenas da última etapa dessa cadeia.
- IV. No ser humano, o sistema respiratório é composto pelas vias respiratórias e pelos pulmões. Nesses órgãos, as trocas gasosas ocorrem nos alvéolos, que são estruturas formadas por células epiteliais.
- V. As hemácias são anucleadas e contêm, no seu interior, a hemoglobina. Essa proteína possui ferro, ao qual o oxigênio se liga para ser transportado pelo sangue. Já o dióxido de carbono, em sua maior parte, é transportado dissolvido no plasma sanguíneo, sob a forma de íons bicarbonato.

Está(ão) correta(s):

- (a) apenas II, III e V.
- (b) apenas I e IV.
- (c) apenas I, II e V.
- (d) apenas I, III e V.
- (e) todas as afirmativas.



## TEXTOS COMPLEMENTARES

### Pulmão eletrônico

Um pulmão eletrônico acaba de ser desenvolvido por cientistas da Universidade Harvard, nos Estados Unidos. O grupo criou um dispositivo que simula o funcionamento de um pulmão em um *microchip*.

Do tamanho de uma moeda, o equipamento atua como se fosse um pulmão humano e é feito de partes do órgão e de vasos sanguíneos. [...]

Por ser translúcido, o pulmão eletrônico oferece a oportunidade de estudar o funcionamento do órgão sem ter que invadir um organismo vivo. Por conta disso, tem, segundo os autores do estudo, potencial de se tornar uma ferramenta importante para testar efeitos de toxinas presentes no ambiente ou de avaliar a eficácia e segurança de novos medicamentos.

“A capacidade do pulmão no *chip* de estimar a absorção de nanopartículas presentes no ar ou de imitar a resposta inflamatória a patógenos demonstra que o conceito de órgãos em *chips* poderá substituir estudos com animais no futuro”, disse Donald Ingber, fundador do Instituto Wyss, em Harvard, e um dos autores da pesquisa.

Segundo Ingber, os microsistemas a partir de tecidos produzidos até o momento são limitados mecânica ou biologicamente. “Não conseguimos entender realmente como a biologia funciona, a menos que nos coloquemos no contexto físico de células, tecidos e órgãos vivos”, disse Ingber.

Na respiração humana, o ar entra nos pulmões, preenche os microscópicos alvéolos (localizados nas porções finais dos brônquios) e transfere oxigênio por meio de uma membrana fina e permeável de células até a corrente sanguínea.

É essa membrana – formada por camadas de células pulmonares, matriz extracelular permeável e capilares – que faz o

trabalho pesado do sistema respiratório. É também essa interface entre pulmão e sistema circulatório que reconhece invasores inalados, como bactérias ou toxinas, e ativa a resposta imunológica.

O pulmão eletrônico parte de uma nova abordagem na engenharia de tecidos ao inserir duas camadas de tecidos vivos – a fileira de alvéolos e os vasos sanguíneos em sua volta – em uma estrutura porosa e flexível.

O dispositivo consiste de uma membrana de silicone, porosa e flexível, coberta por células epiteliais de um lado e de células endoteliais do outro. Microcanais em torno da membrana permitem que o ar se desloque por ela. Ao aplicar um vácuo no dispositivo, a membrana se expande de modo semelhante ao que ocorre no tecido pulmonar real.

“Partimos do funcionamento da respiração humana, pela criação de um vácuo quando nosso pulmão se expande, que puxa o ar para os pulmões e faz com que as paredes dos sacos pulmonares se estiquem. O sistema de microengenharia que desenhamos usa os princípios básicos da natureza”, disse Dan Huh, outro autor do estudo.

Para determinar a eficiência do dispositivo, os pesquisadores testaram sua resposta ao inalar bactérias vivas (*E. coli*). Eles introduziram microrganismos no canal de ar do lado do pulmão no dispositivo e, ao mesmo tempo, aplicaram leucócitos pelo canal no lado dos vasos sanguíneos.

Como resultado, no dispositivo ocorreu uma resposta imunológica que fez com que os leucócitos se deslocassem pelo canal de ar e destruíssem as bactérias.

[...]

Agência FAPESP, 25 jun. 2010. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/12378>>.

### Malária no pulmão

As lesões respiratórias agudas estão entre os vários problemas de saúde causados pela malária. Esse comprometimento pulmonar atinge, com frequência, crianças de até 3 anos de idade e mulheres grávidas e pode gerar um quadro de insuficiência respiratória que leva à morte. Os mecanismos que desencadeiam essas lesões, no entanto, eram até agora desconhecidos.

Uma nova pesquisa desvendou um dos mecanismos fundamentais para o desenvolvimento da síndrome respiratória aguda associada à malária. [...]

De acordo com a autora principal do estudo, Sabrina Epiphânio – professora da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), em Diadema (SP) –, o tema começou a ser estudado durante seu pós-doutorado, realizado entre 2003 e 2008 no Instituto de Medicina Molecular da Universidade de Lisboa e no Instituto Gulbenkian de Ciência, ambos em Portugal, e foi finalizado no Departamento de Imunologia do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP).

De volta ao Brasil, Sabrina, que atualmente é professora do Departamento de Ciências Biológicas da Unifesp, retomou o trabalho que

deu origem ao artigo e à sua linha de pesquisa atual, que trata da identificação e caracterização da síndrome respiratória associada à malária em modelos animais. Para o projeto de pesquisa, conta com apoio do Programa Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes da Fapesp.

“Muitos relatos de casos envolvendo malária pulmonar têm sido descritos na região amazônica, além de em regiões africanas e asiáticas. Pela primeira vez, conseguimos desvendar um importante mecanismo envolvido na injúria respiratória aguda associada à doença”, disse à Agência Fapesp.

Alguns dos experimentos envolvidos no trabalho, de acordo com Sabrina, foram desenvolvidos em parceria com Claudio Marinho, professor do Departamento de Parasitologia do ICB-USP, que estuda – também com apoio do Programa Jovens Pesquisadores – os mecanismos imunopatológicos envolvidos na malária durante a gravidez.

“A síndrome respiratória não é muito frequente, mas quando ocorre, muitas vezes leva à morte. Além de acometer muitas crianças e mulheres grávidas, o problema também atinge amplamente os pacientes logo após o tratamento antimalárico. Ainda não sabemos por que isso ocorre”, explicou.



Segundo Sabrina, além de descobrir que um importante mediador inflamatório, conhecido como VEGF, está diretamente envolvido no desenvolvimento das lesões pulmonares, o trabalho propõe um novo modelo para futuros estudos das afecções respiratórias associadas à malária.

“Começamos trabalhando com outro enfoque, testando parasitas da malária em diferentes linhagens de camundongo. Mas observamos que determinada linhagem desenvolvia a síndrome respiratória aguda. Isso nos motivou a começar os estudos, já que não havia um modelo animal definido para isso. Desenvolvemos o modelo e começamos a montar um verdadeiro quebra-cabeça para descobrir os mecanismos que desencadeiam a síndrome”, disse Sabrina.

### Monóxido de carbono

O VEGF (sigla em inglês para fator de crescimento endotelial vascular) é uma molécula responsável pelo aumento da permeabilidade dos vasos sanguíneos. Os pesquisadores observaram que sua presença promovia o aumento da permeabilidade vascular no pulmão, gerando edemas e hemorragias característicos de uma injúria pulmonar aguda.

“Utilizamos várias técnicas para desvendar os mecanismos. Observamos, por exemplo, que havia aumento do VEGF no soro dos animais que desenvolviam a síndrome respiratória. Depois utilizamos

adenovírus que bloqueavam os receptores solúveis de VEGF e observamos que, com isso, o mediador inflamatório voltava aos níveis basais e o animal não desenvolvia o problema pulmonar”, explicou.

Os cientistas utilizaram também o monóxido de carbono – que é uma molécula anti-inflamatória – para tratar os animais, conseguindo uma reversão do processo de injúria respiratória aguda. “O monóxido de carbono tem uma potente ação anti-inflamatória, antiapoptótica e antiproliferativa. Com ele, revertemos o quadro clínico dos animais, que não chegaram a desenvolver a síndrome”, disse Sabrina.

Depois de desvendar o mecanismo crucial para o desenvolvimento da lesão respiratória associada à malária, os cientistas agora querem entender melhor a síndrome em relação a outros fatores inflamatórios. “O principal objetivo é avançar nos estudos com esse modelo que desenvolvemos e também gerar outros modelos, de forma a compreender cada passo do processo”, afirmou.

Segundo Sabrina, na década de 1970, havia sido proposto um modelo animal com outra linhagem de camundongos, mas sua eficiência foi criticada e sua aplicação não evoluiu. “Consideramos que conseguimos desenvolver o primeiro modelo realmente eficiente”, disse.

[...]

Fábio de Castro. Agência FAPESP, 4 maio 2010. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/12124>>.

## Relações entre cânceres

Conduzido por um consórcio que reuniu alguns dos principais institutos de pesquisa nos Estados Unidos, o estudo desvendou uma variedade de alterações genéticas em tumores e identificou 26 genes alterados frequentemente pelo adenocarcinoma do pulmão (a forma mais comum desse câncer), mais do que dobrando o número ligado à doença que até então se conhecia.

O trabalho incluiu múltiplas abordagens em larga escala, de modo a destacar as alterações moleculares importantes em tumores no pulmão, que também são encontradas com frequência em outros tipos de câncer, uma relação que poderá abrir importantes caminhos para novos tipos de tratamento.

“Nos últimos anos, tem havido um notável sucesso na identificação de terapias para alguns tipos de câncer do pulmão. O novo estudo ajuda a identificar novos alvos que podem se mostrar promissores para tratar grupos mais amplos de pacientes”, disse Matthew Meyerson, da Escola Médica Harvard e do Instituto do Câncer Dana-Farber, um dos autores principais da pesquisa.

O câncer de pulmão é o mais comum de todos os tumores malignos, responsável por cerca de 1 milhão de mortes por ano em todo o mundo. A taxa média de sobrevivência por cinco anos do adenocarcinoma do pulmão é de apenas 15%.

Segundo o Instituto Nacional de Câncer (Inca), 90% dos casos diagnosticados estão associados ao consumo de derivados de tabaco. No Brasil, o câncer de pulmão foi responsável por 14.715 óbitos em 2000, sendo o tipo de câncer que mais fez vítimas.

Como na maioria dos tumores, o adenocarcinoma do pulmão deriva de anormalidades acumuladas no DNA de células durante a vida de uma pessoa, causando crescimento celular descontrolado. Entretanto, a natureza e as localizações genômicas exatas de tais alterações – e como elas promovem o câncer – são desconhecidas.

### Terapias para vários tumores

Segundo o estudo, conduzido por dezenas de cientistas, embora o fumo seja inquestionavelmente a principal causa do câncer de pulmão, aproximadamente 10% dos casos ocorrem em pacientes que nunca fumaram.

Os pesquisadores caracterizaram os genomas dos tumores de cerca de 200 pacientes. O estudo, denominado Projeto de Sequenciamento de Tumores, envolveu as tarefas de decodificar e sequenciar o DNA de centenas de genes com ligações conhecidas com o câncer ou dos quais se suspeita que tenham relação.

Em seguida, foram escaneados os genomas de tumores para identificar pedaços do DNA que estivessem ausentes ou então presentes em cópias excessivas. O procedimento permitiu identificar genes ativos anormalmente ou “silenciados”.

As duas técnicas usadas, conhecidas respectivamente como análise do número de cópias de DNA e análise da expressão gênica, auxiliadas com novos sistemas computacionais, ajudaram o consórcio de instituições de pesquisa a produzir uma visão detalhada do cenário genômico do câncer do pulmão.

Como resultado, os cientistas identificaram mais de mil alterações genéticas, a maior parte das quais não havia sido descrita anteriormente. Enquanto algumas dessas mutações refletem genes ligados anteriormente ao adenocarcinoma pulmonar, um número expressivo representa novas descobertas.

Entre os exemplos, estão os genes NF1, ATM, RB1 e APC, que não haviam sido associados até então com o câncer no pulmão e que apresentaram mutações em uma parte expressiva dos tumores analisados. Os mesmos genes haviam sido implicados anteriormente com outros tipos de tumores, o que indica, segundo os pesquisadores, que possam ter papéis importantes em diversos tipos da doença.



Os pesquisadores também desvendaram laços genéticos para uma classe crítica de genes conhecida como tirosina quinase. As quinases atuam como chaves moleculares – quando ligadas, promovem o crescimento celular – e são consideradas importantes candidatas na busca por novas drogas contra o câncer.

Em tumores no pulmão, os cientistas identificaram mutações que se aglomeram em diversos grupos de genes ligados a tirosina quinases, entre os quais as famílias de genes receptores EGF, EPH, FGF, NTRK e VEGF.

Além de revelar anormalidades entre genes individuais, os cientistas verificaram conexões extraordinárias entre eles. Por meio

da integração de sequenciamento de DNA, da expressão genética e de dados de números de cópias de DNA, eles descobriram que as aberrações genéticas estão localizadas frequentemente em grupos de genes que funcionam conjuntamente, levando informações de uma parte da célula à outra.

“Um dos principais resultados de nosso estudo é que alguns dos genes e caminhos descobertos que sofrem mutações no câncer de pulmão também são defectivos em outros tipos de câncer. Isso nos dá esperança de que certas terapias poderão ser usadas em múltiplos tipos de tumores”, disse Meyerson.

Agência FAPESP, 23 out. 2008. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/9623>>.

## RESUMINDO

O sistema respiratório pulmonar é responsável pelas trocas gasosas entre o organismo e o ambiente. A **hematose** corresponde às trocas gasosas que acontecem no pulmão. Os componentes desse sistema são:

- **Cavidade nasal:** responsável pela **umidificação e o aquecimento do ar** por meio de seu revestimento com epitélio bastante vascularizado. Possui pelos para reter partículas.
- **Faringe:** tem três segmentos: **nasofaringe** (localizada próxima da cavidade nasal), **orofaringe** (próxima à cavidade bucal) e **laringofaringe** (próxima à laringe). Revestida de mucosa, nela estão presentes as tonsilas faringianas (**adenoides**) e palatinas (**amígdalas**), relacionadas com a defesa do organismo.
- **Laringe:** **revestida de cartilagem**, tem abertura denominada **glote**. Há a **epiglote** (válvula que fecha a laringe, isolando o sistema respiratório durante a deglutição) e a **úvula** (válvula que impede a entrada de ar proveniente da cavidade nasal durante a deglutição). Na laringe estão localizadas as **cordas vocais**.
- **Traqueia:** tem função de manter sempre aberta a passagem do ar, por isso, consiste de um **cilindro recoberto por anéis cartilagosos**. Possui epitélio de **células produtoras de muco** (responsável pela retenção de partículas) e **células ciliadas** (os cílios são responsáveis por expelir o muco).
- **Brônquios:** bifurcação da traqueia visando dar acesso aos pulmões. Têm parede com musculatura lisa (de contração involuntária) e revestimento com cílios e tecido produtor de muco.
- **Bronquíolos:** são ramificações dos brônquios e têm as mesmas características de revestimento deles.
- **Alvéolos pulmonares:** pequenas bolsas localizadas nas extremidades dos bronquíolos, nas quais ocorrem as trocas de gases com os capilares sanguíneos.
- **Pulmões:** órgãos esponjosos e divididos em **lobos** (pulmão direito: três lobos; esquerdo: dois lobos). São responsáveis pelo conjunto de trocas gasosas de um indivíduo e são protegidos pela **pleura** e caixa torácica.
- **Mecânica dos movimentos respiratórios:** movimentos realizados por músculos (**diafragma** e **intercostais**) que alteram o volume da caixa torácica:
  - **Inspiração:** entrada de ar decorrente do aumento de volume e da diminuição da pressão interna dos pulmões.
  - **Expiração:** saída de ar decorrente da diminuição de volume e da elevação da pressão interna.
- **Controle dos movimentos respiratórios:** movimentos voluntários (mas automáticos) controlados pelo **centro respiratório** (no **bulbo**, componente do **encéfalo**), que é sensível ao **pH do sangue**, alterado pela concentração de gás carbônico:
  - Elevação da **concentração de CO<sub>2</sub>** resulta em diminuição do pH (aumento de íons H<sup>+</sup>) e aumento do ritmo respiratório.
  - Diminuição da concentração de CO<sub>2</sub> resulta em aumento de pH (redução de íons H<sup>+</sup>) e diminuição dos movimentos respiratórios.
  - Receptores na parede das carótidas e aorta: enviam informações sobre a concentração de O<sub>2</sub> ao centro respiratório, provocando aumento (quando há redução da concentração de O<sub>2</sub>) ou diminuição (quando há elevação de O<sub>2</sub>) da ventilação pulmonar.

## ■ QUER SABER MAIS?



SITE

- Vídeo sobre o sistema respiratório e os caminhos por onde o oxigênio passa até chegar às células. <[www.youtube.com/watch?v=sQU4LVJr7TI](http://www.youtube.com/watch?v=sQU4LVJr7TI)>.



## Exercícios complementares

**1** Cite a sequência correta e ordenada das estruturas do aparelho respiratório humano por onde passa o ar inspirado.

**2** A epiglote e as cordas vocais são importantes estruturas do aparelho respiratório. Responda:

- Onde se localizam?
- Qual a função de cada uma?

**3** Leia atentamente o texto a seguir.

*Respirar é uma ação automática. Nós respiramos enquanto estamos acordados ou dormindo sem que, para isso, tenhamos que fazer qualquer esforço consciente. Podemos variar o ritmo da respiração, como em geral acontece quando paramos para pensar sobre isso, e podemos conscientemente respirar mais profundamente.*

*O que não podemos fazer é parar de respirar por mais de um minuto. Se a respiração é contida por muito tempo, nosso cérebro assume o controle, enviando automaticamente impulsos nervosos ao diafragma e aos músculos intercostais, instruindo-os a se contraírem.*

*O ritmo e a profundidade da respiração também são controlados quimicamente. Durante o esforço, os músculos aumentam a produção de gás carbônico, que começa a se acumular no sangue. O centro respiratório do bulbo detecta esse aumento e acelera o ritmo e a profundidade dos movimentos respiratórios de maneira a eliminar o excesso indesejável de gás carbônico através dos pulmões.*

Responda:

- Por que respiramos diferentemente quando estamos dormindo e quando corremos?
- Qual o principal mecanismo que nosso corpo usa para informar a necessidade de mudar o ritmo respiratório?

**4** A faringe é um órgão comum a dois sistemas orgânicos. Quais são esses sistemas?

**5** Assinale a alternativa que indica o comportamento da caixa torácica, dos músculos intercostais e do diafragma durante a expiração humana.

- A caixa torácica aumenta de volume, os músculos intercostais contraem-se e o diafragma abaixa.
- A caixa torácica aumenta de volume, os músculos intercostais contraem-se e o diafragma levanta.
- A caixa torácica diminui de volume, os músculos intercostais contraem-se e o diafragma levanta.
- A caixa torácica diminui de volume, os músculos intercostais relaxam-se e o diafragma levanta.
- A caixa torácica diminui de volume, os músculos intercostais relaxam-se e o diafragma abaixa.

**6** **Puccamp** Considere a seguinte frase sobre respiração.

*O ar entra nos pulmões quando ocorre ... (I)... do diafragma, ... (II)... dos músculos intercostais e conseqüente ... (III)... da pressão ... (IV)...*

Para completá-la corretamente, I, II, III e IV devem ser substituídos, respectivamente, por:

- contração – contração – aumento – interna
- contração – contração – diminuição – interna
- contração – relaxamento – aumento – externa
- relaxamento – contração – diminuição – externa
- relaxamento – relaxamento – aumento – interna

**7** **PUC-Rio** A respiração é a troca de gases do organismo com o ambiente. Nela o ar entra e sai dos pulmões graças à contração do diafragma. Considere as seguintes etapas do processo respiratório no homem:

- Durante a inspiração, o diafragma se contrai e desce aumentando o volume da caixa torácica.
- Quando a pressão interna na caixa torácica diminui e se torna menor que a pressão do ar atmosférico, o ar penetra nos pulmões.
- Durante a expiração, o volume torácico aumenta, e a pressão interna se torna menor que a pressão do ar atmosférico.
- Quando o diafragma relaxa, ele reduz o volume torácico e empurra o ar usado para fora dos pulmões.

Assinale as opções corretas.

- I e II.
- II, III e IV.
- I, II e III.
- I, II e IV.
- Todas.

**8** **UFRN** Todos nós possuímos uma combinação fantástica de células que, para sobreviverem, necessitam respirar. Considerando que a função respiratória é desempenhada, em diferentes níveis, pelos pulmões e por todas as células:

- estabeleça uma comparação entre o processo de respiração pulmonar e o de respiração celular.
- esclareça como a respiração pulmonar e a celular se relacionam entre si e como cada uma delas, por sua vez, se relaciona com o sistema respiratório.

**9** **PUC-PR** Nos seres humanos, a oxigenação do sangue ocorre, com maior intensidade, ao nível dos alvéolos pulmonares, no interior dos pulmões.

Os movimentos respiratórios que facilitam a entrada do ar nos pulmões e, conseqüentemente, a sua saída, ocorrem pela ação:

- da traqueia e dos brônquios.
- do diafragma e da pleura.
- do mediastino e dos músculos peitorais.
- dos músculos intercostais e do diafragma.
- da faringe e da laringe.



# Sistema circulatório

# 11

FRENTE 3

474346SEAN/123RF.COM



As doenças cardiovasculares causam grande número de óbitos no Brasil. O conhecimento dos fundamentos do sistema circulatório é um passo para a prevenção de diversas enfermidades.



## Funções e componentes do sistema circulatório

No estudo comparativo dos grupos zoológicos, vimos que muitos animais apresentam o transporte de substâncias pelo corpo, efetuado mesmo na ausência de um sistema circulatório. É o caso de poríferos, cnidários, platelmintos e nematelmintos. Já anelídeos, moluscos, artrópodes e cordados têm um sistema circulatório específico para essa função.

Nos **vertebrados**, o sistema circulatório (ou cardiovascular) é constituído por **sangue**, **coração**, **vasos sanguíneos** e **vasos linfáticos**. A principal função do sistema circulatório nesse grupo é o **transporte de materiais** (como nutrientes, gases, excretas e hormônios) para inúmeras partes do corpo. O sistema circulatório também participa da **defesa do organismo**, uma vez que o **sangue** apresenta anticorpos (proteínas de defesa) e células capazes de combater agentes invasores por meio da fagocitose.

### Sangue

O **sangue** apresenta uma parte líquida – o **plasma** – na qual estão imersas células sanguíneas (**glóbulos vermelhos** e **glóbulos brancos**) e fragmentos de células da medula óssea (as **plaquetas**).

O plasma tem coloração amarela e sua função é possibilitar o transporte de células e outros elementos presentes no sangue. Os glóbulos vermelhos são células anucleadas chamadas **hemácias** ou **eritrócitos**. Elas são responsáveis por auxiliar na respiração celular, transportando pelo organismo os gases envolvidos nesse processo (gás carbônico e oxigênio).

Os glóbulos brancos (também chamados de **leucócitos**), outro tipo de célula do sangue, fazem parte do mecanismo de defesa do organismo contra agentes externos. Já as plaquetas são, na realidade, fragmentos de células da medula óssea e participam da coagulação do sangue em situações como rompimentos de veias e capilares.

### Coração

O **coração**, importante constituinte do sistema circulatório, é responsável pela circulação do sangue, bombeando-o. É um órgão dotado de parede muscular, o **miocárdio** – músculo estriado cardíaco – com cavidades em seu interior por onde o sangue passa.

Durante a movimentação do sangue no corpo, ele entra no coração por uma cavidade e sai por outra, sendo a cavidade que recebe sangue (proveniente de veias) o **átrio**, e a cavidade que envia sangue (para as artérias) o **ventrículo**. A contração da parede do coração eleva a **pressão sanguínea** e impulsiona o sangue do átrio para o ventrículo e deste para as artérias.

A parede muscular do ventrículo é mais espessa do que a do átrio, e sua contração deve ser suficientemente forte para impulsionar o sangue, que chega a tecidos distantes do coração.

No que diz respeito à estrutura desse órgão, sua parede interna é revestida por um epitélio conhecido como **endocárdio**. Já o **pericárdio** é uma bolsa membranosa que envolve o coração, cuja cavidade é um remanescente do celoma embrionário.

### Vasos sanguíneos

Os vasos que levam sangue dos tecidos ao coração são as **veias**; as **artérias** levam sangue do coração aos tecidos. Entre artérias e

veias há uma **rede de capilares**, vasos de diâmetro muito reduzido, com parede bastante delgada, que possibilitam a troca de materiais entre o sangue e o fluido intersticial que banha os tecidos.

### Artérias

As **artérias** ramificam-se em artérias de menor diâmetro; estas são ligadas a vasos ainda mais delgados, as **arteríolas**. Em contato com os tecidos, as arteríolas ramificam-se em uma rede de capilares. No caminho de volta, os capilares reúnem-se e seu sangue prossegue no interior de **vênulas**; estas desembocam em **veias** de calibre cada vez maior e o sangue retorna ao coração (Fig. 1).

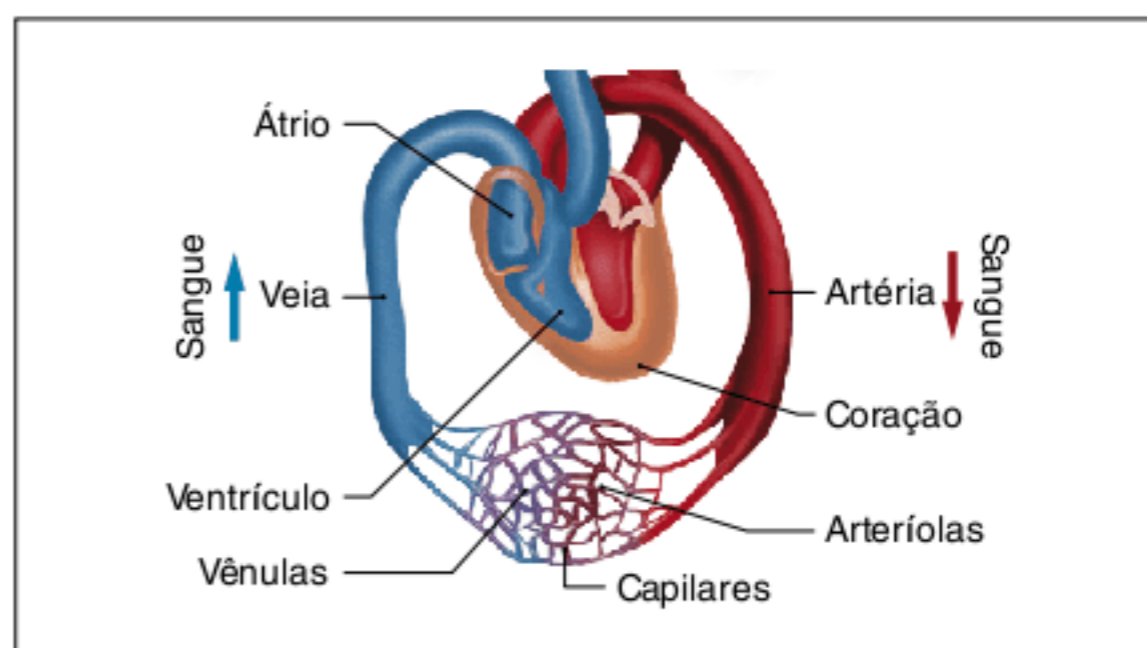


Fig. 1 Componentes do sistema circulatório.

A parede de uma **artéria** tem o revestimento interno constituído por células achatadas, o **endotélio**; o restante do vaso tem grande quantidade de **fibras musculares lisas** (de contração involuntária), **fibras elásticas** e **fibras de colágeno**. Com essa constituição, a parede arterial apresenta grande elasticidade, sendo capaz de sofrer dilatação (quando o ventrículo se contrai e envia sangue a elas com elevada pressão) e contração (quando o ventrículo relaxa). Nessa última situação, a parede arterial se contrai e expulsa o sangue do seu interior, contribuindo para impulsioná-lo adiante.

Pode-se constatar, então, que a contração do coração provoca a dilatação de artérias, enquanto o relaxamento dele gera diminuição do calibre delas. Assim, o número de pulsações das artérias corresponde ao número de batimentos cardíacos.

### Veias

A parede das veias é mais delgada do que a parede arterial; nela, há **endotélio** e menor quantidade de **fibras musculares** e **elásticas**. Quando o sangue chega às veias, apresenta pressão menor do que tinha ao deixar o coração. O retorno do sangue, efetuado das veias para o coração, depende de alguns fatores, como a contração de músculos esqueléticos, e não somente da musculatura lisa das próprias veias. A contração da musculatura do corpo (como a das pernas, por exemplo) pressiona as veias, diminuindo o seu volume e elevando a sua pressão interna, assim facilitando o retorno do sangue venoso (com maior concentração de  $\text{CO}_2$ ) ao coração. As veias apresentam também válvulas que impedem o retorno do sangue. No entanto, algumas situações podem favorecer a dilatação das veias e o não funcionamento das válvulas, como a permanência em pé por tempo prolongado, a falta de atividade física, a gravidez e mesmo uma predisposição genética. Tais alterações são conhecidas como varizes (Fig. 2).



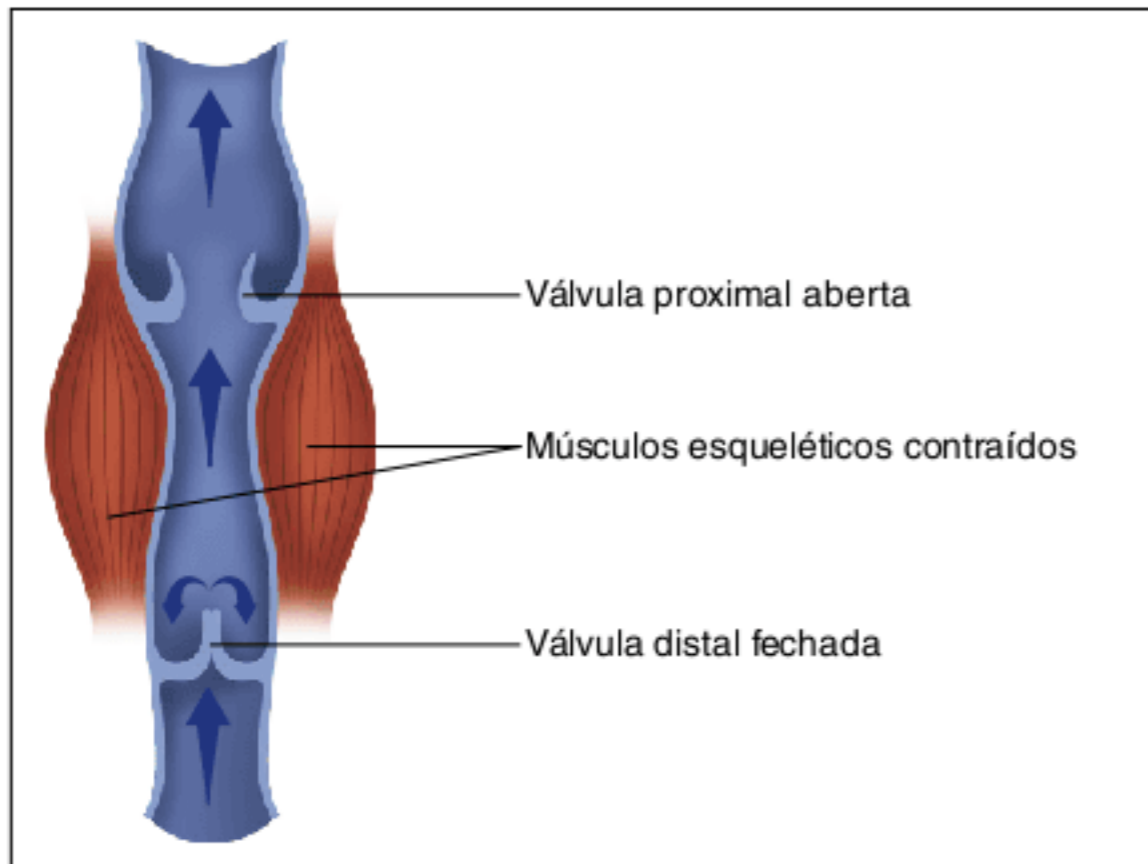


Fig. 2 As válvulas presentes em veias impedem o retorno do sangue dentro do vaso.

### Capilares

A parede dos capilares é constituída apenas pelo **endotélio**, o que facilita a **troca de materiais entre o sangue e o fluido intersticial** (Fig. 3).

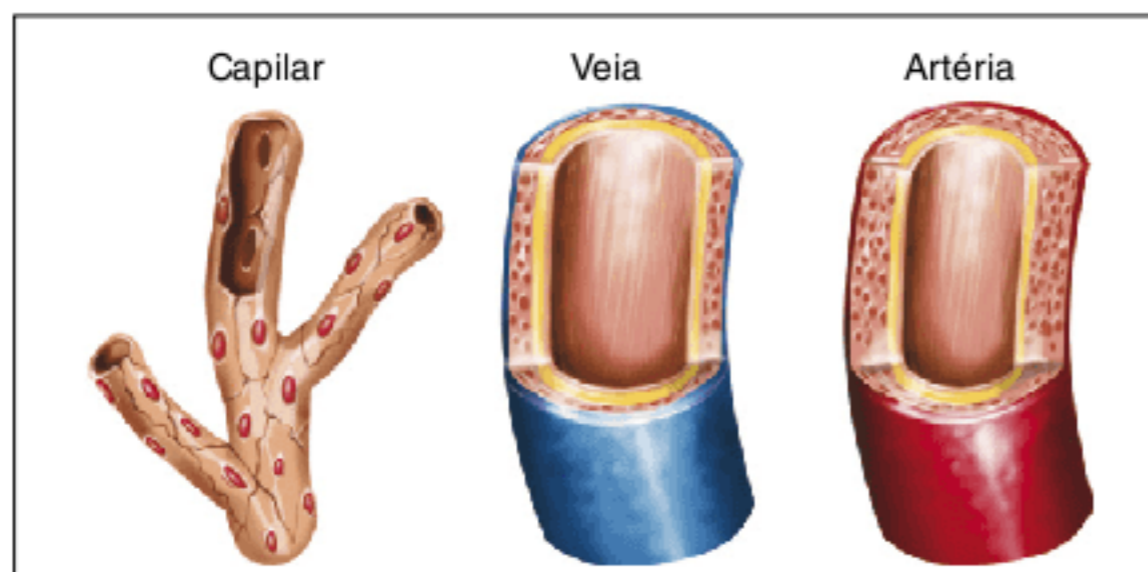


Fig. 3 Capilares só apresentam endotélio. Em relação às veias, as artérias têm parede mais espessa, mais fibras musculares, mais fibras elásticas e maior elasticidade.

### Controle de temperatura por meio da circulação

O sistema circulatório também contribui para o controle térmico do organismo por meio da variação do diâmetro de arteríolas mais próximas da superfície corporal. Quando a temperatura do ambiente está baixa, as arteríolas sofrem constrição, e o sangue passa a circular em menor quantidade junto à periferia do corpo, reduzindo a dissipação de calor. O sangue passa a circular em um volume total reduzido e a tendência é ocorrer elevação da pressão arterial.

Na situação contrária, no caso de a temperatura do meio elevar-se, as arteríolas periféricas sofrem dilatação e, assim, chega mais sangue à superfície do corpo, favorecendo a dissipação de calor. Nessa condição, o sangue espalha-se por um volume maior, o que normalmente provoca queda na pressão arterial. Por essa razão, muitas pessoas passam mal quando expostas a temperaturas muito elevadas.

### O sistema circulatório dos vertebrados

A circulação sanguínea dos vertebrados apresenta um aumento gradual na complexidade dos seus sistemas, de acordo com o grupo abordado (Fig. 4). No geral, há dois tipos de

sangue: venoso e arterial. **Sangue arterial é rico em gás oxigênio** e pobre em gás carbônico e é proveniente de estruturas respiratórias, como pulmões e brânquias. **Sangue venoso é rico em gás carbônico** e pobre em gás oxigênio; provém de outros tecidos, nos quais a respiração celular libera gás carbônico para a circulação. Não se pode definir, portanto, sangue arterial como aquele que é transportado por artérias nem sangue venoso como sendo o que está no interior de veias.

### Peixes

O coração dos peixes tem **duas cavidades**: um **átrio** e um **ventrículo**, por onde passa apenas **sangue venoso**. O átrio recebe sangue venoso procedente dos diversos tecidos do organismo. Do átrio, o sangue passa ao ventrículo, que se contrai e impele o sangue para um cone arterial, do qual saem artérias que se dirigem às **brânquias**. Nos **capilares branquiais**, ocorre a **hematose**, e o sangue venoso é convertido em sangue arterial, sendo diretamente distribuído para os tecidos do corpo.

Completando o ciclo, o sangue proveniente dos tecidos retorna ao coração. Portanto, os peixes apresentam o que se chama de **circulação simples**, com o sangue passando apenas uma vez pelo coração para dar uma volta completa pelo corpo, e **circulação completa**, isto é, não ocorre mistura de sangue venoso com sangue arterial.

Para facilitar a compreensão da circulação de outros vertebrados, é necessário definir outros termos.

- **Circulação incompleta** é a que apresenta mistura de sangue venoso com sangue arterial dentro da cavidade do coração;
- **Circulação dupla** é aquela em que o sangue passa duas vezes pelo coração para completar uma volta pelo organismo. Uma regra prática para determinar o tipo de circulação é considerar o **número de átrios**: a presença de um único átrio é indicativa de circulação simples; dois átrios indicam circulação dupla.

### Anfíbios

O coração dos anfíbios apresenta **dois átrios** (esquerdo e direito) e **um único ventrículo**. Um anfíbio adulto típico tem dois tipos principais de estruturas respiratórias: pulmões e pele. Neles, é originado o sangue arterial; nos demais tecidos do organismo, origina-se o sangue venoso.

O sangue venoso é transportado ao **átrio direito**, enquanto o sangue arterial é conduzido ao **átrio esquerdo**; esses dois tipos de sangue são misturados no ventrículo. Do ventrículo sai esse sangue (com a mistura venoso/arterial), que é enviado para as estruturas respiratórias e para os demais tecidos. A concentração de gás oxigênio é mais elevada nos vasos que se dirigem para os tecidos não relacionados com as trocas gasosas. Assim, a circulação dos anfíbios é **dupla e incompleta**.

### Répteis

Na **maioria dos répteis**, o coração apresenta **dois átrios** (direito e esquerdo) e **um ventrículo parcialmente dividido**. No ventrículo, há um esboço de separação que não se completa; trata-se da estrutura conhecida como **septo de Sabatier**. As estruturas respiratórias dos répteis são seus pulmões, dos quais parte o sangue arterial; o sangue venoso é procedente dos demais tecidos.



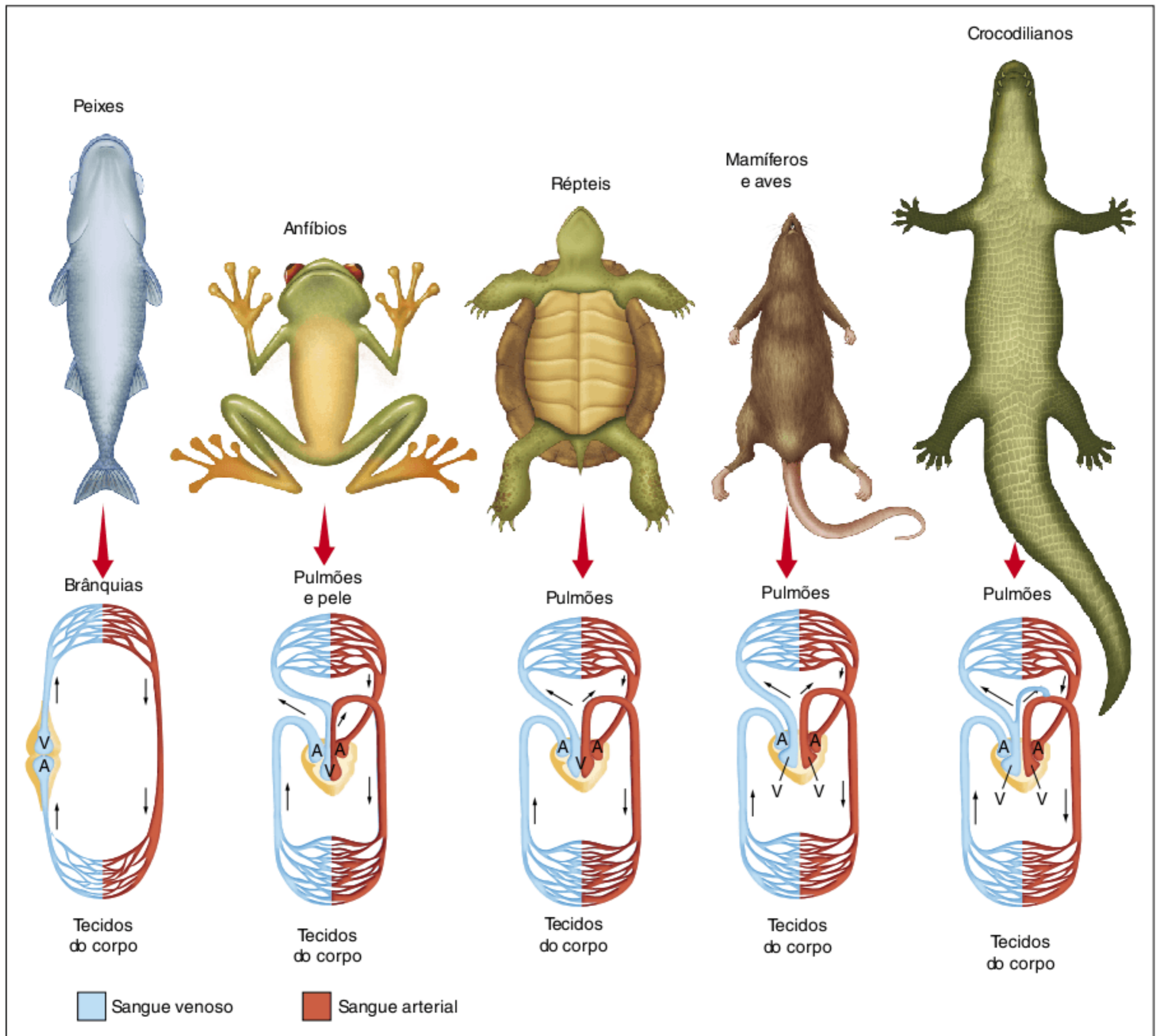


Fig. 4 Esquema do sistema circulatório de grupos de vertebrados.

O sangue venoso ingressa no átrio direito, e o sangue arterial ingressa no átrio esquerdo; esses dois tipos de sangue são misturados no ventrículo (que é parcialmente dividido). Do ventrículo sai sangue (com a mistura venoso/arterial), que é enviado para as estruturas respiratórias e para os demais tecidos. Isso caracteriza uma circulação **dupla e incompleta**.

Os **crocodilianos** têm coração mais complexo do que os demais répteis; possui quatro cavidades: **dois átrios** e **dois ventrículos**. O átrio direito recebe sangue venoso, que é enviado ao ventrículo direito; deste, o sangue é impulsionado, através de uma artéria, até os pulmões. Após a oxigenação nos pulmões, o sangue segue novamente em direção ao coração, entrando como sangue arterial pelo átrio esquerdo e seguindo ao ventrículo esquerdo, impulsionado por uma **artéria aorta** para os tecidos do corpo. No coração dos crocodilianos, há outra artéria aorta,

oriunda do ventrículo direito, que transporta sangue venoso. Logo na saída do coração, as duas aortas se comunicam, acontecendo a mistura de sangue venoso com arterial. Essa comunicação acontece por meio de um orifício (o **forame de Panizza**). Já na região posterior do corpo, as duas artérias unem-se e é formada a aorta dorsal, contendo sangue com uma maior mistura (venoso/arterial).

### Aves e mamíferos

O coração de **aves** e o de **mamíferos** têm quatro cavidades: **dois átrios** e **dois ventrículos**. Durante a circulação sanguínea, o **átrio direito** recebe sangue venoso, transferido posteriormente para o **ventrículo direito**; desta câmara, o sangue é levado para os **pulmões**, onde se dá a **hematose**. O sangue arterial procedente dos pulmões é conduzido ao **átrio esquerdo**, de onde passa ao **ventrículo esquerdo**; deste



ventrículo, o sangue arterial é levado para os tecidos através da **artéria aorta**. Nas aves, a aorta curva-se para a direita; e nos mamíferos, para a esquerda. A curvatura da aorta é conhecida como **croça da aorta**.

A circulação de aves e mamíferos é **dupla e completa**. Nesse tipo de circulação, o sangue oxigenado retorna ao coração e é distribuído para os tecidos sob elevada pressão. Essa circulação garante eficiente oxigenação dos tecidos, permitindo que a respiração celular sempre ocorra em taxas elevadas e que haja, assim, a liberação de energia na forma de calor. Portanto, esse tipo de circulação está intimamente associado à **homeotermia** (capacidade de manutenção da temperatura do corpo, também chamada **endotermia**), exclusiva de aves e de mamíferos.

## A circulação humana

O coração humano apresenta o modelo básico descrito para aves e mamíferos. A seguir serão mostrados mais detalhes (Fig. 5). O ventrículo é mais espesso que o átrio, sendo que o esquerdo tem musculatura mais desenvolvida que o direito. Entre o átrio e o ventrículo há **válvulas** que impedem o refluxo de sangue: no lado esquerdo encontra-se a **mitral** ou **bicúspide** (com duas divisões), enquanto no direito há a **tricúspide** (com três divisões). As válvulas atrioventriculares estão associadas a cordões de colágenos, presos à parede interna de cada ventrículo, evitando o refluxo sanguíneo para o átrio. O fechamento dessas válvulas é o que gera o ruído típico percebido nos batimentos cardíacos.

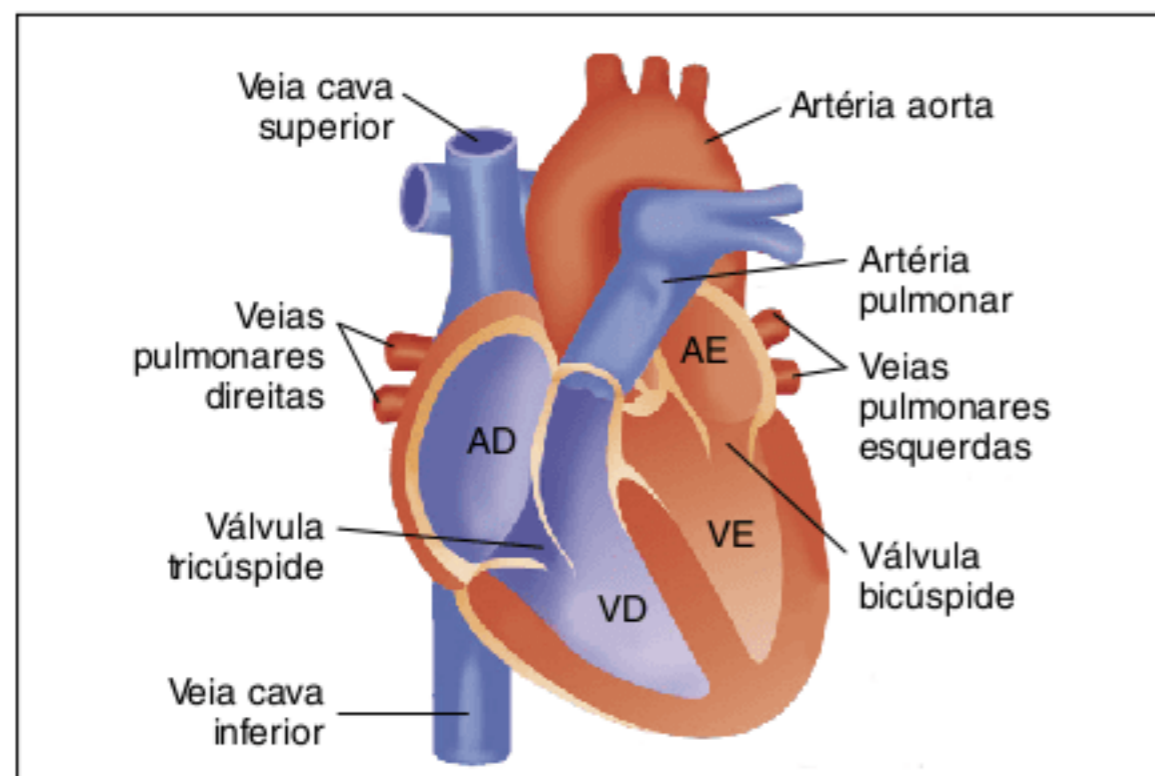


Fig. 5 Estrutura mais detalhada do coração humano. Nele, há as válvulas mitral (bicúspide), entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo; e a tricúspide, entre o átrio direito e o ventrículo direito.

A contração das câmaras do coração é denominada **sístole**, e a dilatação é a **diástole**. Batimentos cardíacos lentos correspondem à **bradicardia**, enquanto batimentos cardíacos rápidos correspondem à **taquicardia**.

A circulação sanguínea nos humanos acontece em dois ciclos distintos: **pequena circulação** e **grande circulação**. Na pequena circulação, o sangue sai do coração, vai aos pulmões e retorna ao coração. Ela se dá da seguinte forma:

- o **átrio direito** recebe **sangue venoso** procedente dos tecidos através da **veia cava superior** e da **veia cava inferior**.

O sangue passa pela **válvula tricúspide** para o **ventrículo direito**; com a contração desse ventrículo, o sangue é impulsionado para as **artérias pulmonares**, que conduzem o sangue aos pulmões, onde ocorre a hematose. O sangue arterial então retorna ao coração, levado ao **átrio esquerdo** por quatro **veias pulmonares**.

A grande circulação envolve a saída do sangue do coração, seu percurso pelo resto do corpo e o retorno ao coração:

- após a entrada do sangue arterial (vindo do pulmão) pelas veias pulmonares no átrio esquerdo, ele passa para o **ventrículo esquerdo**, através da **válvula bicúspide**. Com a contração do ventrículo esquerdo, o sangue é enviado para a **artéria aorta**, que se ramifica em outras artérias, levando sangue aos diversos tecidos, inclusive ao próprio coração. **Carótidas** são as artérias que levam sangue à cabeça, e as **jugulares** são as veias que trazem sangue venoso da cabeça ao coração.

Na saída das artérias pulmonares e da artéria aorta, também há **válvulas** que impedem o refluxo de sangue para os ventrículos (Fig. 6).

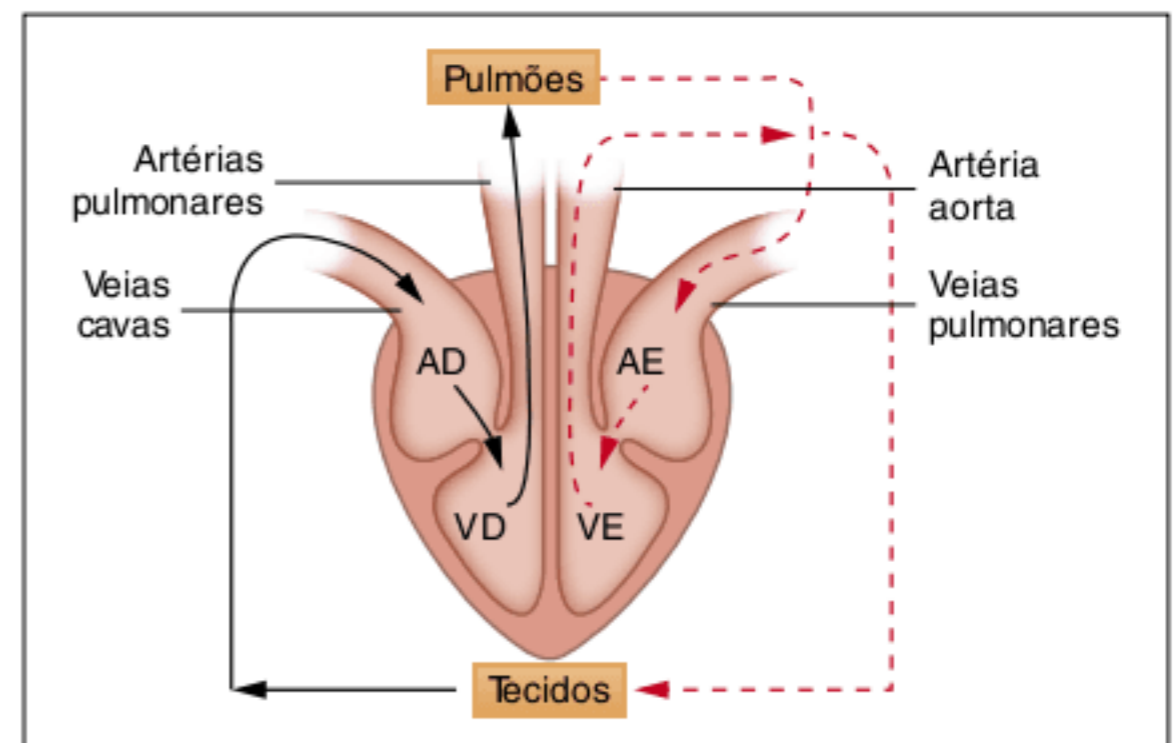


Fig. 6 Os principais vasos e câmaras do coração envolvidos na circulação humana. (AD = átrio direito, VD = ventrículo direito, AE = átrio esquerdo, VE = ventrículo esquerdo).

## O controle dos batimentos cardíacos

Nos humanos, o controle dos batimentos cardíacos pode ser influenciado pelo sistema nervoso central, mas a geração de estímulos é proveniente do próprio coração. Os batimentos seguem o ritmo de impulsos nervosos gerados em duas áreas distintas do coração: o **nódulo sinoatrial** e o **nódulo atrioventricular**.

O **nódulo sinoatrial** está localizado na parede do átrio direito. Consiste em uma estrutura especializada, da qual partem ramificações que se estendem para a musculatura cardíaca dos átrios, gerando impulsos nervosos e determinando a contração de ambos.

Algumas das ramificações do nódulo sinoatrial atingem outro ponto do coração, conhecido como **nódulo atrioventricular**. Ele também é localizado no átrio direito, mas dele partem ramificações (chamadas **feixe de His**) que percorrem a parede entre os dois ventrículos, penetrando nos ventrículos direito e esquerdo, desencadeando a contração dessas estruturas (Fig. 7).



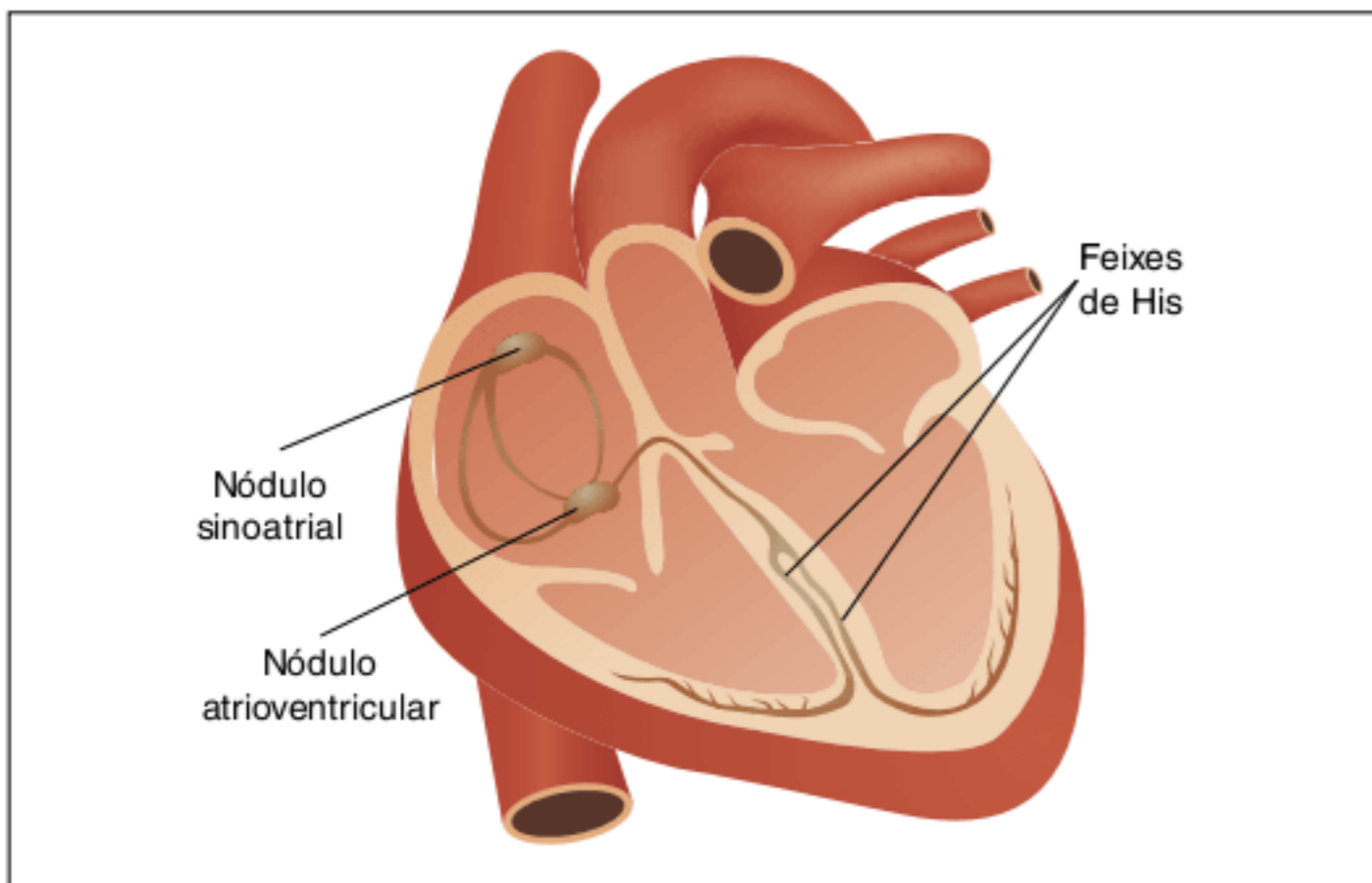


Fig. 7 O “marca-passo” (nódulo sinoatrial) e as estruturas associadas estão relacionados com a geração dos estímulos que provocam os batimentos cardíacos.

O nódulo sinoatrial também é conhecido como marca-passo, pelo fato de desencadear os batimentos cardíacos. Ao marca-passo estão associados dois nervos do sistema nervoso autônomo, um do **parassimpático** (que produz **bradicardia**) e outro do **simpático** (que produz **taquicardia**). Assim, dependendo da situação em que o organismo se encontra, há a necessidade de aceleração ou diminuição no ritmo dos batimentos e, apesar de o coração ter sistemas próprios de controle de contração, seu ritmo pode ser alterado por estímulos nervosos provenientes do sistema nervoso autônomo.

## Revisando

1 Do que é constituído, nos vertebrados, o sistema circulatório?

---

---

---

---

---

---

---

---

2 Qual é a principal função, nos vertebrados, do sistema circulatório?

---

---

---

---

---

---

---

---

3 Que nome se dá à parte líquida do sangue?

---

---

---

---

---

---

---

---

4 Explique a importância do coração.

---

---

---

---

---

---

---

---



**5** No coração, qual é o nome dado à cavidade que recebe o sangue?

---



---



---



---

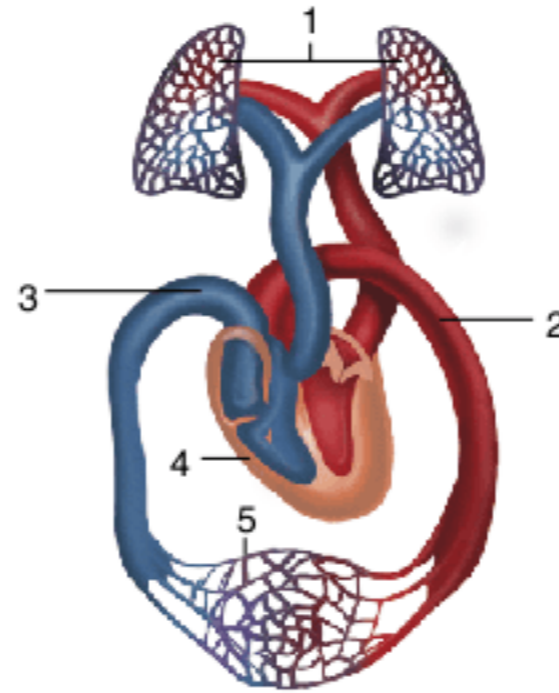


---

**6** Julgue os itens a seguir sobre a estrutura do coração e os vasos sanguíneos.

- As veias são os vasos sanguíneos que levam sangue dos tecidos ao coração.
- O coração é dotado de uma parede celular denominada miocárdio – músculo estriado cardíaco com cavidades em seu interior por onde passa o sangue.
- A parede interna do coração é revestida por um epitélio conhecido como pericárdio.
- O ventrículo é uma bolsa membranosa que envolve o coração.
- As artérias levam sangue do coração aos tecidos.
- Entre artérias e veias há uma rede de capilares, vasos de diâmetro muito reduzido, com parede bastante delgada, possibilitando a troca de materiais entre o sangue e o fluido intersticial que banha os tecidos.

**7** Indique adequadamente os componentes do sistema circulatório.



1. 

---

---

2. 

---

---

3. 

---

---

4. 

---

---

5. 

---

---

**8** Diferencie sangue arterial de sangue venoso.

---



---



---



---



---



---



---



---



**9** Explique detalhadamente o coração e a circulação sanguínea dos peixes.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**10** Explique detalhadamente o coração e a circulação sanguínea dos crocodilianos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**11** A circulação de aves e de mamíferos é dupla e completa. Explique esse tipo de circulação.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**12** Explique detalhadamente a estrutura do coração humano.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**13** O que são carótidas? E jugulares?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Exercícios propostos

**1 Faap** Em relação ao sistema circulatório dos mamíferos, podemos afirmar que:

- (a) as hemácias são circulares, anucleadas e o coração é formado por quatro cavidades.
- (b) as hemácias são ovais, nucleadas e o coração é formado por quatro cavidades.
- (c) as hemácias são ovais, anucleadas e o coração é formado por três cavidades.
- (d) as hemácias são circulares, nucleadas e o coração é formado por quatro cavidades.
- (e) as hemácias são circulares, anucleadas e o coração é formado por três cavidades.

**2 Mackenzie** Considerando-se os sistemas circulatórios de um caramujo, de um sapo e de um cachorro, é incorreto afirmar que:

- (a) o coração do sapo apresenta três cavidades e o do cachorro possui quatro.
- (b) em todos eles é possível encontrar um coração impulsionando o sangue pelo corpo.
- (c) as lacunas são espaços observados no sistema circulatório do caramujo, mas inexistente no sapo e no cachorro.
- (d) o caramujo e o sapo apresentam circulação dupla incompleta e o cachorro tem circulação dupla completa.
- (e) em todos eles o sistema circulatório está associado ao transporte, tanto de alimentos como de gases respiratórios.

**3 Unioeste** Relativo ao sistema circulatório nos vertebrados, é correto afirmar que:

- 01 no coração dos peixes, só passa sangue arterial.
- 02 nos anfíbios, a circulação é simples e completa.
- 04 nos répteis em geral, o coração apresenta 4 cavidades, sendo 2 átrios e 2 ventrículos.
- 08 nas aves e nos mamíferos, a circulação é dupla e completa.
- 16 a artéria aorta é dirigida para a esquerda nas aves e para a direita nos mamíferos.
- 32 nos mamíferos, o sangue venoso, proveniente do corpo, chega ao átrio esquerdo pela veia safena.
- 64 nas aves, o sangue que chega ao átrio esquerdo é rico em  $\text{CO}_2$ , enquanto o sangue que chega ao átrio direito é rico em  $\text{O}_2$ .

Soma =

**4 Fuvest** Algumas crianças nascem com um defeito no coração denominado comunicação interventricular, ou seja, uma comunicação entre os dois ventrículos.

- a) Faça um esquema do coração humano, indicando suas câmaras e como normalmente elas se comunicam. Represente nele a comunicação interventricular.
- b) Que consequência imediata o defeito traz para a circulação sanguínea da criança?

- c) Qual grupo de vertebrados tem a estrutura normal do coração semelhante à de um coração humano com a comunicação interventricular?

**5 UFPE** Nos mamíferos, a circulação do sangue é fechada, dupla e completa. Isso significa que:

- 1) o sangue sempre flui no interior dos vasos;
- 2) numa volta completa, o sangue passa duas vezes no coração;
- 3) em algum ponto do sistema circulatório, há mistura de sangue arterial e venoso;
- 4) os sangue arterial e venoso não se misturam.

Estão corretas apenas:

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

**6 Ufal** Observe os esquemas a seguir, referentes à circulação de peixes e mamíferos.



Os vasos que transportam exclusivamente sangue venoso são:

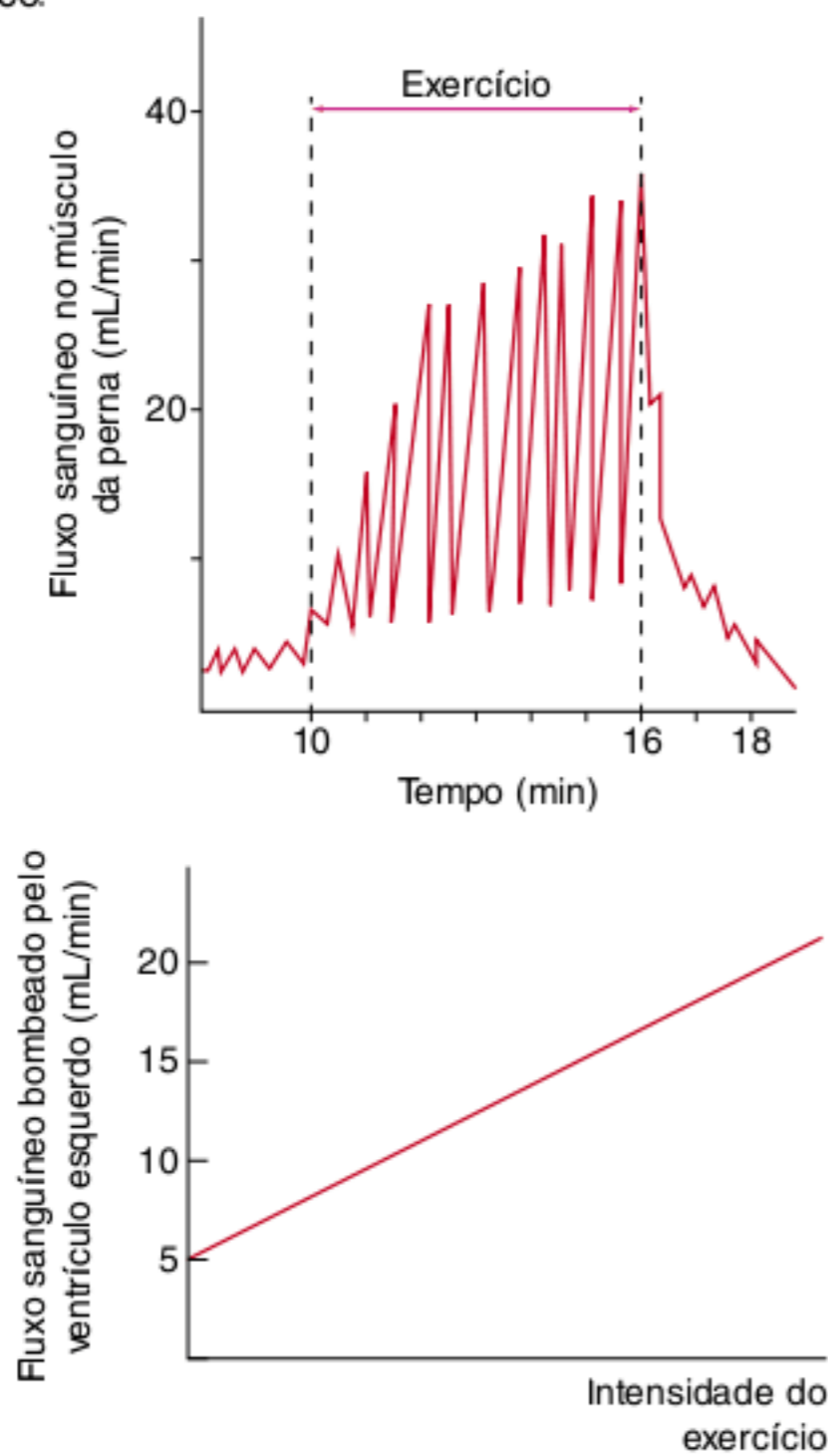
- (a) I, II, III e IV.
- (b) I, IV, V e VI.
- (c) II, III, IV e VII.
- (d) III, V, VI e VII.
- (e) IV, V, VI e VII.

**7 Unesp 2003** Durante um exame médico para se localizar um coágulo sanguíneo, um indivíduo recebeu, via parenteral, um cateter que percorreu vasos, seguindo o fluxo da corrente sanguínea, passou pelo coração e atingiu um dos pulmões.

- a) Cite a trajetória sequencial percorrida pelo cateter, desde sua passagem pelas cavidades cardíacas até atingir o pulmão.
- b) Que denominação recebe a contração do músculo cardíaco que, ao bombear o sangue, possibilitou a passagem do cateter ao pulmão? Qual foi o tipo de sangue presente nessa trajetória?



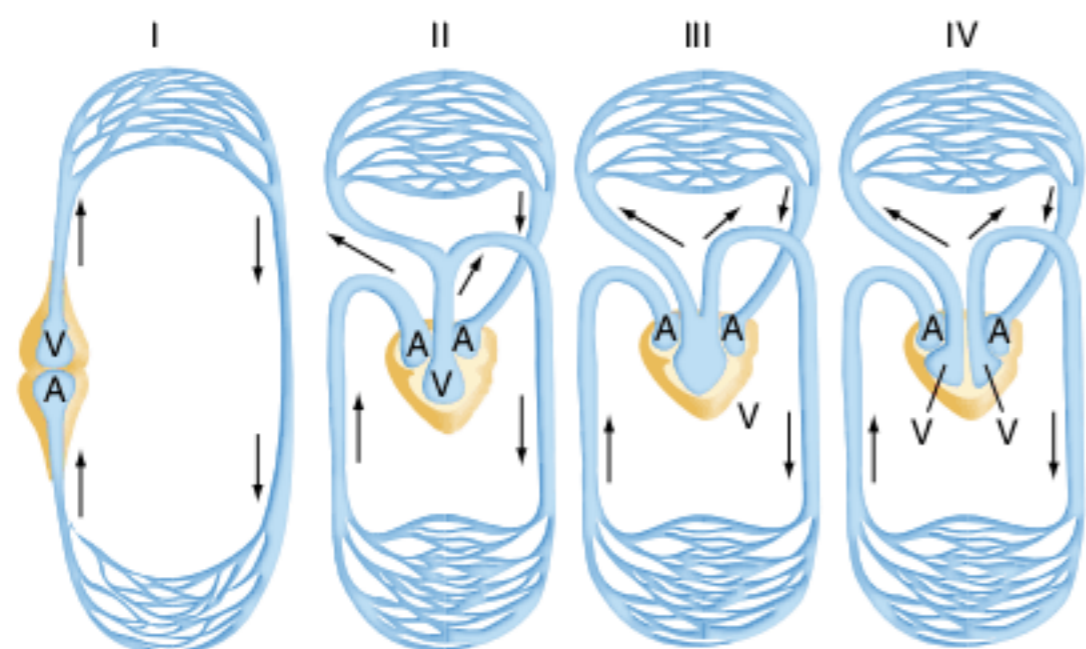
**8 UFMG 2004** Analise os gráficos representativos de atividade do sistema cardiovascular durante a realização de exercício físico.



Com base nas informações contidas nesses gráficos e em outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que, durante o exercício físico:

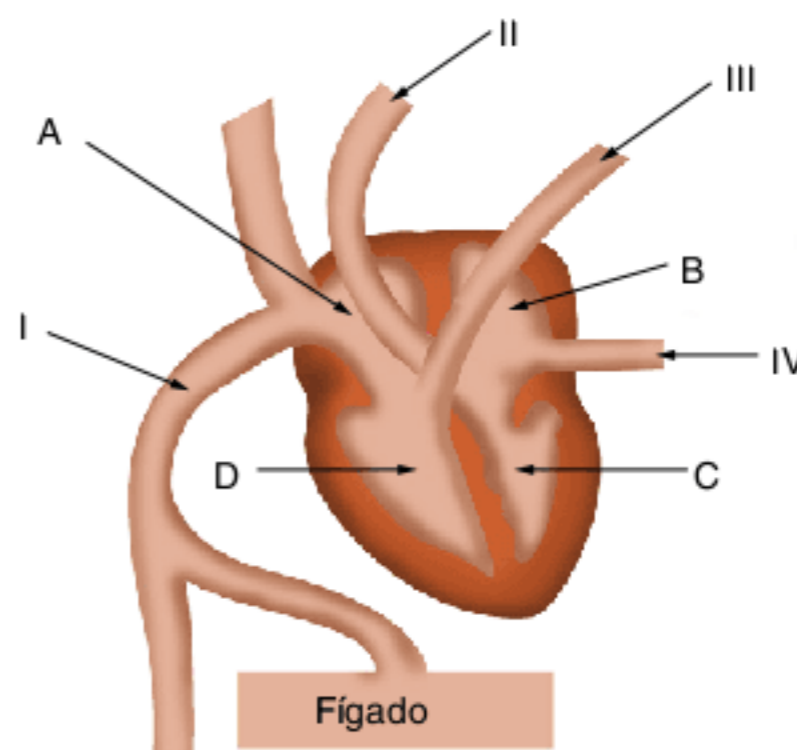
- o músculo da perna recebe maior quantidade de oxigênio entre 14 e 16 minutos de atividade.
- o volume de sangue de um indivíduo pode aumentar até cinco vezes.
- o volume de sangue que passa pelo coração de um indivíduo, a cada minuto, é maior que no repouso.
- um fluxo maior de hemácias aumenta a oxigenação do músculo da perna.

**9 UFPE 2004** No coração dos vertebrados, há dois tipos de câmaras: a aurícula (A) e o ventrículo (V). Com relação à circulação em diferentes grupos de animais, analise as figuras e as proposições dadas.



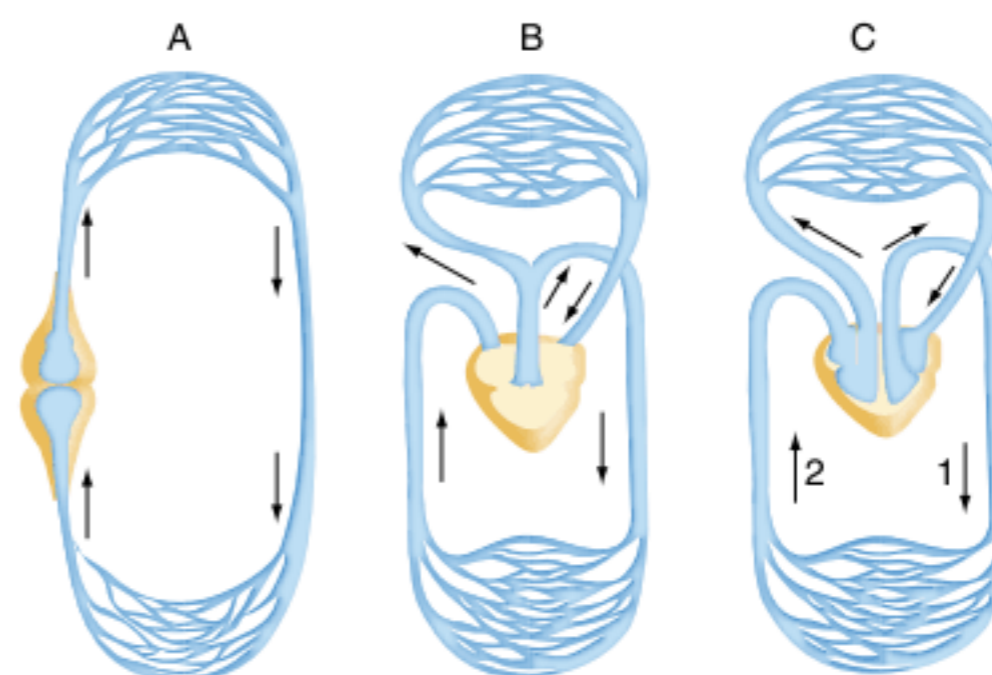
- Nos peixes, a circulação se dá no sentido: coração → brânquias → tecidos do corpo → coração, como mostrado em I, e é classificada como simples.
- Nos anfíbios, a circulação é dupla e incompleta, havendo mistura de sangue arterial com sangue venoso no único ventrículo que apresentam. Esse tipo de circulação está ilustrado em II.
- Os répteis crocodylianos apresentam circulação simples e completa, ocorrendo, no ventrículo, mistura de sangue arterial e venoso, como nos anfíbios. Esse tipo é ilustrado em II.
- As aves apresentam circulação dupla, mas incompleta, havendo mistura de sangue arterial com sangue venoso. Esse tipo de circulação é ilustrado em III.
- Nos mamíferos, a circulação é dupla e não há mistura do sangue venoso com o arterial no coração. Esse tipo de circulação é ilustrado em IV.

**10 Fuvest 2004** A figura a seguir esquematiza o coração de um mamífero.



- Em qual das câmaras do coração, identificadas por A, B, C e D, chega o sangue rico em gás oxigênio?
- Em qual dessas câmaras chega o sangue rico em gás carbônico?
- Qual dos vasos, identificados por I, II, III e IV, leva sangue do coração para os pulmões?
- Qual desses vasos traz sangue dos pulmões?

**11 Unicamp 2004** Os esquemas A, B e C mostram o sistema cardiovascular de vertebrados.





- Classifique o tipo de circulação sanguínea apresentada em cada esquema, indicando em qual grupo de vertebrados ocorre.
- Identifique qual o tipo de vaso representado por 1 e 2, explicando como varia a pressão sanguínea e a velocidade de condução do sangue nesses vasos.

**12 Unifesp 2004** O tratamento da leucemia por meio dos transplantes de medula óssea tem por princípio a transferência de células-tronco da medula de um indivíduo sadio para o indivíduo afetado. Tal procedimento fundamenta-se no fato de que essas células-tronco:

- podem ser usadas para a clonagem de células sadias do paciente.
- não serão afetadas pela doença, já que foram diferenciadas em outra pessoa.
- secretam substâncias que inibem o crescimento celular.
- podem dar origem a linfócitos T que, por sua vez, ingerem os leucócitos em excesso.
- podem dar origem a todos os diferentes tipos de células sanguíneas.

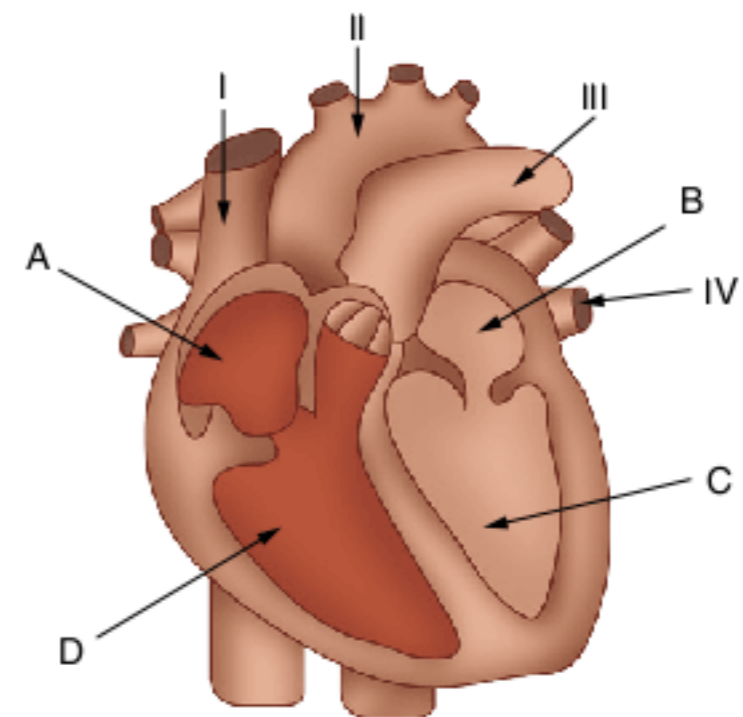
**13 Uerj 2004** Artérias são vasos sanguíneos que transportam o sangue do coração para os tecidos, enquanto veias trazem o sangue para o coração. Admita, no entanto, que as artérias fossem definidas como vasos que transportassem sangue oxigenado; e as veias, vasos que transportassem sangue desoxigenado. Nesse caso, a artéria e a veia que deveriam inverter suas denominações, no ser humano, seriam, respectivamente, as conhecidas como:

- renal e renal.
- aorta e cava.
- coronária e porta.
- pulmonar e pulmonar.

**14 UFSCar 2004** Se pudéssemos marcar uma única hemácia do sangue de uma pessoa, quando de sua passagem por um capilar sanguíneo do pé, e seguir seu trajeto pelo corpo a partir dali, detectaríamos sua passagem, sucessivamente, pelo interior de:

- artérias → veias → coração → artérias → pulmão → veias → capilares.
- artérias → coração → veias → pulmão → veias → coração → artérias → capilares.
- veias → artérias → coração → veias → pulmão → artérias → capilares.
- veias → pulmão → artérias → coração → veias → pulmão → artérias → capilares.
- veias → coração → artérias → pulmão → veias → coração → artérias → capilares.

**15 Fatec 2005** A figura a seguir esquematiza o coração de um mamífero, com suas câmaras (representadas por letras), veias e artérias (representadas por algarismos).



Identifique cada parte do coração e assinale a alternativa que apresenta a correspondência correta.

- O sangue rico em  $O_2$  chega às câmaras A e B.
- O sangue rico em  $CO_2$  chega à câmara B.
- Os vasos identificados por I, II e III são, respectivamente, veia cava superior, artéria pulmonar e artéria aorta.
- O vaso indicado por IV traz sangue arterial dos pulmões ao coração.
- O vaso indicado por III leva o sangue arterial do coração para o corpo.

**16 Fuvest 2005** Considere o coração dos vertebrados.

- Que característica do coração dos mamíferos impede a mistura do sangue venoso e arterial?
- Que outros vertebrados possuem coração com essa estrutura?
- Por quais câmaras cardíacas o sangue desses animais passa desde que sai dos pulmões até seu retorno a esses mesmos órgãos?

**17 FGV 2005** No filme *Viagem insólita* (direção de Joe Dante, Warner Bros. EUA, 1987), um grupo de pesquisadores desenvolveu uma nave submergível que, juntamente com seu comandante, é miniaturizada e, em vez de ser injetada em um coelho, como previsto, é acidentalmente injetada na corrente sanguínea de um dos protagonistas da estória. Assim que chega a um dos vasos, o computador de bordo traça o trajeto da nave: [...] da veia ilíaca à veia cava inferior, à aorta, chegando ao primeiro destino: a área de junção do nervo óptico ao globo ocular.

Supondo que a nave acompanhe o fluxo da corrente sanguínea, entre a veia cava inferior e a aorta, a nave deve percorrer o seguinte trajeto:

- átrio esquerdo; ventrículo esquerdo; pulmão; átrio direito; ventrículo direito.
- átrio direito; ventrículo direito; pulmão; átrio esquerdo; ventrículo esquerdo.
- ventrículo direito; átrio direito; pulmão; ventrículo esquerdo; átrio esquerdo.
- ventrículo direito; átrio direito; ventrículo esquerdo; átrio esquerdo; pulmão.
- pulmão; átrio direito; ventrículo direito; átrio esquerdo; ventrículo esquerdo.



**18 CEFET-MG 2004** O coração dos peixes se caracteriza por apresentar:

- (a) 2 átrios e 2 ventrículos.
- (b) 2 átrios e 1 ventrículo.
- (c) 1 átrio e 1 ventrículo.
- (d) 1 átrio de 2 ventrículos.

**19 UFRGS 2005** As figuras 1 e 2 a seguir representam, esquematicamente, os dois tipos de sistemas circulatórios apresentados pelos vertebrados. As setas indicam o trajeto percorrido pelo sangue em cada tipo de circulação.

Figura 1

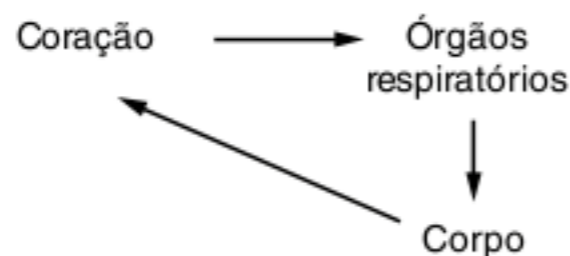
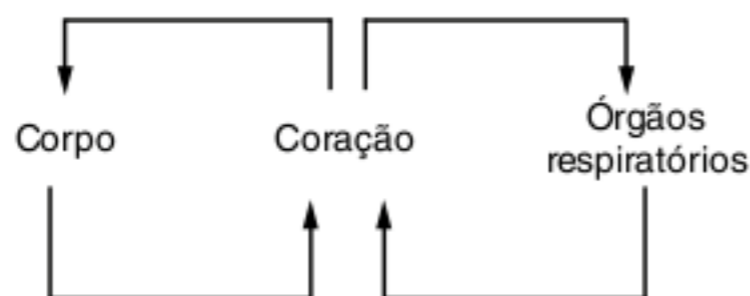


Figura 2



Com base nas informações anteriores, assinale a alternativa que apresenta, pela ordem, um exemplo de um grupo de vertebrados com o tipo de circulação representado na figura 1 e outro com o tipo de circulação representado na figura 2.

- (a) anfíbios – aves
- (b) répteis – mamíferos
- (c) anfíbios – mamíferos
- (d) peixes – répteis
- (e) mamíferos – peixes

**20 UFMT** Problemas do coração estão entre os principais fatores de mortalidade em nosso país. Os itens a seguir referem-se direta ou indiretamente a este órgão, julgue-os e escreva (V) se for verdadeiro ou (F) se for falso.

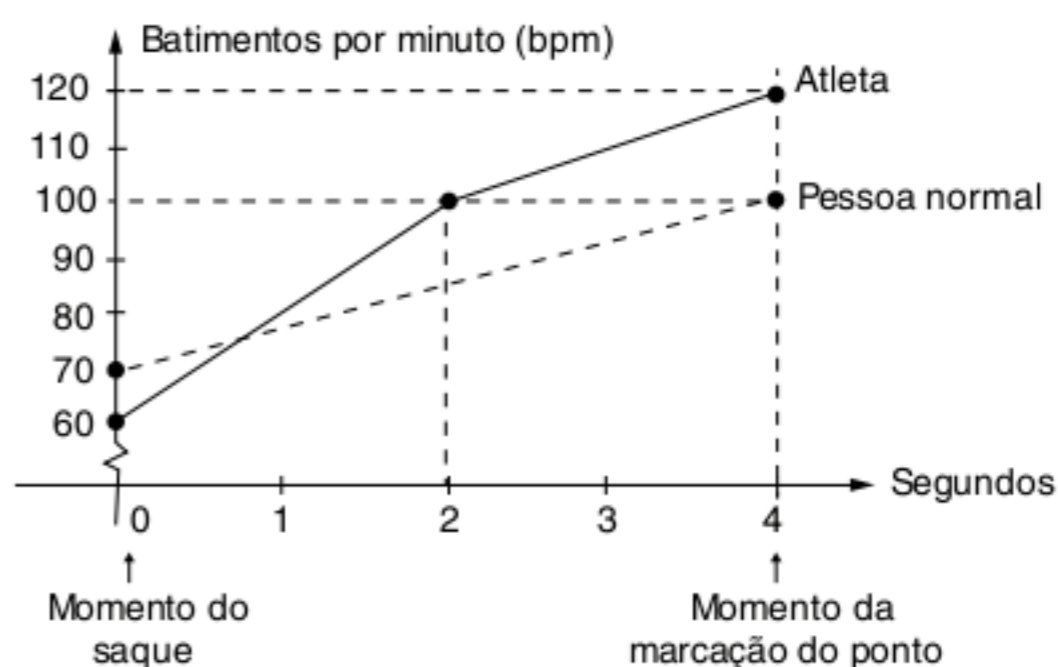
- O coração é um órgão essencialmente muscular cuja função é a propulsão do sangue através do organismo.
- Nas aves e nos mamíferos, o coração é completamente dividido em 4 câmaras: 2 aurículas e 2 ventrículos.

- Dietas alimentares ricas em gorduras podem comprometer o diâmetro dos vasos sanguíneos importantes, facilitando a incidência do infarto do miocárdio.
- O transporte dos nutrientes e do oxigênio para todas as células do organismo é uma das funções do sangue.

Texto para a questão 21.

Pesquisas mostram que, em modalidades que exigem bom condicionamento aeróbico, o coração do atleta dilata, pois precisa trabalhar com grande volume de sangue. Em um esforço rápido e súbito, como um saque no tênis, uma pessoa normal pode ter o pulso elevado de 70 a 100 batimentos por minuto; para um atleta, pode se elevar de 60 a 120 bpm, como mostra o gráfico a seguir.

**21 Puccamp 2005**



Folha de S. Paulo, 6 jun. 2004. (Adapt).

A frequência cardíaca corresponde à frequência com que as câmaras cardíacas realizam um ciclo de sístole e diástole. A sístole dos ventrículos bombeia sangue para:

- (a) os átrios direito e esquerdo.
- (b) as artérias pulmonar e aorta.
- (c) as veias cava inferior e cava superior.
- (d) as veias pulmonares e aorta.
- (e) as artérias coronárias e os átrios.

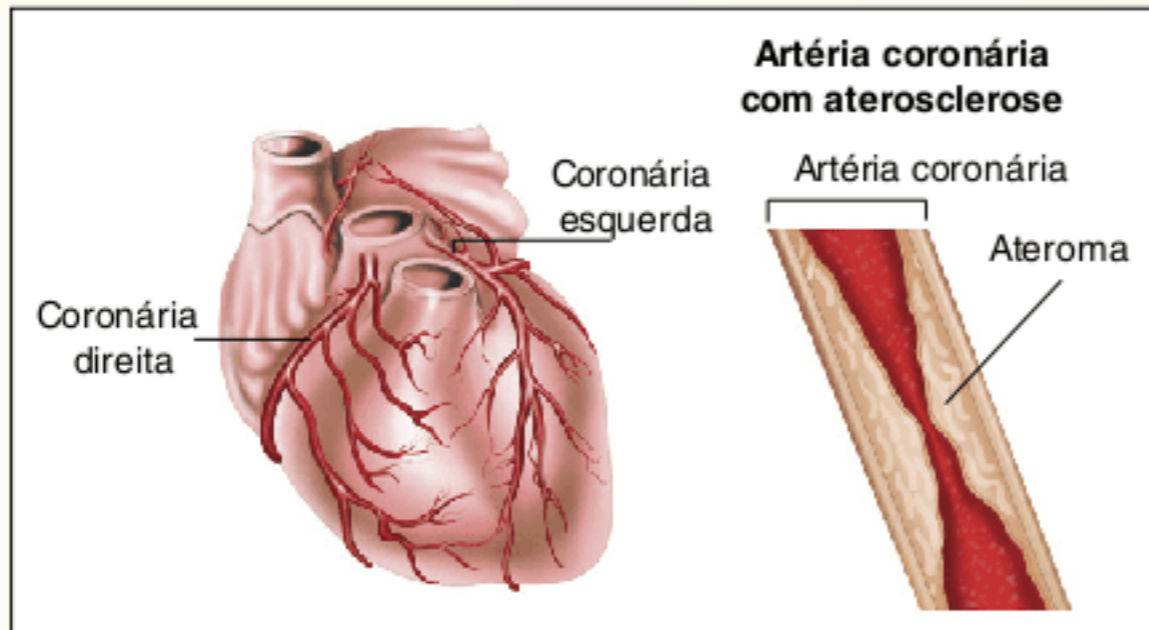
## TEXTOS COMPLEMENTARES

### Coronárias, infarto e colesterol

Na saída do sangue arterial através da artéria aorta, o refluxo sanguíneo é impedido pela **válvula aórtica** (ou **semilunar**). Logo em seguida, na parede da aorta e acima da válvula, há dois orifícios, de onde partem as artérias coronárias – que se ramificam intensamente e levam sangue para toda a musculatura cardíaca (figura a seguir). A obstrução ou o estreitamento de um setor das

coronárias – ou de suas ramificações – pode impedir ou reduzir o fluxo sanguíneo para parte da musculatura cardíaca, privando-a da oxigenação necessária. Esse estado é denominado **isquemia** e pode causar a morte do tecido cardíaco, condição conhecida como **infarto do miocárdio**.





Localização das coronárias e detalhe da formação de um ateroma.

Uma das causas do infarto é o acúmulo de placas de gordura nas paredes das coronárias, formando-se **ateromas**. A aterosclerose é o enrijecimento da parede arterial por conta dos ateromas formados, e o colesterol é um tipo de lipídeo que se relaciona com a formação desses ateromas.

O colesterol e outros lipídeos associam-se a proteínas e formam lipoproteínas, que circulam pelo organismo. Há duas principais modalidades delas: **HDL** e **LDL**; nos dois casos, a letra “L” designa “lipoproteína” e a letra “D” refere-se à “densidade”. No caso do HDL, a letra “H” vem da palavra inglesa *high*, que em português significa alta; **HDL** é, portanto, **lipoproteína de alta densidade**. Já o primeiro “L” de LDL refere-se à palavra inglesa *low*, que significa baixo em português; então **LDL** significa **lipoproteína de baixa densidade**.

## Dinossauros tinham sangue quente

Os dinossauros ganharam esse nome do biólogo inglês Richard Owen (1804-1892), com o significado de “lagartos terríveis”. Mas estudos feitos por paleontólogos nos últimos anos têm enfatizado não a semelhança, mas sim a diferença na fisiologia dos vertebrados gigantesco pré-históricos com a dos lagartos atuais.

Uma nova pesquisa, publicada pela revista *PLoS One*, investiga se os dinossauros eram endotérmicos ou ectotérmicos. Ou seja, se eram mais parecidos com os mamíferos e as aves atuais, com sangue quente; ou com o répteis, com sangue frio.

A questão tem implicações importantes. Se os dinossauros eram endotérmicos, eles teriam tido capacidades físicas similares às dos mamíferos e das aves. Poderiam, por exemplo, ter sobrevivido a habitats mais frios, como montanhas e regiões polares, que matariam os animais ectotérmicos.

Mas essas vantagens têm um preço. Os animais de sangue quente precisam de mais comida do que os outros, porque seu metabolismo mais acelerado exige uma provisão constante de energia.

Segundo o estudo, os dinossauros provavelmente foram endotérmicos. Eram animais atléticos, com exigências energéticas muito superiores às que os animais de sangue frio são capazes de suprir.

A HDL associa-se principalmente a fosfolipídeos e, portanto, pode transportar colesterol. Dessa maneira, constitui o chamado “bom colesterol”. Por outro lado, o LDL associa-se ao colesterol, mas com maior dificuldade de transportá-lo; corresponde ao chamado “mau colesterol”.

O organismo sintetiza colesterol naturalmente, a partir de outras substâncias, mas podemos obtê-lo na dieta também, sendo que alguns alimentos são ricos em colesterol, entre eles gorduras animais e gema de ovo.

Quando uma pessoa ingere alimentos ricos em colesterol, produz LDL, que é levado ao fígado, no qual o colesterol será empregado no metabolismo como componente estrutural da membrana plasmática. Outros derivados do colesterol também podem ser produzidos e são de grande importância fisiológica, como a vitamina D, hormônios esteroides e sais biliares.

Se a ingestão de alimentos ricos em colesterol for muito grande, o excedente desse composto que não é aproveitado pode depositar-se nas paredes arteriais, formando os ateromas. Por essa razão, o LDL foi designado como “mau colesterol”. A molécula de HDL pode contribuir para a manutenção de níveis adequados de colesterol, transportando o excesso dele para o fígado, para que seja metabolizado, formando, por exemplo, sais biliares (eliminados com a digestão). Por essa razão, o HDL é considerado “bom colesterol”.

A pesquisa combinou análise de fósseis, dados da fisiologia de animais atuais e técnicas de modelagem em computador. Um importante dado utilizado foi que o gasto energético de andar e correr está fortemente associado com o tamanho da perna – a medida do quadril aos pés é capaz de estimar com 98% de eficácia o gasto energético de diversos animais terrestres.

Estudos anteriores feitos com animais atuais mostraram que os endotérmicos podem sustentar taxas muito mais elevadas de gasto energético. Mamíferos e aves estão sempre em movimento e queimando energia. Como se estima que os dinossauros também se movimentavam bastante, os cientistas sugerem que eles não poderiam ter sido ectotérmicos.

No novo trabalho, Herman Pontzer, da Universidade de Washington, em Saint Louis, nos Estados Unidos, e colegas aplicaram esses princípios para examinar modelos anatômicos de 14 espécies de dinossauros. Em computador, os pesquisadores reconstruíram os membros dos animais extintos, calculando o volume de músculo necessário para andar ou correr em diferentes velocidades.

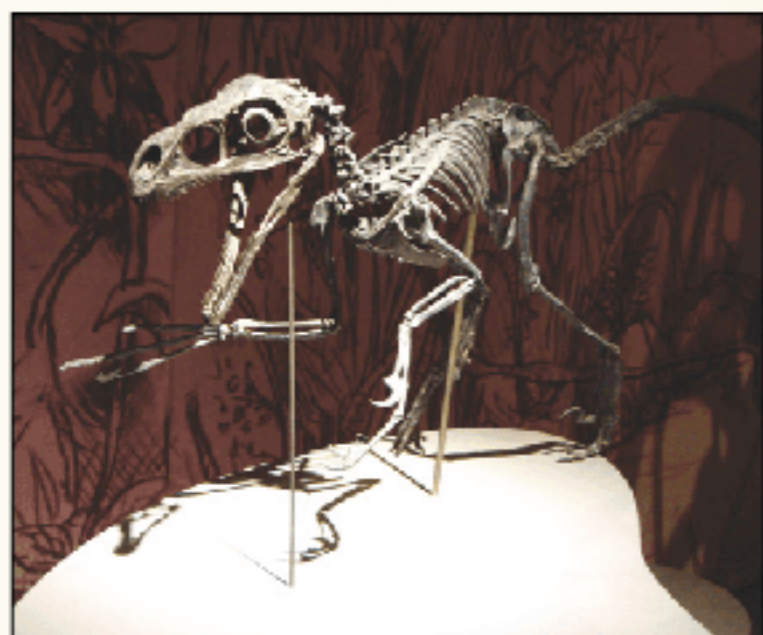
Ao comparar os resultados para cada espécie, e organizá-las em uma árvore familiar evolucionária, os autores verificaram que a endotermia pode ter sido uma condição ancestral para todos os dinossauros. Isso levaria a característica de sangue quente para muito tempo antes do que se imaginava.



Os pesquisadores apontam que a endotermia pode ter sido um dos principais motivos do sucesso evolucionário dos dinossauros durante os períodos Triássico, Jurássico e Cretáceo.

O artigo de Herman Pontzer e colegas pode ser lido na PLoS One (acesso livre), em [www.plosone.org](http://www.plosone.org).

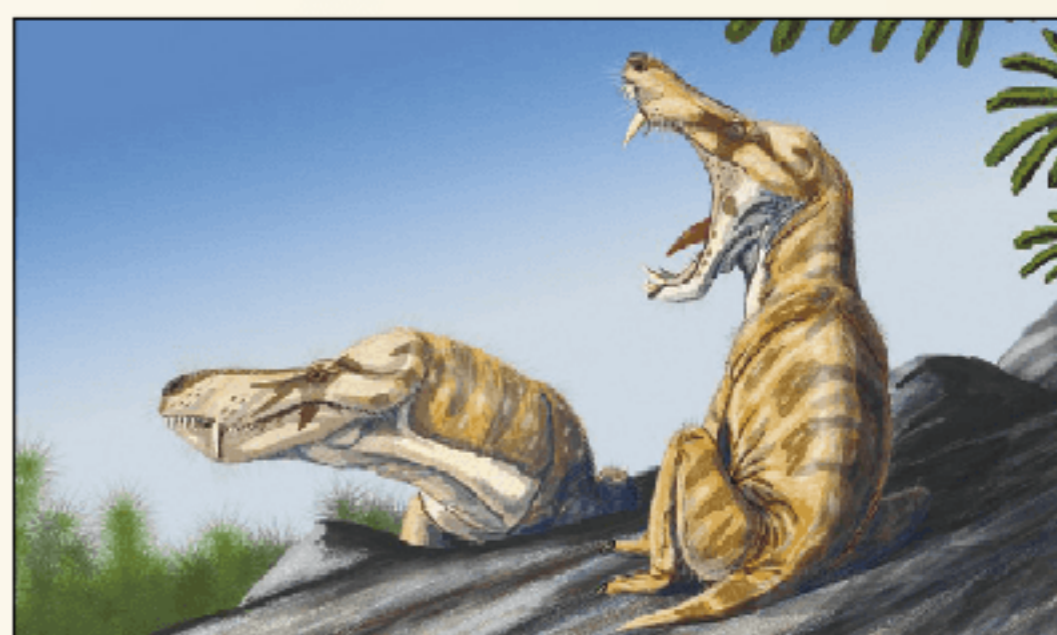
Agência FAPESP, 11 nov. 2009.  
Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/11337>>.



Esqueleto fóssil do gênero *Velociraptor*, exímio corredor; exibia elevado gasto energético.



Esqueleto fóssil de *Tyrannosaurus rex*, que, apesar do tamanho avantajado, podia chegar facilmente aos 50 km/h.



Gênero *Therapsida*, os répteis mamaliformes. Os *Therapsida* sp., conhecidos também como répteis mamaliformes, são os ancestrais mais próximos dos mamíferos. As características similares dos dois grupos incluem os mecanismos de regulação da temperatura (homeotermia) e, em algumas espécies, a presença de pelos.

## RESUMINDO

**Sistema circulatório:** em todos os grupos zoológicos, tem como função principal o **transporte de substâncias** pelo corpo. Em vertebrados, também participa da **defesa** do organismo, em função da presença dos anticorpos. É constituído por:

- **Sangue:** tecido conjuntivo composto de parte líquida (plasma) e de elementos particulados (células e plaquetas).
  - **Plasma:** tem coloração amarela e sua função é possibilitar o transporte das células e de outros elementos presentes no sangue.
  - **Glóbulos vermelhos:** chamados **hemácias** ou **eritrócitos**. Responsáveis pelo transporte dos gases envolvidos na respiração (gás carbônico e oxigênio) pelo organismo.
  - **Glóbulos brancos:** chamados de **leucócitos**. Responsáveis por participar do mecanismo de defesa do organismo contra agentes externos.
  - **Plaquetas:** fragmentos de células da medula óssea com a função de atuar nos processos de coagulação.
- **Coração:** órgão dotado de parede muscular (**miocárdio** – músculo estriado cardíaco) responsável pela circulação do sangue. Sua parede interna é revestida pelo **endocárdio** e externamente é envolvido pelo **pericárdio**. Possui **átrios** que recebem sangue e **ventrículos** que enviam sangue a outras partes do corpo.
- **Vasos sanguíneos:** responsáveis pela distribuição do sangue pelo corpo.
  - **Artérias:** possuem revestimento interno constituído por endotélio, fibras musculares lisas (de contração involuntária), elásticas e de colágeno. Levam sangue do coração aos tecidos, ramificando-se em **arteríolas**.
  - **Veias:** possuem revestimento interno com endotélio delgado, menor quantidade de fibras musculares e elásticas e válvulas que impedem o retorno do sangue. Trazem sangue ao coração (dependendo também da contração de músculos esqueléticos) proveniente de **vênulas**.
  - **Capilares:** vasos de diâmetro muito reduzido com revestimento constituído apenas de **endotélio**, que apresenta parede bastante delgada. Possibilitam a **troca** de materiais entre o sangue e o fluido intersticial, que banha os tecidos.

**Controle de temperatura:** realizado por meio da variação do diâmetro de arteríolas próximas da superfície corporal.

- Temperatura ambiente baixa: arteríolas sofrem constrição e o sangue circula em menor quantidade junto à periferia do corpo para reduzir dissipação de calor. Há elevação da pressão arterial.
- Temperatura ambiente elevada: arteríolas periféricas sofrem dilatação e o sangue circula em maior quantidade na superfície do corpo, aumentando a dissipação de calor. Há queda da pressão arterial.



**Sistema circulatório dos vertebrados:** apresenta aumento gradual na complexidade dos sistemas de acordo com o grupo. As distinções são feitas de acordo com o número de vezes que o sangue passa no coração para dar uma volta pelo organismo e a mistura ou não de sangue. Por isso, são considerados dois tipos de sangue.

- **Tipos de sangue:**
  - **Sangue arterial:** rico em gás oxigênio e pobre em gás carbônico (proveniente de estruturas respiratórias).
  - **Sangue venoso:** rico em gás carbônico e pobre em gás oxigênio (provém de outros tecidos).
- **Tipos de circulação:**
  - **Circulação incompleta:** há mistura de sangue venoso com sangue arterial.
  - **Circulação completa:** não há mistura de sangue venoso com arterial.
  - **Circulação simples:** o sangue passa uma única vez pelo coração para dar uma volta pelo organismo. Presença de um átrio no coração.
  - **Circulação dupla:** o sangue passa duas vezes pelo coração para completar uma volta pelo organismo. Presença de dois átrios no coração.

### Grupos zoológicos:

- **Peixes:**
  - Coração com **duas cavidades:** um átrio e um ventrículo.
  - Circulação **completa e simples.**
  - **Caminho do sangue:** **átrio** (sangue é venoso) → **ventrículo** (sangue é venoso) → **brânquias** (sangue passa a ser arterial) → **tecidos do corpo** (sangue arterial torna-se venoso) → **átrio** (novamente).
- **Anfíbios:**
  - Coração com **três cavidades:** dois átrios e um ventrículo.
  - Circulação **incompleta e dupla.**
    - **Caminho do sangue** – são percorridos dois caminhos que se encontram no ventrículo:
      - **1º caminho:** **átrio esquerdo** (sangue arterial vindo das estruturas respiratórias) → **ventrículo** (mistura do sangue e envio para os dois caminhos) → **tecidos do corpo** (sangue arterial torna-se venoso) → **átrio direito** (sangue venoso).
      - **2º caminho:** **átrio direito** (sangue venoso vindo dos tecidos) → **ventrículo** (mistura do sangue e envio para os dois caminhos) → **pulmões e pele** (sangue venoso torna-se arterial) → **átrio esquerdo** (sangue arterial).
- **Maioria dos répteis:**
  - Coração com **três cavidades:** dois átrios e um ventrículo parcialmente dividido (esboço de separação – septo de Sabatier).
  - Circulação **incompleta e dupla.**
    - **Caminho do sangue** – são percorridos dois caminhos que se encontram:
      - **1º caminho:** **átrio esquerdo** (sangue arterial vindo dos pulmões) → **ventrículo** (mistura do sangue e envio para os dois caminhos) → **tecidos do corpo** (sangue arterial torna-se venoso) → **átrio direito** (sangue venoso).
      - **2º caminho:** **átrio direito** (sangue venoso vindo dos tecidos) → **ventrículo** (mistura do sangue e envio para os dois caminhos) → **pulmões** (sangue venoso torna-se arterial) → **átrio esquerdo** (sangue arterial).
- **Crocilianos:**
  - Coração com **quatro cavidades:** dois átrios e dois ventrículos.
  - Circulação **incompleta e dupla.**
    - **Caminho do sangue** – são percorridos dois caminhos que se encontram:
      - **1º caminho:** **átrio esquerdo** (sangue arterial vindo dos pulmões) → **ventrículo esquerdo** (sangue arterial) → **tecidos do corpo** (sangue misturado; arterial torna-se venoso) → **átrio direito** (sangue venoso).
      - **2º caminho:** **átrio direito** (sangue venoso vindo dos tecidos) → **ventrículo direito** (sangue venoso) → **pulmões** (sangue misturado, venoso torna-se arterial) → **átrio esquerdo** (sangue arterial).

Apesar de percorrer dois caminhos, os tipos de sangue (venoso e arterial) são misturados, pois na saída do coração as duas aortas se comunicam por um orifício (o **forame de Panizza**). Na aorta dorsal, também há mistura.

- **Aves e mamíferos:**
  - Coração com **quatro cavidades:** **dois átrios e dois ventrículos.**
  - Circulação **completa e dupla.** Tipo de circulação está associado à **homeotermia.**
    - **Caminho do sangue** – são percorridos dois caminhos que se encontram:
      - **1º caminho:** **átrio esquerdo** (sangue arterial vindo dos pulmões) → **ventrículo esquerdo** (sangue arterial) → **tecidos do corpo** (sangue arterial torna-se venoso) → **átrio direito** (sangue venoso).



- **2º caminho: átrio direito** (sangue venoso vindo dos tecidos) → **ventrículo direito** (sangue venoso) → **pulmões** (sangue venoso torna-se arterial) → **átrio esquerdo** (sangue arterial).

**Artéria aorta** é a primeira artéria proveniente do coração, que distribuirá o sangue arterial para o corpo. Nas aves, a aorta curva-se para a direita; e nos mamíferos, para a esquerda. A curvatura da aorta é conhecida como **croça da aorta**.

- **Circulação humana:** acontece da mesma maneira que nos outros mamíferos. Apresenta dois ciclos distintos: **pequena circulação** (sangue sai do coração, vai aos pulmões e retorna ao coração) e **grande circulação** (saída do sangue do coração, seu percurso pelo resto do corpo e o retorno ao coração). Outros detalhes da circulação e estruturas do sistema circulatório humano podem ser citados:
  - **Ventrículo:** mais espesso que o átrio. Esquerdo com musculatura mais desenvolvida que o direito.
  - **Carótida:** artéria que leva sangue à cabeça.
  - **Jugulares:** veias que trazem sangue venoso da cabeça ao coração.
  - **Válvulas:** impedem o refluxo de sangue dos ventrículos para os átrios. A **mitral** (ou **bicúspide**) divide o lado esquerdo do coração. A **tricúspide** divide o lado direito. São responsáveis pelo ruído dos batimentos cardíacos.
  - **Sístole:** contração das câmaras do coração.
  - **Diástole:** dilatação das câmaras do coração.
  - **Bradycardia:** batimentos cardíacos lentos.
  - **Taquicardia:** batimentos cardíacos rápidos.
- **Controle dos batimentos cardíacos:** realizado (nos humanos) por estímulos originados em estruturas do próprio coração.
  - **Nódulo sinoatrial:** localizado na parede do átrio direito, determina a contração dos átrios.
  - **Nódulo atrioventricular:** localizado no átrio direito. Dele partem ramificações – **feixe de His** – que determinam a contração dos ventrículos.

O controle do ritmo cardíaco pode ser alterado também por estímulos nervosos provenientes do sistema nervoso central, por meio de dois nervos do sistema nervoso autônomo: **parassimpático** (que produz bradicardia) e **simpático** (que produz taquicardia).

## ■ QUER SABER MAIS?



### SITES

- Cientistas da Universidade Johns Hopkins (EUA) anunciaram a receita mais simples e eficiente para transformar células do sangue em células cardíacas, que batem de forma idêntica às naturais do coração.  
<[www1.folha.uol.com.br/ciencia/901039-cientistas-transformam-celula-do-sangue-em-celula-cardiaca.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/901039-cientistas-transformam-celula-do-sangue-em-celula-cardiaca.shtml)>.
- Pesquisa realizada na Universidade de Maryland e publicada na revista *Nature Medicine*, indica que a descoberta de “receptores de paladar” nos pulmões, sensíveis a substâncias amargas, pode levar à criação de novos tratamentos para a asma.  
<<http://noticias.uol.com.br/ciencia/ultimas-noticias/bbc/2010/10/25/receptores-de-gosto-amargo-no-pulmao-podem-levar-a-novo-tratamento-da-asma.htm>>.

## Exercícios complementares

**1 Unitau** Em relação ao sistema circulatório humano, são feitas as seguintes afirmativas.

- No coração, o sangue que penetra na aurícula esquerda é arterial e chega através das veias pulmonares.
- O coração envia sangue venoso aos pulmões através das artérias pulmonares que saem do ventrículo esquerdo.
- Através da artéria aorta, o sangue chega ao ventrículo esquerdo, de onde é distribuído para todo o corpo.

Indique a alternativa correta.

- Todas são verdadeiras.
- Somente I e II são verdadeiras.

- Somente II e III são verdadeiras.
- Somente I é verdadeira.
- Somente II é verdadeira.

**2 Fuvest** Esquematize o caminho de uma hemácia do sangue humano desde o ventrículo direito até a aurícula esquerda. Indique as partes do percurso em que o sangue é venoso.

**3 Cesgranrio** Ao observarmos a circulação humana, quando comparamos artérias e veias, podemos afirmar que:

- veias conduzem sempre sangue carbonado, assim como as artérias sempre possuem sangue oxigenado.

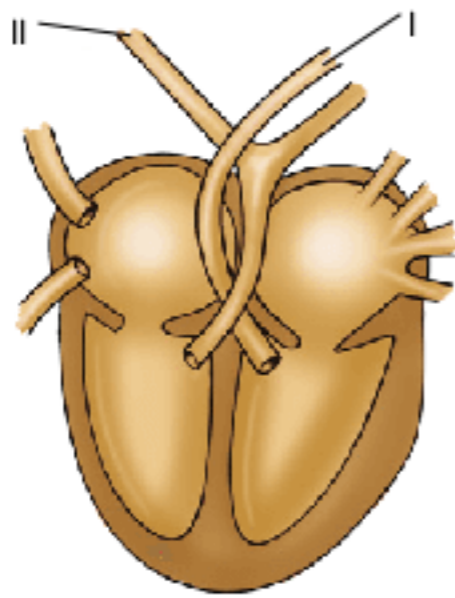


- (b) veias levam sangue do coração para os tecidos e as artérias trazem sangue dos tecidos para o coração.
- (c) artérias e veias apresentam grande número de válvulas que impedem o retorno do sangue ao coração.
- (d) o grau de elasticidade do tecido muscular liso presente em artérias e veias é o mesmo.
- (e) a pressão do sangue nas veias é mais baixa que nas artérias.

**4 UEL** Nos vertebrados terrestres, a circulação sistêmica tem início e término, respectivamente, na:

- (a) artéria aorta e na veia cava.
- (b) veia cava e na artéria aorta.
- (c) artéria pulmonar e na veia cava.
- (d) artéria aorta e na veia pulmonar.
- (e) veia pulmonar e na artéria pulmonar.

**5 Unesp** O esquema a seguir apresenta o coração de um mamífero. Baseando-se no esquema, responda:



- a) Quais os nomes dos vasos representados pelos números I e II?
- b) Qual é o destino do sangue que percorre esses vasos?

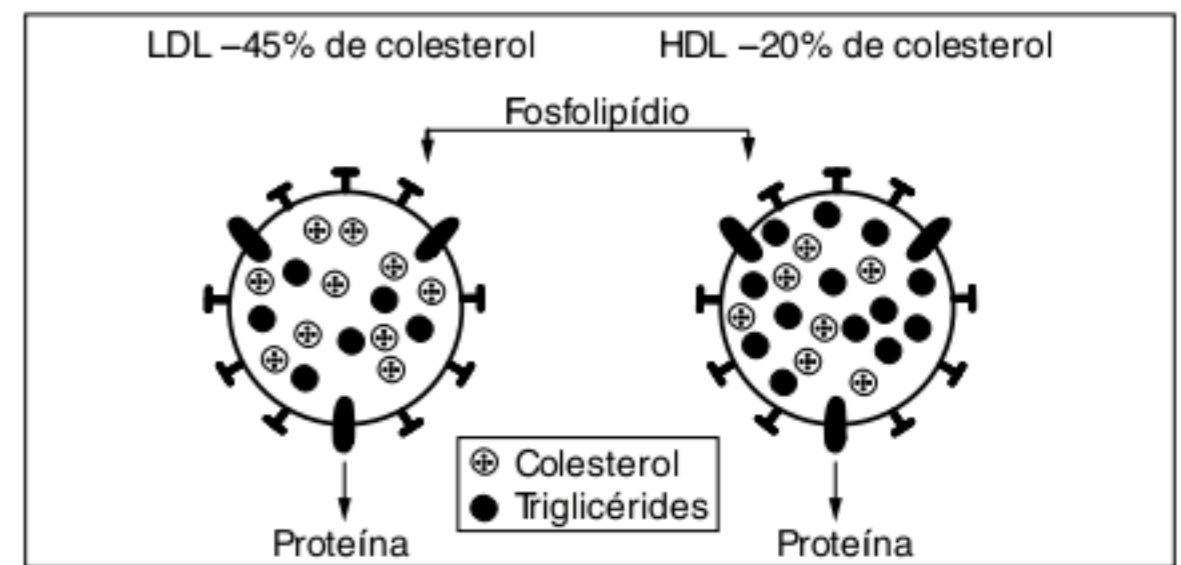
**6** As afirmações a seguir referem-se à circulação do sangue no nosso organismo. Está correto afirmar que:

- (a) veias são vasos que levam o sangue para fora do coração.
- (b) o sangue sai do coração através das aurículas.
- (c) para voltar a um certo ponto, o sangue passa duas vezes pelo coração.
- (d) artérias são vasos que levam o sangue para o coração.
- (e) as válvulas fornecem o retorno do sangue às aurículas.

**7** Quais são os vasos do sistema circulatório humano que realizam as trocas entre o sangue e os tecidos do corpo?

**8** É correto afirmar que o sangue arterial circula sempre dentro das artérias? Justifique sua resposta.

**9 UFF** O colesterol é um importante constituinte das membranas celulares, estando relacionado à síntese dos hormônios esteroides e sais biliares. No plasma ele é encontrado ligado a corpúsculos lipoproteicos, conforme mostra a figura.



LDL – *Low Density Lipoprotein* ou lipoproteína de baixa densidade.  
HDL – *High Density Lipoprotein* ou lipoproteína de alta densidade.

Considere a afirmativa:

Há uma relação direta entre as taxas de colesterol no sangue e a incidência de ateromas, trombozes e infartos.

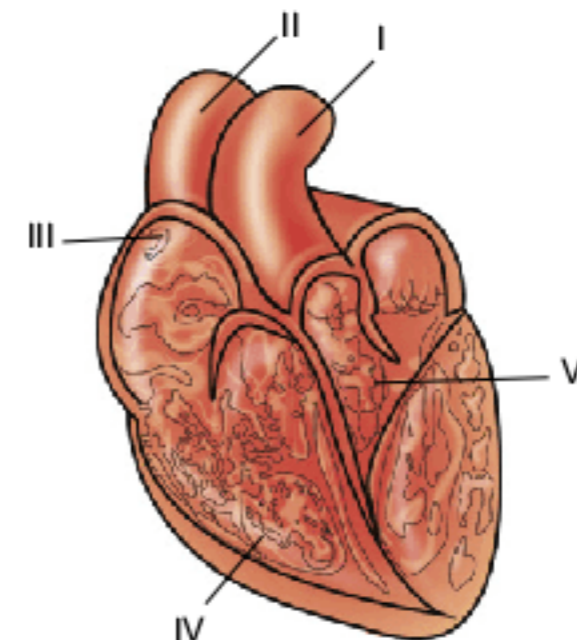
Marque a opção que apresenta a conclusão correta acerca dessa afirmativa.

- (a) Concentrações de HDL e LDL não possuem importância na avaliação da predisposição para o infarto.
- (b) Alta concentração de HDL e baixa LDL significam pequeno risco de infarto.
- (c) Alta concentração de LDL e baixa de HDL significam menor risco de infarto.
- (d) O aumento das taxas de colesterol depende somente da alimentação e não é influenciado por fatores genéticos, estresse, fumo e diminuição de atividade física.
- (e) A afirmativa é incorreta, pois não há provas significativas que correlacionem os níveis de colesterol com a incidência de trombozes e infartos.

**10 PUC-MG** A função do nódulo sinoatrial no coração humano é:

- (a) regular a circulação coronariana.
- (b) controlar a abertura e o fechamento da válvula tricúspide.
- (c) funcionar como marca-passo, controlando o ritmo cardíaco.
- (d) controlar a abertura e o fechamento da válvula mitral.
- (e) controlar a pressão diastólica da aorta.

**11 UEL** O esquema a seguir representa o coração humano em corte longitudinal.



A região que controla a frequência dos batimentos cardíacos, denominada nódulo sinoatrial, está indicada por:

- (a) I      (b) II      (c) III      (d) IV      (e) V



**12 Fuvest** O sistema circulatório dos vertebrados é constituído por uma complexa rede de vasos sanguíneos distribuída por todo o corpo.

- Que tipo de vaso sanguíneo palpamos quando tomamos a pulsação de uma pessoa? O que significa essa pulsação?
- Descreva a estrutura básica de uma veia humana e explique como o sangue flui através dela.

**13 UFPE** Nos últimos anos, a qualidade de vida nas grandes cidades tem influenciado muito o surgimento de patologias associadas ao *stress*, tais como o enfarto agudo do miocárdio. Em relação ao sistema circulatório, é incorreto afirmar que:

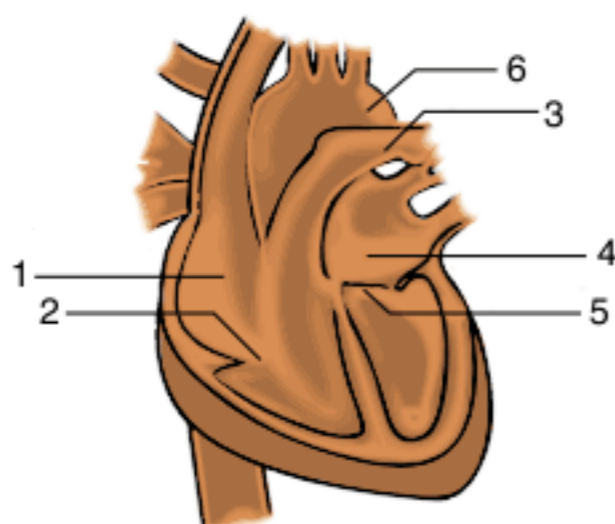
- a frequência cardíaca varia de acordo com o grau de atividade e a situação emocional.
- as artérias são pulsantes.
- as artérias periféricas possuem válvulas em seu interior, que impedem o refluxo de sangue.
- as contrações do coração constituem as sístoles.
- as duas cavidades cardíacas superiores são denominadas aurículas.

**14 UFSC** Segundo o Ministério da Saúde, o coração é a primeira causa de morte no país; logo em seguida está a violência (homicídio, suicídio, acidente de trânsito) e o câncer. Com relação ao sistema cardiovascular, assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s).

- Os principais vasos responsáveis pela irrigação do músculo cardíaco são as artérias coronárias ligadas à aorta.
- O infarto do miocárdio ocorre quando uma parte da musculatura cardíaca, por ficar sem irrigação, faz o músculo entrar em falência.
- A hipertensão, o diabetes, o fumo e a obesidade são fatores de risco para doenças cardiovasculares.
- Alimentação adequada, bem como atividade física e *check-up* regulares, diminui o risco do infarto.
- A contração do músculo cardíaco é denominada sístole; e o período de relaxamento, diástole.
- Nas pessoas hipertensas, o coração trabalha mais, já que precisa impulsionar o sangue através de “vasos endurecidos” e, por isso, mais resistentes.

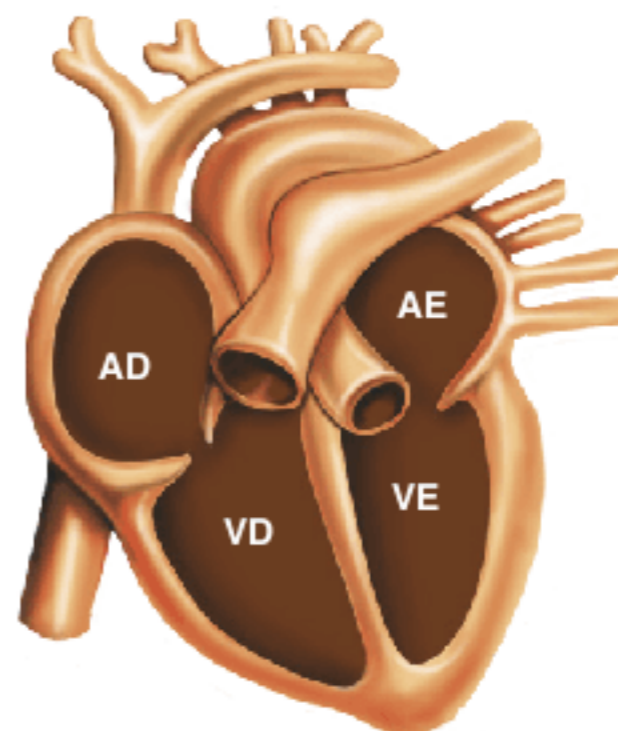
Soma =

**15 UFPE** Com relação ao coração humano, ilustrado na figura a seguir, é correto afirmar que:



- o sangue chega ao átrio esquerdo do coração (4) através das veias cava.
- o átrio direito comunica-se com o ventrículo direito através da válvula tricúspide (2).
- do ventrículo esquerdo o sangue é bombeado para a artéria pulmonar (3).
- dos pulmões o sangue volta ao átrio direito (1).
- do ventrículo direito o sangue é bombeado para a artéria aorta (6).

**16 PUC-PR** Analise as afirmações relacionadas ao coração humano e à circulação.



- O coração apresenta internamente quatro cavidades: dois átrios que se comunicam entre si e dois ventrículos que também se comunicam entre si.
- A válvula esquerda do coração é a mitral (ou bicúspide) e a direita é a tricúspide.
- No lado esquerdo do coração circula unicamente sangue arterial.
- No átrio direito desembocam as veias pulmonares, e no esquerdo as veias cavas.

Estão corretas:

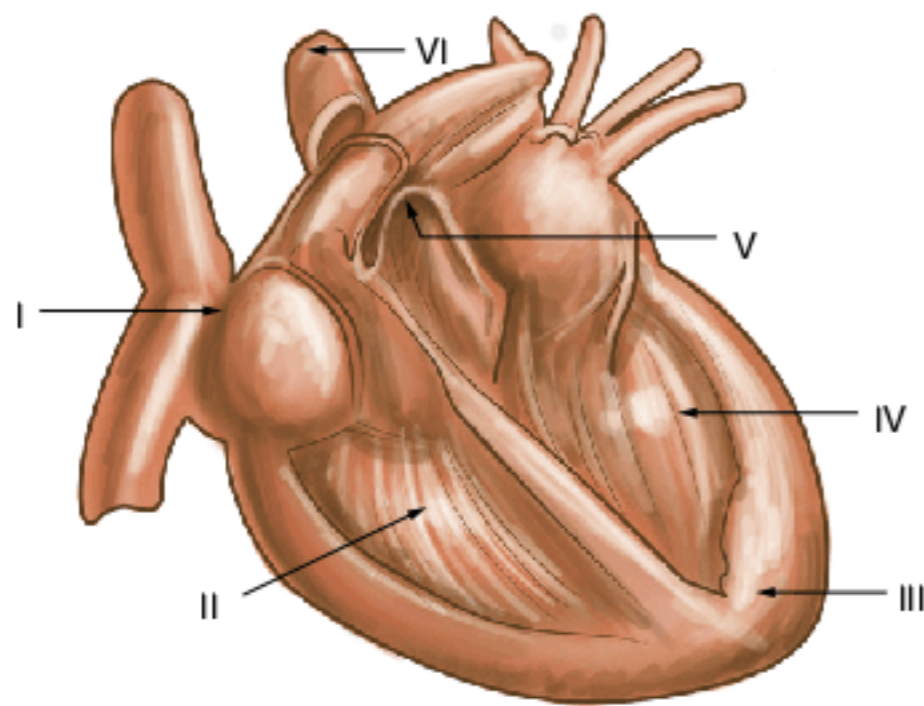
- todas.
- apenas II, III e IV.
- apenas II e III.
- apenas I, II e III.
- apenas I e IV.

**17 Uerj** Em um contraste radiológico, uma substância opaca ao raio X foi injetada por via venosa no braço de um paciente submetido a uma radiografia dos rins. Essa substância, logo após a injeção e antes de atingir os rins, passa pela seguinte sequência de estruturas anatómicas.

- Pulmões – átrio cardíaco direito – ventrículo cardíaco direito – átrio cardíaco esquerdo – ventrículo cardíaco esquerdo.
- Átrio cardíaco direito – ventrículo cardíaco direito – pulmões – átrio cardíaco esquerdo – ventrículo cardíaco esquerdo.
- Pulmões – átrio cardíaco esquerdo – ventrículo cardíaco esquerdo – átrio cardíaco direito – ventrículo cardíaco direito.
- Átrio cardíaco esquerdo – ventrículo cardíaco esquerdo – pulmões – átrio cardíaco direito – ventrículo cardíaco direito.



**18 Ufes**



Analisando a figura do sistema circulatório do homem, podemos afirmar que:

- (a) cada ciclo cardíaco é iniciado em I pela geração espontânea de um potencial de ação que se propaga diretamente para II, promovendo sua contração.
- (b) o fato de a sístole em II ocorrer primeiro é importante, pois possibilita a IV maior enchimento de sangue antes de bombeá-lo para a circulação sistêmica.
- (c) quando II e IV se encontram em diástole, as artérias relaxam, mantendo assim uma pressão adequada para que o sangue continue circulando até a próxima sístole.
- (d) ao final da sístole, após o fechamento de V, a pressão em VI cai lentamente durante toda a diástole.
- (e) a estimulação parassimpática é responsável pelo aumento das contrações em III, aumentando também o volume e a pressão de bombeamento do sangue.

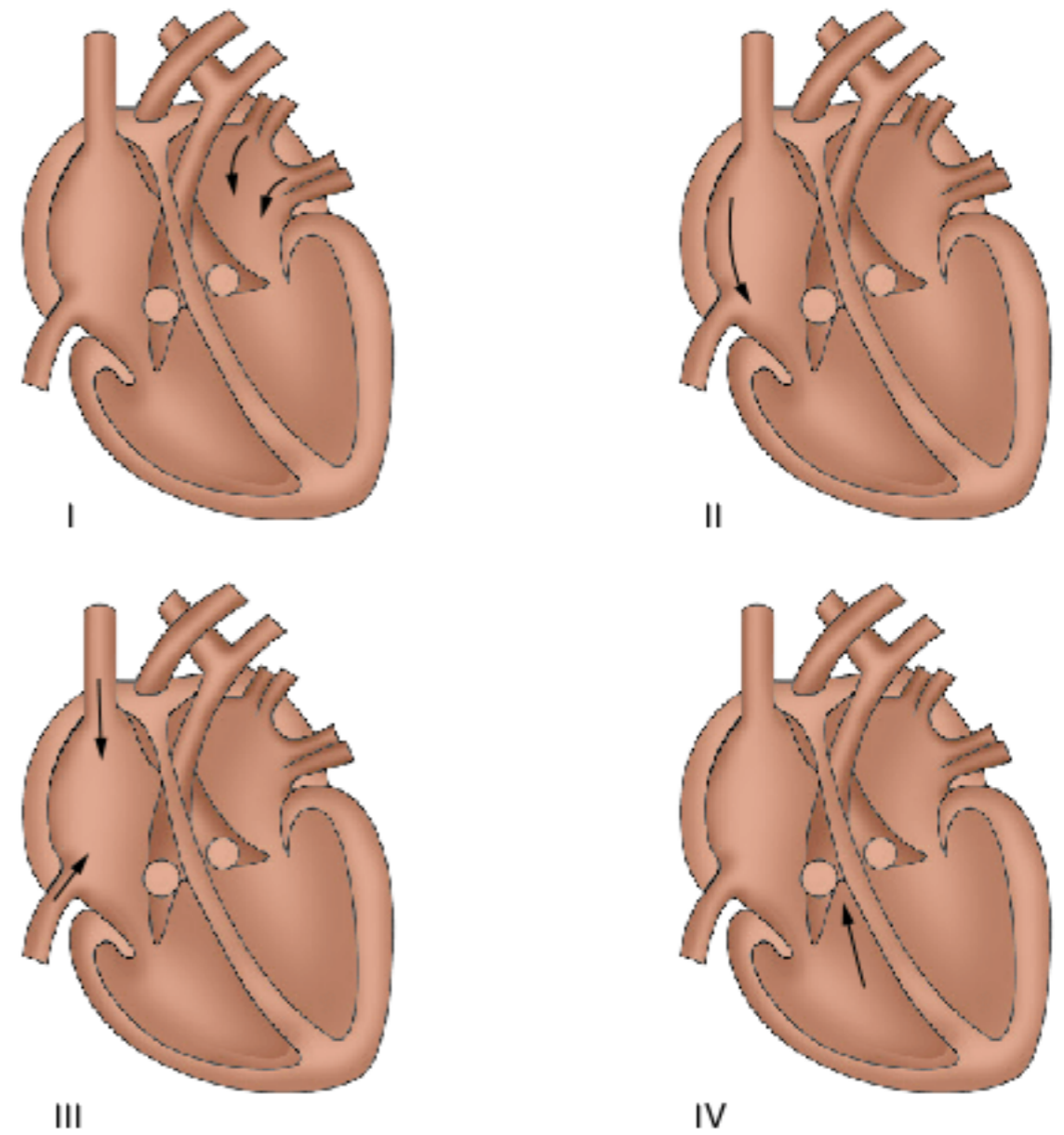
**19 UFRN** As mais comuns doenças cardíacas são causadas por má irrigação do músculo cardíaco, o que pode parecer uma contradição: quando o sangue está nas cavidades do coração, não pode ser utilizado para irrigar o músculo cardíaco.

- a) Esclareça por que não ocorre essa utilização.
- b) Descreva como ocorre a irrigação do coração.
- c) Apresente possíveis efeitos, no organismo humano, provocados pela má circulação do músculo cardíaco.

**20 PUC-Rio** Na circulação dos mamíferos, o coração funciona como uma bomba que se contrai e se relaxa ritmicamente. O sangue bombeado percorre todo o corpo em uma sequência constante. Assinale a afirmação correta entre as abaixo apresentadas.

- (a) O sangue venoso passa do átrio para o ventrículo direito e de lá é bombeado para a artéria pulmonar.
- (b) A artéria pulmonar se ramifica, levando o sangue arterial para o pulmão, onde ocorre a hematose.
- (c) O sangue arterial volta ao coração pela aorta, entrando pelo átrio direito e recomeçando o trajeto.
- (d) É chamada pequena circulação a via que leva o sangue arterial aos tecidos e traz de volta o sangue venoso para o coração.
- (e) O sangue venoso é vermelho vivo devido à combinação da hemoglobina com o oxigênio, enquanto o sangue arterial é azul-escuro.

**21 PUC-MG 2004** Os esquemas mostram as diferentes etapas da circulação no coração de um mamífero. Assinale a etapa que representa o fluxo do sangue que sofreu hematose.



- (a) I
- (b) II
- (c) III
- (d) IV



## Frente 1

6

Proteínas

### Revisando

- São moléculas orgânicas formadas pela união de vários aminoácidos.
- Estrutural: colágeno  
Transporte: hemoglobina  
Movimento: actina  
Alimento (nutrição): albumina  
Defesa: anticorpo anti-Rh  
Coordenação: insulina  
Ação catalítica: sacarase
- Síntese por desidratação.
- São os aminoácidos que não são produzidos pelo organismo humano e têm de ser adquiridos na alimentação.
- São aminoácidos que podem ser sintetizados pelo organismo humano a partir de outras substâncias orgânicas.
- É a sequência de aminoácidos de uma proteína.
- Estrutura secundária.
- Estrutura terciária.
- DNA – RNAm – aminoácidos.
- Aminoácidos – função.
- É quando uma proteína perde sua forma e função sem sofrer alterações na estrutura primária. Alterações no pH, na temperatura e na radiação ultravioleta.
- São proteínas com função catalítica.
- pH, temperatura e concentração de substrato.
- É uma molécula que auxilia o funcionamento de uma enzima.

### Exercícios propostos

#### Papéis biológicos das proteínas

- D

#### Aminoácidos e peptídeos

- B
- D
- A
- C
- D
- C

#### Estrutura das proteínas

- C
- C

#### Forma e função

- A

#### Desnaturação proteica

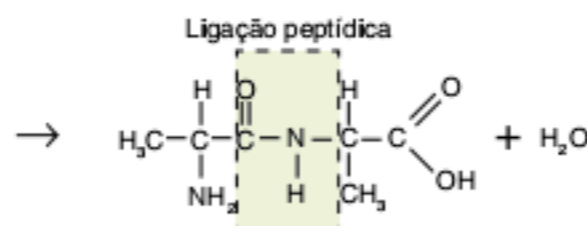
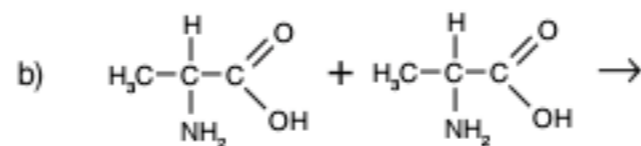
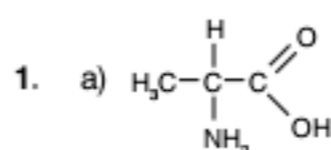
- D

#### As enzimas

- C
- A
- C
- C

### Exercícios complementares

#### Papéis biológicos das proteínas



- E

#### Forma e função

- D

#### Nutrição

- C
- Proposta IV. O ferro é essencial para a produção de hemoglobina – pigmento vermelho presente nas hemácias – que realiza o transporte de oxigênio dos pulmões aos tecidos do corpo.

7

Ácidos nucleicos e síntese de proteínas

### Revisando

- São macromoléculas constituídas por nucleotídeos. Os dois tipos são DNA e RNA.
- Pentose, fosfato e base nitrogenada.
- Ribose, que pertence ao RNA, e desoxirribose, que pertence ao DNA.
- Adenina, timina, guanina e citosina: DNA.  
Adenina, uracila, guanina e citosina: RNA.
- Núcleo de células eucariontes, citoplasma de células procariontes, cloroplastos e mitocôndrias.
- Molécula com extremidades livres, associada a histonas.
- Molécula circular não associada a proteínas.
- É material hereditário e é responsável pelo controle do metabolismo.
- Porque a molécula-filha contém metade da molécula-mãe.
- É o processo de formação do RNAm a partir do DNA.
- É o processo de formação de proteínas a partir do RNAm.
- RNAm, que transfere a informação do DNA; RNAt, que transfere os aminoácidos necessários para a síntese proteica e RNAr, relacionado ao processo de tradução.
- É a correspondência entre 3 bases nitrogenadas e um aminoácido.
- Em quase todos os seres vivos, a correspondência entre as bases nitrogenadas e o código genético é a mesma.
- Porque diferentes códons codificam o mesmo aminoácido.
- É quando uma molécula de RNAm é percorrida ao mesmo tempo por vários ribossomos.

### Exercícios propostos

#### Estrutura do DNA

- B
- D
- A
- E
- A
- D
- E

#### Papéis do DNA

- B
- B
- E
- 05
- B

#### RNA

- B
- E
- C
- A
- C
- C
- E

#### Código genético e síntese de proteínas

- B
- C
- C
- E
- C
- A
- B

### Exercícios complementares

#### Estrutura do DNA

- a) fosfato, pentose e base nitrogenada.  
b) citosina e timina.
- C
- C

#### Papéis do DNA

- 29

#### RNA

- a) Tipo de molécula: ácido ribonucleico (RNA).  
Justificativa: a uridina se incorpora ao ácido ribonucleico. Esse ácido é principalmente sintetizado no nucléolo, deslocando-se posteriormente para o citoplasma.  
b) Compartimento: núcleo.  
Justificativa: a timidina é exclusiva do DNA, encontrado principalmente no núcleo.
- a) C = G = 29% e A = T = 21%.  
b) Porque a proporção de bases apresentada refere-se às duas cadeias da molécula de DNA, que é diferente do RNA devido ao corte dos íntrons.
- A



**Código genético e síntese de proteínas**

8. a) É a correspondência entre as trincas de bases dos códons e os aminoácidos por eles codificados.  
b) Porque um único aminoácido pode ser codificado por mais de um códon.
9. Não. O código genético é degenerado, isto é, pode haver códons diferentes para um determinado aminoácido.
10. a) Pois códons de duas letras codificam poucos aminoácidos.  
b) Pela existência do código degenerado, poderá mais de um códon determinar um único aminoácido, porém o códon sempre especifica um único tipo de aminoácido; há códons que indicam parada no processo de síntese de proteína e não correspondem a nenhum aminoácido.
11. a) A duplicação e replicação semiconservativa das moléculas de DNA.  
b) Sim, pois as mutações propiciam variabilidade genética.
12. D

**Produto da síntese proteica (polipeptídeo)**

13. val - his - leu - thr - pro - glu - glu - lys
14. 12
15. a) RNA-polimerase.  
b) UAC.  
c) W - A - T - S - O - N - E - C - R - I - C - K.  
d) A proteína não será formada, pois foi alterado o códon de iniciação.
16. a) DNA  $\xrightarrow{\text{transcrição}}$  RNAm  $\xrightarrow{\text{Tradução}}$  Proteína  
b) Não. Sendo o código genético degenerado, diferentes trincas de nucleotídeos especificam o mesmo aminoácido.
17. 03
18. V; F; V; F; V.
19. A mutação deve ter alterado um códon que codificava um aminoácido transformando-o em um códon de parada, que interrompe a leitura do RNAm pelo ribossomo.
20. A mudança 2, pois essa é a única que provoca troca de aminoácidos. Essa troca altera a estrutura do peptídeo, o que pode alterar sua função.
21. Os organismos eucariotos possuem íntrons, regiões não codificantes em seu DNA, que serão eliminadas no processo de maturação do RNA mensageiro, antes que ele seja traduzido em proteína.

8

Benergética

**Revisando**

1. Respiração celular e fermentação.
2. Gás carbônico, água e ATP.
3. Desidrogenação é a remoção de hidrogênios de uma molécula orgânica. Descarboxilação é a retirada de uma carboxila, processo que gera gás carbônico. Fosforilação é acréscimo de fosfato, como ocorre na formação de ATP a partir de ADP.

4. Glicólise (citossol), ciclo de Krebs (matriz mitocondrial) e fosforilação oxidativa (membrana interna mitocondrial).
5. Anaeróbio. ATP, NADH e H<sup>+</sup>.
6. É um receptor intermediário de hidrogênios.
7. Gás carbônico, NADH e H<sup>+</sup>.
8. Cítrico, NADH e H<sup>+</sup>, FADH<sub>2</sub> e ATP.
9. ATP e água.
10. É o conjunto de reações entre moléculas pequenas para sintetizar moléculas maiores.
11. É a degradação de moléculas maiores em moléculas menores.
12. A fotossíntese emprega luz, enquanto a quimiossíntese não emprega.
13. Ele é originado a partir da água.
14. Em lamelas membranosas presentes no citossol.
15. Membranas, *granum*, *grana*, estroma, clorofila b.
16. DNA circular sem histonas.
17. Amiloplastos, leucoplastos e cromoplastos.
18. Etapa fotoquímica, que ocorre nos tilacoides e nas lamelas, e a etapa química, que ocorre no estroma.
19. Ocorre a fotólise da água, gerando oxigênio (que é liberado para o ambiente), elétrons e H<sup>+</sup>, que são utilizados na fase química.
20. É a formação de ATP, a partir de ADP e Pi, empregando energia luminosa.
21. CO<sub>2</sub>. Utiliza ATP e NADP<sup>+</sup> H<sup>+</sup>.
22. Carboidrato, que não é utilizado pela fase fotoquímica, e ADP, Pi e NADP<sup>+</sup>, utilizados pela fase fotoquímica.
23. Vermelho e azul.
24. É o fator que, não sendo disponibilizado em quantidade suficiente, limita a taxa de fotossíntese.
25. É o ponto em que a taxa de fotossíntese e de respiração celular aeróbia são iguais.

**Exercícios propostos**

**Respiração celular**

1. D
2. B
3. A

**Ciclo de Krebs e cadeia respiratória**

4. C
5. B
6. C

**Fermentação**

7. B
8. D
9. D

**Fotossíntese**

10. A
11. A
12. D
13. B
14. D
15. D
16. C
17. C
18. A
19. E

20. D
21. E
22. A
23. D
24. D
25. B
26. B
27. A

**Fisiologia da fotossíntese**

28. A
29. A
30. D
31. E
32. B
33. A
34. D
35. D
36. B
37. B
38. D

**Exercícios complementares**

**Cadeia respiratória**

1. A fração A contém mitocôndrias, visto que há uma grande produção de ATP e um concomitante consumo de oxigênio, o que indica a ocorrência de fosforilação oxidativa ao longo da cadeia respiratória.

**Fermentação**

2. a) Na fermentação, o consumo de glicose é maior.  
b) O rendimento energético da fermentação é menor do que a produção energética obtida na respiração aeróbia.
3. Como a produção de ATP via metabolismo aeróbio é insuficiente pelas limitações no aporte de oxigênio durante o exercício, a célula muscular passa a usar, principalmente, a fermentação láctica, que gera ATP de modo mais rápido. Essa fermentação é o mecanismo pelo qual a célula muscular reoxida o NADH + H<sup>+</sup>, permitindo o funcionamento contínuo da glicólise em condições anaeróbias.
4. Quando o músculo entra em "débito" de oxigênio. Para evitar a produção excessiva e o acúmulo desse ácido, o atleta amador poderia realizar um "aquecimento" muscular, e treinamentos periódicos antes das competições, a fim de ativar a circulação sanguínea, facilitar o transporte de O<sub>2</sub> e retirar com maior eficácia as excretas produzidas.
5. C
6. E
7. a) Rotas 1 e 2, ou seja, fermentação alcoólica e láctica.  
b) Organismos:  
Rota 1 - fungos (fermento biológico).  
Rota 2 - bactérias (lactobacilos).  
Produtos:  
Rota 1 - bebidas alcoólicas e pães.  
Rota 2 - iogurtes e coalhadas.
8. E

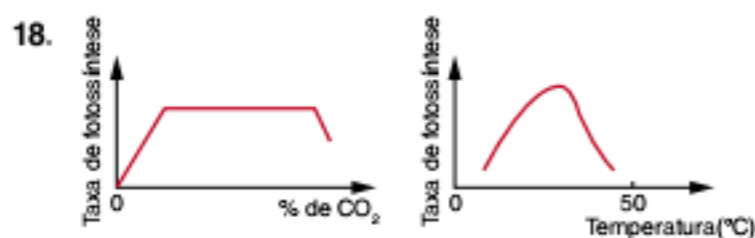


**Fotossíntese**

9. a) Esgotamento do suprimento de oxigênio, necessário à respiração do animal, no interior do recipiente de vidro.  
 b) A FOTOSSÍNTESE produz o oxigênio consumido pela RESPIRAÇÃO do camundongo.  
 c) MITOCÔNDRIA: respiração celular  
 CLOROPLASTO: fotossíntese
10. a) Fotossíntese.  
 b) Cloroplastos.  
 c) Glicose, água e oxigênio.
11. C
12. a) 1 - mitocôndria; 2 - vegetal;  
 3 - DNA e RNA; 4 - fotossíntese.  
 b) Mitocôndria e cloroplasto apresentam na sua constituição os ribossomos, DNA e RNA, podendo sintetizar suas próprias proteínas. Originam-se, por duplicação, de outras pre-existentes.
13. Melhora a eficiência da fotossíntese por aumentar a superfície total de exposição dos cloroplastos.
14. C

**Fisiologia da fotossíntese**

15. D  
 16. D  
 17. Além da clorofila a, as plantas possuem a clorofila b, cujos máximos de absorção da luz do sol ocorrem nos comprimentos de onda 450 a 500 nm e 625 a 650 nm.



19. a) A maior taxa de fotossíntese ocorreu no tubo A, pois está mais próximo da fonte luminosa. Nele a fotossíntese absorveu CO<sub>2</sub>. A redução da taxa de CO<sub>2</sub> tornou o meio alcalino e o cresol mostrou a cor arroxeadada.  
 b) No tubo B a taxa de respiração foi maior do que a fotossíntese, levando à liberação de CO<sub>2</sub> (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) para o meio. O aumento na concentração de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> deixou o meio ácido e o cresol adquiriu a cor amarela.
20. 09  
 21. V; V; V; F; F.

**Teoria quimiosmótica da produção ATP**

22. D  
 23. D

**Detalhes sobre a fotossíntese**

24. Não há fluorescência porque os elétrons excitados são transferidos para a cadeia de transportadores de elétrons, não retornando diretamente para a clorofila.
25. B  
 26. D  
 27. B  
 28. C  
 29. D

30. C  
 31. E

**9 Origem dos primeiros seres vivos**

**Revisando**

- Vapor-d'água, metano, amônia e gás hidrogênio.
- Altas temperaturas, elevada quantidade de radiação ultravioleta e intensas tempestades, com muitos raios.
- Aminoácidos.
- Aminoácidos teriam reagido sobre rochas quentes, gerando proteínas.
- Compostos formados por proteínas nos oceanos antigos.
- Ele poderia ser autótrofo fotossintetizante, um processo muito complexo para sua simplicidade, ou heterótrofo.
- A disponibilidade de oxigênio permitiu o surgimento da respiração aeróbia para os seres vivos e a formação de ozônio, que permitiu a exploração da vida em ambiente terrestre.
- Monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás nitrogênio (N<sub>2</sub>) e vapor-d'água.
- Seria um organismo fermentador com RNA como material genético.

**Exercícios propostos**

**Hipótese da panspermia**

1. C

**Hipótese de Oparin e testes dessa hipótese**

2. D  
 3. A  
 4. D

**Hipótese heterotrófica e autotrófica – visão tradicional**

5. B  
 6. C  
 7. E  
 8. B  
 9. A

**Exercícios complementares**

**Hipótese da panspermia**

1. E

**Hipótese de Oparin e testes dessa hipótese**

2. 31  
 3. D  
 4. E  
 5. D  
 6. C

**Hipótese heterotrófica e autotrófica – visão tradicional**

7. a) Os cientistas testaram a hipótese heterotrófica, segundo a qual os gases da atmosfera primitiva poderiam formar, espontaneamente, os compostos orgânicos que originaram as primeiras formas viventes no planeta Terra.  
 b) Aminoácidos.

- c) Organismos autótrofos fotossintetizantes, surgidos por mutação, liberaram gás oxigênio.

8. E  
 9. D  
 10. D  
 11. A

**Visão atual sobre Oparin e o primeiro ser vivo**

12. Em lo poderiam ter se desenvolvido bactérias (ou arqueas) quimioautotróficas. A energia para a síntese de matéria orgânica seria obtida a partir da oxidação de substâncias inorgânicas.
13. C  
 14. E

**10 Citoplasma**

**Revisando**

- O citoplasma, em uma célula eucariótica, situa-se entre a membrana plasmática e a carioteca (parede do núcleo).
- Citosol é uma massa coloidal composta fundamentalmente de água e proteínas.
- No citosol, estão imersos os orgânulos, as inclusões e o citoesqueleto; diversos materiais que desempenham papéis relevantes no metabolismo celular estão dissolvidos no citosol (íons, açúcares, bases nitrogenadas, aminoácidos etc.).
- Cloroplasto é uma estrutura membranosa relacionada com a fotossíntese. Possui DNA próprio e apresenta capacidade de se reproduzir, originando novos orgânulos.
- Ribossomos são constituídos por proteínas e por RNA ribossômico, proveniente do nucléolo. São formados por duas subunidades, uma maior do que a outra, sendo que as duas apenas se reúnem durante a síntese de proteínas.
- Os retículos endoplasmáticos são constituídos basicamente por canais e tubos membranosos, e sua função principal é o transporte de materiais no interior da célula. O retículo endoplasmático rugoso apresenta ribossomos aderidos à sua parede, sendo responsável também pela síntese de proteínas.
- Os lisossomos são oriundos do complexo golgiano. São vesículas membranosas que contêm enzimas digestivas e realizam a digestão intracelular.
- Ambas são vesículas membranosas que contêm enzimas, mas as enzimas dos lisossomos promovem reações de digestão, e as enzimas dos peroxissomos promovem, exclusivamente, reações de oxidação.
- Microfilamentos, filamentos intermediários e microtúbulos.
- Os centríolos são produzidos no centrosomo de células animais. São constituídos por microtúbulos.

**Exercícios propostos**

1. D  
 2. C  
 3. E  
 4. D



5. V; V; V; V; F.
6. B
7. C
8. E
9. E
10. 37
11. E
12. B
13. C
14. A
15. A
16. a) Lisossomos são organelas intracelulares que executam a digestão de material endógeno e exógeno.
- b) As enzimas contidas nos lisossomos são proteínas produzidas pelos ribossomos sob comando genético. Mutações nos genes que codificam esses catalisadores proteicos podem ser transmitidas à descendência.
17. B
18. A
19. D
20. 50
21. V; F; F; F; V.
22. C
23. E
24. C
25. A
26. 78
27. a) Lisossomos são organelas citoplasmáticas constituídas por uma membrana originada a partir do complexo de Golgi. Contêm enzimas digestivas que foram produzidas pelos ribossomos do retículo endoplasmático rugoso.
- b) Digestão intracelular heterofágica e autofágica.
- c) Mitocôndrias são os organelos responsáveis pela produção de energia (ATP), produzida por meio da respiração celular e necessária no metabolismo da célula.
28. C

### Exercícios complementares

1. A
2. a) Ribossomos são responsáveis pela síntese das proteínas celulares.
- b) Os ribossomos aderidos às membranas do retículo endoplasmático são especializados em produzir proteínas para exportação. Após a síntese, os polipeptídeos serão transferidos ao complexo golgiense. Esse organelo se encarrega de promover a eliminação dessas substâncias em grânulos de secreção.
- c) Mitocôndrias e cloroplastos são organelos citoplasmáticos capazes de produzir suas próprias proteínas, já que possuem também DNA (genes) em seu interior.
3. B
4. a) Mitocôndrias são responsáveis pela oxidação de compostos orgânicos, fenômeno que libera a energia necessária ao funcionamento celular. As células hospedeiras fornecem as condições apropriadas para a sobrevivência e reprodução desses organelos.

- b) Cloroplastos são organelos responsáveis pela fotossíntese. Nesse processo bioquímico, são produzidas as substâncias orgânicas que mantêm as cadeias e as teias alimentares dos ecossistemas terrestre e aquático. Além disso, o consumo de dióxido de carbono e a produção de oxigênio contribuem para a manutenção da composição da atmosfera terrestre.
5. a) A água oxigenada é aplicada em ferimentos visando sua desinfecção por bactérias anaeróbias. Isso acontece porque a decomposição da água oxigenada, reação catalisada pela enzima catalase, libera oxigênio livre. Dessa forma, impede-se a proliferação de tais bactérias, como é o caso do *Clostridium tetani*, agente causador do tétano.
- b) A organela é o lisossomo, que participa do processo de digestão intracelular.
6. E
7. Mitocôndrias realizam a respiração celular, ou seja, produzem a energia necessária à manutenção do metabolismo celular. O retículo endoplasmático rugoso apresenta ribossomos que são responsáveis pela síntese de proteínas.
8. E
9. C
10. A
11. A
12. E
13. 71
14. E
15. 31
16. A
17. B
18. D
19. B

11

## Os envoltórios celulares

### Revisando

1. a) Celulose.
- b) Além de proteger as estruturas celulares, tem função esquelética, o que permite a sustentação do vegetal.
- c) Celulose, suberina ou lignina.
- d) A parede celular vegetal tem como característica ser espessa e dotada de rigidez.
2. Plasmalema e membrana lipoproteica.
3. Proteger a célula, contribuir para a manutenção da forma e controlar as trocas entre a célula e o meio externo.
4. V; F; F; F; V.
5. Controlar o fluxo de materiais.
6. Glicocálix é uma camada formada pelos carboidratos da superfície externa de células animais. Também pode ser denominado glicocálice. Essa estrutura protege a célula e pode promover lubrificação, diminuindo o atrito contra agentes externos.

### Exercícios propostos

1. B
2. Sua composição química básica são fosfolípidos e proteínas.
3. E
4. 40
5. a) I. Proteína  
II. Bicamada lipídica  
III. Glicocálix
- b) Osmose; difusão facilitada.
- c) O glicocálix está indicado pelo número III.
6. B
7. C
8. C

### Exercícios complementares

1. D
2. B
3. B
4. a) X – lipídeos  
Y – proteína
- b) Considerando o esquema do mosaico fluido, o transporte de substâncias através da membrana pode ocorrer de duas maneiras: por difusão, através da bicamada lipídica, e pelas proteínas transportadoras, chamadas permeases.
5. B

## Frente 2

6

### O homem e o ambiente

### Revisando

1. É a população que ultrapassou a capacidade-limite do ambiente.
2. a) Destruição de habitats para pastagens e plantações; isso promove emprego de defensivos agrícolas, empobrecimento do solo, erosão, lixiviação e assoreamento.
- b) Utilização de terras (moradia e indústrias), desmatamento, mineração, extração de petróleo, poluição (ar, água e solo).
3. É o processo que arrasta parte do solo de uma região para outra, sendo causado pela água e pelo vento.
4. É o carregamento de nutrientes do solo pela água. Promove o empobrecimento do solo.
5. É o acúmulo de sedimentos (argila, areia ou lodo) no fundo de rios, canais ou lagos, reduzindo a profundidade e a velocidade da corrente. É causada por erosão e é acelerada por desmatamento, ocupação urbana, mineração, agricultura e pecuária.
6. É um processo que resulta na descontinuidade no ambiente de uma ou mais espécies. Suas consequências são a perda de condições para a sobrevivência de muitas espécies e a interrupção do fluxo de genes entre os grupos que ficaram isolados.
7. Espécies exóticas ocupam nichos ecológicos disponíveis em seu novo meio; causar a extinção de espécies nativas comportando-se como predadores, parasitas ou competidores.



8. Ocorre através de caça ou pesca intensivas.
9. É a contaminação da água, do ar ou do solo com quantidades indesejáveis de materiais ou energia.
10. São poluentes gerados diretamente por uma fonte produtora.
11. São poluentes formados a partir de poluentes primários.
12. Porque no inverno o ar é mais frio e, graças a isso, torna-se mais denso e não há a circulação normal de ar.
13. Óxidos de nitrogênio e CFCs.
14. É a retenção de energia térmica pela atmosfera, causada por CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, vapor-d'água, CFCs e óxidos de nitrogênio.
15. Porque as árvores sequestram CO<sub>2</sub> da atmosfera, diminuindo o efeito estufa.
16. É o fornecimento em excesso de nutrientes para um ambiente.
17. É o crescimento rápido e exagerado de microrganismos na água.
18. Demanda bioquímica de oxigênio.
19. Porque ele forma uma película sobre a água que prejudica a entrada de luz.
20. É a utilização de bactérias para degradar algum poluente, como o petróleo.
21. É a passagem e o acúmulo de substâncias não biodegradáveis ao longo de uma teia alimentar.
22. Filtros de ar, conversores catalíticos e fontes alternativas de energia.
23. A técnica de hidroponia, o tratamento de esgoto e do lixo, a utilização de adubos orgânicos e a rotação de culturas.
24. É a utilização dos recursos naturais de forma a permitir o bem-estar da população atual sem comprometer a qualidade de vida das gerações futuras, preservando as espécies e os recursos naturais.
25. É a área de território, expressa em hectares, utilizada para atender as necessidades de manutenção de determinados estilos de vida de uma sociedade ou de um indivíduo; inclui três componentes: consumo, processamento de resíduos gerados e interação com as outras espécies.

### Exercícios propostos

#### O homem e o ambiente

1. E
2. B
3. B
4. D
5. B
6. B
7. C
8. C
9. D
10. E
11. E
12. A
13. D
14. D
15. D
16. E
17. B

18. B
19. A
20. A
21. A
22. C
23. A
24. C
25. E
26. E
27. B
28. D
29. C
30. A
31. A
32. E
33. D
34. D
35. D
36. D
37. C
38. B
39. A
40. C

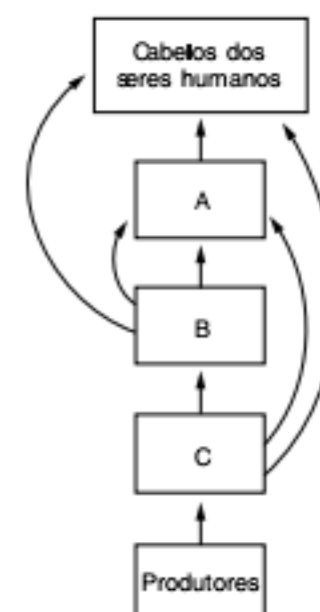
### Exercícios complementares

#### O homem e o ambiente

1. B
2. A
3. A
4. D
5. D
6. C
7. E
8. E
9. A
10. B
11. A
12. D
13. V; V; F; V; V.
14. a) B, a alteração observada impede a dispersão dos poluentes.  
b) Inversão térmica. A alteração da qualidade do ar pode gerar grandes problemas, por exemplo, o excesso de CO que inativa a hemoglobina.
15. a) – Chuva ácida, devido ao aumento de gases que vão provocar a diminuição do pH da água.  
– Destruição da camada de ozônio, o que facilita a penetração da radiação ultravioleta.  
b) – A relação ecológica é o parasitismo. Respiração cutânea.
16. a) As plantas, através do processo de fotossíntese, captam o CO<sub>2</sub> da atmosfera, promovendo a redução deste gás, que é um dos principais contribuintes para o efeito estufa.  
b) Vantagem das queimadas naturais: podem contribuir para a reciclagem de minerais do solo ou favorecer a seleção natural da espécie adaptada ao fogo.  
Desvantagem das queimadas não naturais: podem provocar extinção da microbiota, empobrecimento do solo, dentre outros, desencadeando processos erosivos.

c) Ação na atmosfera: destruição da camada de ozônio.  
Importância da redução para os seres vivos: manutenção da camada de ozônio que protege os seres vivos dos efeitos nocivos de raios ultravioletas provenientes do Sol, tais como câncer de pele e catarata.

17. a) Para o gráfico 1: a queima de combustíveis fósseis/as queimadas de florestas. Para o gráfico 2: o derretimento das calotas polares.  
b) O aumento do CO<sub>2</sub> na atmosfera aumenta a temperatura do ambiente (aquecimento global), causando derretimento do gelo polar.
18. O metano, que é produzido com a atividade de microrganismos do tubo digestório do gado.
19. O fitoplâncton e o zooplâncton, especialmente o fitoplâncton, representado pelas algas, produzem a matéria orgânica e o oxigênio necessários à manutenção de vidas no planeta.
20. Na situação A, devido ao fenômeno da eutrofização, há uma proliferação generalizada de microrganismos, levando a um decréscimo na entrada de luz na água e na disponibilidade de oxigênio. Esse fato leva à proliferação de microrganismos anaeróbios, tendo como consequência a morte dos organismos aeróbios.  
Na situação B, a menor concentração da matéria orgânica aumenta a incidência da luz, favorecendo a fotossíntese, aumentando o nível de oxigênio.
21. A proliferação de organismos aeróbios diminui a quantidade de oxigênio disponível na água, o que provoca a morte dos peixes.  
A baixa concentração de oxigênio favorece o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios que produzem ácido sulfídrico durante a decomposição da matéria orgânica.
22. a) Observe esquema a seguir.



- b) Sim. A mandioca é rica em açúcares e pobre em proteínas. O peixe é rico em proteínas. A eliminação dos peixes da dieta levaria à desnutrição proteica da população humana.
23. a) A concentração de oxigênio diminui porque as manchas de petróleo impedem que a luz do Sol penetre na água e, portanto, os organismos clorofilados marinhos não realizam fotossíntese.  
b) Os poluentes marinhos podem ser tóxicos às aves; as aves podem não conseguir voar, pois ficam com as penas encharcadas de petróleo ao mergulharem no mar; pela diminuição da disponibilidade de alimentos de origem marinha.



24. V; F; V; F; V.  
 25. a) Problemas neurológicos devido ao mercúrio presente nos peixes contaminados.  
 b) Intoxicação/envenenamento e morte dos animais.  
 c) c1 – Processo: eutrofização.  
 c2 – Solução: tratamento do esgoto/despoluição da água do rio.  
 d) Assoreamento.  
 26. 11  
 27. a) Por serem herbívoras, as espécies I e II são as primeiras a apresentar os compostos organoclorados em seus tecidos. É o caso da cigarrinha e do gafanhoto.  
 b) Inseticidas organoclorados, como o DDT, não são biodegradáveis, e, por este motivo, acumulam-se ao longo das cadeias e teias alimentares. As curvas V e VI podem corresponder, entre outros, aos lagartos e às cobras.  
 28. D  
 29. C  
 30. B  
 31. C  
 32. D  
 33. V; V; V; V; V.  
 34. A  
 35. A  
 36. V; F; F; V; F.  
 37. A

**7** Procariontes: bactérias e arqueas

**Revisando**

1. Água salgada, água doce, solo, interior de hospedeiros e no ar.
2. Cocos, bacilo, espirilo e vibrião.
3. Peptidoglicano.
4. Micoplasmas.
5. São invaginações da membrana, relacionadas com a respiração celular.
6. É uma molécula de DNA circular que não está associada a histonas.
7. Elas liberam enzimas digestivas no ambiente, realizando digestão extracorpórea.
8. Alguns exemplos são comensalismo, mutualismo e amensalismo.
9. Fotossíntese e quimiossíntese.
10. A respiração aeróbia é a única que consome oxigênio e produz uma quantidade maior de energia que a respiração anaeróbia.
11. É uma forma de produção de energia que produz pouca energia e produz moléculas com elevado conteúdo energético, além de não utilizar um aceptor final de elétrons.
12. Bipartição, que só gera variabilidade quando ocorrem mutações.
13. O esporo é uma forma de resistência que permite a sobrevivência em condições ambientais adversas.
14. Podemos citar produção de insulina, leite, metano, álcool etc.
15. Elas podem atuar como decompositoras, produtoras ou participar do ciclo do nitrogênio.

16. Gotículas eliminadas, água ou alimentos contaminados por fezes, contato sexual (DST) picada de animais ou ferimentos.  
 17. Arqueas não possuem peptidoglicano.  
 18. *Archaea*, Bacteria e *Eukarya*.

**Exercícios propostos**

**Bactérias – Ambiente e estrutura**

1. A
2. C
3. B
4. E
5. E

**Bactérias – Nutrição e liberação de energia**

6. E
7. B

**Bactérias – Reprodução**

8. D
9. E
10. A

**Importância das bactérias**

11. E
12. A
13. E

**Arqueas**

14. E

**Exercícios complementares**

**Bactérias – Nutrição e liberação de energia**

1. D

**Bactérias – Reprodução**

2. C
3. B
4. 14

**Arqueas**

5. E

**Doenças causadas por bactérias**

6. D
7. E
8. A água das enchentes espalha a urina do rato contaminada com a bactéria causadora da Leptospirose.
9. C
10. Sífilis – causada pela bactéria *Treponema pallidum* é transmitida por contato sexual, transfusões sanguíneas e via placentária da mãe para o filho.  
 Cólera – ingestão de água e alimentos contaminados com fezes humanas de doentes ou portadores da bactéria *Vibrio cholerae*.
11. E
12. E
13. E
14. C
15. A
16. A
17. E
18. D
19. C

20. a) O tétano é causado pela bactéria *Clostridium tetani*. Trata-se de um agente etiológico anaeróbio e esporulado.  
 b) Contágio através de ferimentos profundos por objetos enferrujados.  
 c) Rigidez muscular.  
 d) Imunização ativa através da vacina antitetânica; processo preventivo e duradouro. Imunização passiva através do soro antitetânico, que contém anticorpos prontos. É processo terapêutico e temporário.

21. C
22. A
23. B
24. E
25. D

26. a) Bactéria *Mycobacterium tuberculosis*, ou bacilo de Koch.  
 b) Transmissão direta de pessoa a pessoa através de secreções contaminadas pelo bacilo, produzidas nas vias respiratórias do doente.  
 c) O uso indiscriminado de antibióticos seleciona as variedades resistentes aos medicamentos.

27. 15
28. 26
29. C
30. C

31. a) O *Vibrio cholerae* é uma bactéria, organismo unicelular e procariota, pertencente ao Reino Monera.  
 b) Lavar bem os alimentos ingeridos crus, beber água tratada, uso de instalações sanitárias e saneamento básico são medidas adequadas para se evitar as doenças diarreicas de veiculação hídrica.

32. E
33. B
34. D
35. C

36. a) Trata-se da bactéria *Treponema pallidum*, causadora da sífilis.  
 b) A bactéria atravessa a barreira placentária e alcança o feto, provocando a infecção e, consequentemente, lesões no sistema nervoso central.

37. B
38. C

**8** Vírus

**Revisando**

1. Significa que só têm atividade metabólica quando infectam uma célula hospedeira.
2. Reprodução e mutação.
3. É uma unidade viral completa, que pode conter nucleocapsídeo, cauda e fibras da cauda.
4. É um conjunto constituído pelo capsídeo proteico e material genético.
5. Lipídeos e glicoproteínas.
6. Ela pode ocorrer de três modos principais: injeção de ácido nucleico, fusão e endocitose.



- Ar, lesões, sangue, água e alimentos contaminados, animais infectados.
- Lítico e lisogênico. No princípio, o ciclo lisogênico não gera ruptura da célula, mas ela pode ocorrer após certo tempo.
- É a estrutura formada pelo DNA do vírus e o DNA da célula hospedeira.
- Ele possui RNA como material genético e tem as enzimas integrase e transcriptase reversa.
- Por fazer o processo de transcrição reversa.
- RNA, ele não gera DNA ao longo do seu ciclo.
- Haemagogus* sp. e de *Aedes aegypti*, sendo que o último é típico de ambientes urbanos.
- Den-1, Den-2, Den-3 e Den-4.
- A prevenção da dengue envolve o combate aos mosquitos adultos, o uso de repelentes e o cuidado para evitar acúmulos de água. Não há vacina contra a dengue.

### Exercícios propostos

#### Características gerais dos vírus

- C
- D
- C
- C
- A
- C
- A
- B
- A
- C
- F; F; V; V; F
- V; F; F; V; V
- E
- C
- B

#### Viroses

- D
- a) Os linfócitos T são infectados pelos vírus e destruídos após os primeiros meses da doença.  
b) Grande parte dos vírus é destruída pela produção e atuação de linfócitos e outras células de defesa, ainda em grande número durante o primeiro ano de desenvolvimento da doença.
- C

### Exercícios complementares

#### Características gerais dos vírus

- B
- D
- E

#### Viroses

- D
- A
- B
- E
- a) Síndrome – conjunto de sinais e sintomas relacionados com a presença do vírus HIV no organismo humano. Imunodeficiência – falência do sistema imunológico responsável

pela defesa do organismo. Adquirida – Aids é uma virose transmissível.

- Relações sexuais, transfusões sanguíneas, uso de seringas entre drogados e via placentária da mãe para o filho.
- I - Aids  
II - Sífilis  
III - Tricomoníase ou Leucorreia
  - A
  - E
  - D
  - C
  - 18
  - D
  - A
  - B
  - D
  - B
  - C
  - D
  - C
  - C
  - E
  - a) O mosquito *Aedes aegypti* é o transmissor da dengue e da febre amarela.  
b) As substâncias liberadas pela queima da vela de andiroba são capazes de diminuir o apetite das fêmeas dos mosquitos. Dessa forma, os pernilongos atacarão com menor voracidade o ser humano. Assim, a produção dos ovos desses mosquitos, que depende do sangue ingerido pelos animais, será menor e haverá diminuição da densidade populacional desses vetores. Conseqüentemente, diminuirá, portanto, a proliferação das doenças por eles veiculadas.
  - Os inibidores de proteases impedem que essas enzimas clivem a poliproteína que contém várias enzimas e proteínas importantes para a síntese de novas partículas virais.
  - a) Sintetiza DNA a partir de RNA.  
b) Incorporação do DNA produzido pelo vírus ao genoma da célula hospedeira.
  - C
  - C
  - a) O câncer de colo de útero, pois sua incidência é maior entre as mulheres de países pobres.  
b) O método de prevenção é o uso do preservativo (“camisinha”).
  - A
  - B
  - B
  - D

9

Fungos e algas

### Revisando

- São exemplos de fungos: cogumelo, bolor, orcha-de-pau, leveduras (o fermento biológico) e organismos causadores de micoses (pé de atleta).
- Fungos são eucariontes, uni ou pluricelulares e aclorofilados.

- A parede celular é constituída de quitina, e possuem glicogênio como reserva alimentar.
- A digestão é extracorpórea, com os fungos lançando as enzimas no ambiente.
- É um conjunto de hifas.
- Quando o micélio se desenvolve bastante no substrato, muitas hifas emergem, constituindo o corpo de frutificação.
- Certos fungos são empregados na produção de antibióticos, como a penicilina. As leveduras, como o *Saccharomyces*, são empregadas na produção de álcool e de pães.
- Fungos têm importância como decompositores e na atuação de organismos pioneiros, através de relações mutualísticas.
- Candidíase, pé de atleta e ferrugens.
- Eucariontes; uni ou pluricelulares; clorofiladas.
- Algas ocupam ambientes que apresentam umidade e luz, como solo úmido e o meio aquático.
- Ágar, alginato e diatomito.
- São constituintes do fitoplâncton. Algumas algas podem causar um fenômeno conhecido como maré vermelha.

### Exercícios propostos

#### Aspectos gerais

- C

#### Características dos fungos

- B
- E
- E
- A
- D
- D
- B

#### Importância dos fungos

- A
- B
- B
- A
- B
- B
- A
- D

#### Características e importância das algas

- B
- B
- A
- C
- B
- E

### Exercícios complementares

#### Características dos fungos

- O aluno retirou apenas os corpos de frutificação dos fungos quando passou o pano com álcool. O micélio do fungo permaneceu no interior da madeira da porta e, após uma semana, toda a parte externa reprodutiva foi refeita.



2. a) Os fungos são saprófitos ou parasitas, além de serem heterótrofos.  
b) Reprodução por esporos, que são resistentes em qualquer ambiente.
3. A

#### Importância dos fungos

4. a) As células da levedura, inicialmente, eliminam enzimas digestivas para o meio extracelular. Após a digestão enzimática da sacarose, os produtos da reação serão absorvidos pela membrana celular através do processo de difusão facilitada.  
b) A oxidação completa dos monossacarídeos glicose e frutose, resultantes da digestão da sacarose, resultará na produção de H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>. O CO<sub>2</sub> será eliminado pelas células da levedura.
5. a) Os fungos são organismos heterótrofos que se reproduzem por esporos em pelo menos uma fase de sua vida. Junto com as bactérias, eles têm papel importante nos ecossistemas, pois são responsáveis pela decomposição da matéria orgânica participando da circulação de matéria na natureza.  
b) Os fungos produzem toxinas que permanecem nas sementes mesmo após a eliminação dos mesmos. Essas toxinas podem causar intoxicação no homem.  
c) Assemelham-se aos animais, pois são heterótrofos e não conseguem produzir seu próprio alimento como as plantas fazem. No entanto, há fungos que, como as plantas, formam e lançam seus esporos ao vento.
6. D  
7. C

#### Características e importância das algas

8. A  
9. D  
10. C  
11. a) São eucariontes, clorofiladas, autótrofas, não apresentam tecidos verdadeiros, podem ser unicelulares ou pluricelulares.  
b) São produtores do ecossistema aquático.  
c) Cana e milho.
12. V;V;V;V;F  
13. E

#### Classificação dos fungos

14. a) Apresenta micélio (conjunto de hifas), reserva de glicogênio, são aclorofilados, apresentam esporos para reprodução e parede celular com quitina.  
b) Pode ocorrer reprodução por meio de esporos; no ciclo de vida há um processo sexual envolvendo a fusão de hifas
15. V;F;V;F;F  
16. E  
17. A

## 10 Plantas e ciclos reprodutivos

### Revisando

- Os principais grupos de plantas são: briófitas (musgo), pteridófitas (samambaia), gimnospermas (pinheiro) e angiospermas (laranjeira).
- É um tipo de divisão celular que mantém constante o número de cromossomos.
- É um tipo de divisão celular que reduz à metade o número de cromossomos.
- É o ciclo haplobionte diplonte. A meiose gera gametas.
- Metagênese é a alternância de duas gerações, uma haploide e outra diploide.
- O gametófito é haploide, tem estruturas reprodutoras denominadas gametângios e suas células reprodutoras são os gametas.
- O esporófito é diploide, tem estruturas reprodutoras denominadas esporângios e suas células reprodutoras são os esporos.
- É o ciclo diplôntico. A meiose gera esporos.
- O gameta masculino é o anterozoide. O gameta feminino é a oosfera.
- É o ciclo haplôntico haplonte. A meiose gera esporos. A meiose ocorre no zigoto e é denominada zigótica.

### Exercícios propostos

#### Planta e ciclos reprodutivos

- A
- A
- D
- B
- B
- E
- D

### Exercícios complementares

#### Planta e ciclos reprodutivos

- Na fase do gametófito, pois ela é resultante de células que sofreram meiose, divisão celular em que ocorre a separação dos cromossomos homólogos e redução de seu número à metade.
- B
- a) A geração haploide mais duradoura nos vegetais do tipo A está mais sensível às mudanças ambientais ou sujeita às expressões negativas do genótipo.  
b) Aumento da variabilidade genética.

## 11 Briófitas e pteridófitas

### Revisando

- Plantas vasculares são denominadas traqueófitas e incluem pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.
- Plantas dotadas de vasos têm transporte de seiva eficiente e podem ter grande porte.
- Plantas dotadas de sementes são gimnospermas e angiospermas, sendo conjuntamente denominadas espermatófitas, ou fanerógamas.

- Plantas sem sementes são as briófitas e as pteridófitas, conjuntamente denominadas criptógamas.
- A fase desenvolvida é o gametófito; a fase reduzida é o esporófito.
- O gametângio masculino é o anterídio, que produz gametas denominados anterozoides. O gametângio feminino é o arquegônio, que produz o gameta denominado oosfera.
- É a fecundação dependente de água; envolve o gameta masculino, pequeno e móvel, que encontra o gameta feminino, grande e imóvel.
- Os esporos são produzidos por meiose.
- É uma estrutura constituída por filamentos derivados da germinação de um esporo; o protoneuma forma vários gametófitos.
- A fase mais desenvolvida é o esporófito; o gametófito é a fase reduzida.
- O caule da samambaia é do tipo rizoma; a ele se ligam raízes adventícias.
- Soro é uma estrutura reprodutora situada em um folíolo de samambaia; contém esporângios, que produzem esporos.
- É do tipo oogâmica, dependente de água.

### Exercícios propostos

#### Briófitas e pteridófitas

- E
- A
- B
- B
- B
- A
- A
- A
- E
- D
- D
- E
- E
- C
- B
- C
- B
- B
- D
- B
- E

### Exercícios complementares

#### Briófitas e pteridófitas

- a) Musgos.  
b) Ausência de vasos condutores de seivas.  
c) Gametófito.  
d) Esporófito.
- 17
- a) Em samambaias, a fase esporofítica é duradoura e constituída por um vegetal completo, com raiz, caule e folhas. O caule pode ser subterrâneo (rizoma) e as folhas compostas são formadas por folíolos que, quando férteis, apresentam soros em sua face ventral.



- A fase gametofítica (protalo) é transitória e é representada por um vegetal verde, de pequeno porte e achatado. Essa fase laminar possui rizoides e órgãos produtores de gametas – arquegônios (feminino) e anterídios (masculino).
- b) A célula A é o esporo e a célula B é o zigoto resultante da fecundação dos gametas.
4. Esporófito de samambaia: vegetal verde, vascular e capaz de produzir esporos por meiose. Constituído por raiz, caule do tipo rizoma e folhas. Esporófito de musgo: fase transitória, parasita do gametófito feminino, avascular e capaz de produzir esporos por meiose. É constituído por uma haste na extremidade na qual se localiza o esporângio.
5. F; V; V; V
6. a) Briófitas – vegetais de pequeno porte, cujo transporte de líquidos em seu interior ocorre por osmose.  
Pteridófitas – vegetais de maior porte, sendo o transporte de líquidos realizado por meio de vasos condutores.
- b) Briófitas – vegetais que atuam como um dos grupos de organismos pioneiros no processo de sucessão ecológica em ambientes úmidos, possibilitando:
- o aumento da umidade local;
  - a instalação e a sobrevivência de plantas herbáceas;
  - a maior disponibilidade de matéria orgânica (alterações ambientais);
  - o estabelecimento (gradativo) de outras espécies vegetais e animais.
7. a) Presença de gametas flagelados (anterozoides).
- b) Musgos são vegetais avasculares e, por isso, de pequeno porte. O transporte de água e nutrientes se faz de célula a célula, por difusão. Samambaias são plantas vasculares de porte médio. Nessas plantas, o transporte de água e nutrientes é realizado através de um sistema de vasos condutores representado pelos vasos lenhosos (lenho, ou xilema) e vasos liberianos (líber, ou floema).
8. 23

12

Gimnospermas

Revisando

Gimnospermas

1. Araucária ou pinheiro-do-paraná, *Pinus*, cipreste e sequoia.
2. Raiz, caule, folhas, estróbilos e semente.
3. Pinha e pinhão.
4. Sementes nuas. Esse termo é empregado porque as gimnospermas têm sementes, mas não possuem fruto.
5. Gametas são gerados por mitose e os esporos são produzidos por meiose.
6. Heterosporia.
7. O gametófito masculino também é denominado microprotalo, ou grão de pólen. O gametófito feminino é o saco embrionário (ou megaprotalo).
8. Anemofilia.

9. É a fecundação intermediada pelo crescimento do tubo polínico e que não depende de água.
10. Tegumento e saco embrionário, o qual possui algumas oosferas.
11. É o óvulo fecundado e desenvolvido.
12. Tegumento (2n), endosperma (n) e embrião (2n).

Exercícios propostos

Gimnospermas

1. E
2. C
3. C
4. C
5. A
6. B
7. B
8. C
9. D
10. C

Exercícios complementares

1. C
2. E
3. B
4. a) Pinheiro-do-paraná, pertence ao grupo das gimnospermas.  
b) O pinhão é a semente comestível do pinheiro-do-paraná.
5. a) A meiose ocorre nos esporófitos para a produção dos grãos de pólen e dos óvulos.  
b) PINHA – cone (ou estróbilo) da araucária.  
PINHÃO – semente comestível do vegetal.
6. a) Ciprestes e sequoias. As gimnospermas produzem estróbilos sem ovário, nos quais se formam os óvulos. Os óvulos fecundados formam sementes que não são envolvidas por frutos.  
b) Avenca. As pteridófitas são vegetais traqueófitos, ou seja, possuem xilema e floema. Briófitas são plantas avasculares, desprovidas de vasos condutores.
7. a) Não. O turista comprou sementes do pinheiro-do-paraná, planta pertencente ao grupo das gimnospermas e que nunca produz frutos.  
b) O pinheiro não apresenta flores e sim estróbilos.
8. 98
9. 15

Frente 3

6

Fisiologia comparada dos enterozoários

Revisando

1. Sistema nervoso do tipo difuso.
2. Platelminhos, anelídeos, moluscos e artrópodes.
3. O sistema é tubular, com um eixo dorsal.
4. Medula espinal e encéfalo.
5. É um sistema digestório com tubo digestório incompleto, que possui digestão extra e intracelular.
6. As trocas são feitas por difusão através da superfície do corpo.
7. Por difusão através das células.

8. São protonefrídeos constituídos por células-flama.
9. Difusão.
10. É incompleto, com digestão extracelular.
11. Sistema digestório completo e pouco especializado.
12. Não, ela é pseudocelomada, possuindo uma cavidade recoberta por mesoderme apenas de um lado.
13. A moela é responsável pela trituração e a tiflosole aumenta a área de absorção de alimento.
14. Através da epiderme (respiração cutânea) ou em alguns representantes aquáticos através de brânquias rudimentares.
15. Sistema circulatório fechado.
16. Sistema circulatório aberto.
17. A rádula permite que o molusco raspe o alimento.
18. Através de um sistema traqueal.
19. São estruturas excretoras de insetos e miriápodes.

Exercícios propostos

Organização básica dos enterozoários

1. C

Sistemas de controle: nervoso e endócrino

2. D
3. D
4. B
5. B
6. B
7. D
8. B

Enterozoários diblásticos

9. D
10. A

Triblásticos acelomados

11. E
12. D
13. A
14. E
15. A

Triblásticos pseudocelomados

16. A
17. B

Triblásticos celomados

18. C
19. B
20. D
21. D
22. E
23. A
24. D

Outros celomados

25. D
26. A
27. D
28. A
29. A
30. E



31. B
32. D
33. B
34. D
35. A
36. B
37. C
38. A
39. C
40. B
41. A

### Exercícios complementares

#### Os sistemas de controle: nervoso e endócrino

1. a) Simetria radial: medusa (água-viva) e coral. Esponjas apresentam simetria radial ou são assimétricas. Os que têm simetria bilateral são a planária, a minhoca e o besouro.  
b) Na simetria bilateral, existe um eixo principal que divide o animal em duas partes. No caso da simetria radial, esse eixo não existe, podendo o animal ser dividido em múltiplos planos de corte, que passam pelo centro geométrico do corpo.
2. 42

#### Enterozoários diblásticos

3. C

#### Triblásticos celomados

4. B
5. C
6. E

#### Triblásticos pseudocelomados

7. a) Paramécio  
b) Lisossomo.  
c) Lombriga.
8. D
9. a) Função da célula-flama: coletar a excreção líquida das células circundantes.  
Descrição do papel dos cílios: Os cílios vibram e dirigem o líquido coletado para os ductos excretórios.  
b) Vantagem: o túbulo contorcido dos nefrídios apresenta uma maior área de reabsorção de substâncias.  
Importância da rede de capilares: a rede de capilares sanguíneos ao redor do túbulo dos nefrídios oferece um mecanismo de troca mais eficiente.
10. D
11. D

#### Outros celomados

12. Os insetos possuem circulação aberta, lenta e sangue sem pigmento respiratório, o que é incompatível com o alto consumo de oxigênio por esses animais. O alto consumo de oxigênio para a produção de energia na respiração celular é possível graças ao sistema respiratório traqueal, que leva o oxigênio diretamente às células dos tecidos.
13. C
14. Estrelas-do-mar podem evertir o estômago. Esta capacidade, além da incrível força que seus braços aplicam ao abrir conchas de mo-

luscas, permite a ingestão de presas com porte considerável.

15. a) Esponjas – filo dos poríferos  
Cracas e caranguejos – filo dos artrópodes  
Gastrópodes e mexilhões – filo dos moluscos  
Ouriços e estrelas-do-mar – filo dos equinodermos  
b) Mobilidade:  
Sésseis: esponjas, cracas e mexilhões  
Móveis: gastrópodes, caranguejos, ouriços-do-mar e estrelas-do-mar  
Alimentação:  
Filtradores: esponjas, cracas e mexilhões.  
Predadores: caranguejos e estrelas-do-mar.  
Herbívoros: gastrópodes e ouriços-do-mar.
16. a) Esponjas e hidras são animais desprovidos de estruturas excretoras especializadas. A eliminação dos catabólitos é realizada exclusivamente por difusão simples entre as células do corpo e o meio líquido onde vivem.  
b) Os túbulos de Malpighi desempenham função excretora em baratas e borboletas. Nos insetos, os produtos de excreção são conduzidos, pelos túbulos de Malpighi, do celoma para o interior do intestino, de onde são eliminados no meio.
17. 07
18. C
19. A

7

## Verminoses

### Revisando

1. Boi: *Taenia saginata*. Porco: *Taenia solium*.
2. Hermafroditas.
3. Através das fezes.
4. O embrião se desenvolve na larva.
5. Comendo carne de porco ou boi, crua ou mal cozida, com a larva cisticerco.
6. É a doença ocasionada quando o ser humano é o hospedeiro intermediário da *T. solium*. Ele adquire a doença comendo carne de porco ou tomando água contaminada.
7. *Schistosoma mansoni*. Dioico.
8. Através das fezes.
9. Um caramujo do gênero *Biomphalaria*. Entra o miracídio e sai à larva cercária.
10. Pela penetração ativa da larva cercária através da pele.
11. *Ascaris lumbricoides*. Dioico.
12. Através das fezes ou de deglutição.
13. Consumindo água ou verduras contaminadas, ou através de mãos sem a higienização adequada.
14. *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus*. São dioicos.
15. Através das fezes.
16. Através de infestação ativa da larva.

### Exercícios propostos

#### Verminoses causadas por platelmintos

1. E
2. A

3. B
4. E
5. E
6. C
7. E
8. A
9. E
10. B
11. B
12. A

#### Parasitoses causadas por nematelmintos

13. B
14. A
15. A
16. D
17. C
18. E

### Exercícios complementares

#### Verminoses

1. Saneamento básico (esgoto), controle do vetor (caramujo), ou cuidados com a água (fervor ou filtrar).
2. a) O *Schistosoma mansoni* é um verme achatado pertencente ao filo *Platyhelminthes* e à classe *Trematoda*.  
b) O hospedeiro definitivo do parasita é o homem. O hospedeiro intermediário desse verme é um caramujo dulciaquícola, pertencente ao gênero *Biomphalaria*.  
c) A esquistossomose (ou barriga-d'água) pode ser evitada através das seguintes medidas profiláticas: saneamento básico, combate ao caramujo transmissor, tratamento dos doentes e evitando-se "lagoas de coceira" (locais onde vivem os caramujos transmissores).
3. O caramujo *Biomphalaria glabrata* está relacionado com a esquistossomose (ou barriga-d'água). Ele é o hospedeiro intermediário do verme *Schistosoma mansoni*, causador da doença. A contaminação ocorre em água doce que apresenta a larva cercária do esquistossomo.
4. a) *Taenia solium*. A ingestão de ovos, eliminados nas fezes de outras pessoas, pode provocar a cisticercose.  
b) *Taenia solium*: Educação, saneamento básico e fiscalização de frigoríficos.  
*Schistosoma mansoni*: Saneamento básico e educação.
5. 42
6. B
7. D
8. C
9. A
10. a) Devem ser mantidas as medidas I e IV. A ascariíase é transmitida através de alimentos ou água contaminados com ovos do verme parasita.  
b) Ande sempre calçado, devido à penetração ativa das larvas.
11. A



**Revisando**

1. Protocordados e vertebrados.
2. *Cephalocordata* e *Urochordata*.
3. Fendas faringianas.
4. A notocorda desaparece.
5. São, em sua maioria, dotados de coluna vertebral e crânio.
6. Agnatostomados (sem mandíbula) e gnatostomados (com mandíbula).
7. São estruturas esqueléticas situadas entre as fendas faringianas que deram origem à mandíbula.
8. Osteíctes (truta e dourado) e condrictes (tubarão e raia).
9. Osteíctes possuem opérculo, possuem escamas de origem dérmica e não apresentam cloaca. Condrictes não tem opérculo, possuem escamas de origem dérmica e epidérmica e possuem cloaca.
10. Possui duas câmaras (um átrio e um ventrículo) e são heterotermos.
11. Troca de gases e excreção.
12. São peixes que possuem um pulmão primitivo.
13. Controla a densidade corporal do peixe, auxiliando na sua flutuabilidade.
14. Anfíbios, répteis, aves e mamíferos.
15. É um coração com três câmaras (dois átrios e um ventrículo), são heterotermos.
16. Larvas possuem respiração branquial e cutânea, enquanto os adultos, cutânea e pulmonar.
17. Possuem um tegumento muito delgado, o que permite trocas gasosas, mas torna-os muito suscetíveis a desidratação.
18. Ápodes, como a cobra-cega; anuros, como sapo; e urodelos, como a salamandra.
19. A maioria possui três câmaras (dois átrios e um ventrículo), são heterotermos.
20. O pulmão dos répteis possui uma superfície maior para trocas gasosas do que o dos anfíbios.
21. É um tegumento espesso e impermeável, que permite a sobrevivência em ambientes secos, mas impede a troca de substâncias através da pele.
22. São estruturas sensoriais, uma que capta moléculas no ar (órgão de Jacobson) e a outra é sensível à radiação (fosseta loreal).
23. Quelônios (tartarugas), crocodilianos (crocodilos) e *squamata* (lagartos).
24. Fecundação interna e desenvolvimento direto.
25. Âmnio, alantoide, saco vitelínico e cório.
26. São ossos com ar por dentro, o que diminui a densidade corpórea e auxilia no voo.
27. São estruturas das aves em forma de tubo onde ocorrem trocas gasosas com o sangue.
28. Proteção mecânica e isolamento térmico.
29. Penas, garras, bicos e escamas.
30. Ratitas e carinatas. Essa divisão está relacionada à presença de quilha e à capacidade de voar.
31. Possuem quatro câmaras (dois átrios e dois ventrículos). São endotérmicos.

32. Mamíferos possuem grande superfície para trocas gasosas devido à presença de bronquíolos.
33. Pelos, unhas, glândulas sudoríparas, sebáceas e mamárias.
34. Possuem maior especialização devido a diferenças anatômicas.
35. Monotremados, marsupiais e placentários.
36. É uma estrutura formada por uma diferenciação do cório e do endométrio que permite trocas entre o feto e a mãe.

**Exercícios propostos**

**Protocordados**

1. E
2. E

**Peixes**

3. E
4. A
5. A
6. E
7. A
8. E
9. C

**Anfíbios**

10. A
11. E
12. E
13. C
14. C

**Répteis**

15. B
16. D
17. B
18. B
19. B
20. 25
21. B

**Aves**

22. B
23. B
24. A
25. D

**Mamíferos**

26. A
27. B
28. C
29. A

**Anexos embrionários**

30. C
31. B
32. B
33. C

**Exercícios complementares**

**Protocordados**

1. Os *Cephalocordados*, que embasam os estudos evolutivos do táxon *Vertebrata* ou *Craniata*,

apresentam várias características comuns a este último táxon, sendo, portanto, utilizados na compreensão da monofilia do táxon *Chordata*. Como exemplo, pode-se citar a notocorda presente como esqueleto axial no corpo, o tubo nervoso dorsal, as fendas branquiais na faringe e a cauda pós-anal.

Estas características estão presentes em alguma fase do ciclo de vida e, portanto, embasam o estudo das relações filogenéticas. A denominação do táxon *Cephalochordata* refere-se à presença da notocorda até a cabeça, ou região mais anterior do corpo. Assim, a notocorda, característica que denomina o táxon, é originada embriologicamente, na etapa de organogênese, pois na etapa anterior, a gastrulação, os três folhetos germinativos já foram determinados. No caso dos cefalocordados, a notocorda é originada a partir de uma evaginação da porção dorsal do arquêntero, ou intestino primitivo, que se destaca e forma um bastão compacto ao longo de toda a extensão do corpo do animal.

**Peixes**

2. D
3. a) Ciclostomados (Agnatas). Ex: lampreias e feiticeiras (ou peixes-bruxa).  
b) Facilitou a vida livre, já que os agnatas são parasitas. Os peixes com mandíbula (gnatostomados) podem abocanhar suas presas e, como predadores, apresentam maiores chances de sobrevivência no ambiente aquático.
4. a) Grupo dos condrictes (peixes cartilaginosos). Possuem endoesqueleto cartilaginoso.  
b) O sapo pertence à classe dos anfíbios, e os lagartos, à dos répteis. Os anfíbios realizam a fecundação externa e produzem ovos sem casca calcária. Apresentam desenvolvimento indireto e não possuem âmnio, cório e alantoide. Os répteis realizam fecundação interna. Possuem ovos com casca calcária e apresentam desenvolvimento direto. Possuem âmnio, cório e alantoide.  
c) As aranhas utilizam as quelíceras, estruturas localizadas no cefalotórax. Os escorpiões utilizam o aguilhão inoculador de veneno do telso, localizado na parte final do pós-abdômen.

**Anfíbios**

5. B
6. A
7. B
8. a) Ovos de répteis apresentam casca calcária protetora e anexos embrionários como âmnio, alantoide e cório.  
b) Tartarugas marinhas apresentam os apêndices locomotores adaptados para a natação.  
c) A extinção de uma espécie pode ocorrer através de fatores bióticos, como degeneração genética e incapacidade reprodutiva, ou relações ecológicas desarmônicas, como



competição, predatismo e parasitismo. Alterações abióticas, tais como glaciações, regressões marítimas, secas prolongadas, vulcanismo, terremotos, incêndios, tempestades de areia etc., também podem causar extinções naturais.

9. a) Animal A – aquático; animal B – terrestre  
b) Animal A – excreção de amônia (muito tóxica precisa ser diluída) e fecundação externa (na água); animal B – pele espessa (evita a desidratação) e excreção de ácido úrico (economia de água).

### Aves

10. a) Os pinguins não apresentam dispersão, pois possuem baixo potencial biótico, isto é, reproduzem-se pouco e não se adaptam bem às variações de temperatura ambiental, não constituindo um novo grupo, separado por barreiras geográficas.  
b) Poderão ser mencionadas duas entre as seguintes respostas:  
– ossos pneumáticos (leves e ocos, preenchidos com ar) e a presença de sacos aéreos que contribuem para a redução da densidade corporal;  
– ausência de bexiga urinária, não permitindo acúmulo de urina;  
– asas recobertas de penas;  
– atrofia de um dos lados do aparelho reprodutor.
11. a) Penas.  
b) Ossos pneumáticos.  
c) Sacos aéreos.  
d) Ausência de bexiga urinária.
12. a) Aves que podem voar apresentam a forma do corpo aerodinâmica, asas, ossos pneumáticos, quilha no osso esterno, sacos aéreos associados aos pulmões, ausência de dentes e de bexiga urinária.  
b) Homeotermia e proteção.  
c) Pelos observados em mamíferos são homólogos às penas das aves porque ambos possuem a mesma origem embrionária. São estruturas que se originam do mesmo folheto embrionário, a ectoderme.
13. A  
14. C  
15. D  
16. E

### Mamíferos

17. F; V; V; V; F  
18. B  
19. C  
20. E  
21. D  
22. E  
23. A  
24. B  
25. 34  
26. A  
27. B

### Os anexos embrionários

28. a) Os gambás são marsupiais e apresentam uma gestação curta, uma vez que sua placenta é muito primitiva. Os filhotes nascem prematuramente e completam o desenvolvimento dentro da bolsa marsupial, onde se alimentam do leite secretado pelas glândulas mamárias.  
b) Placenta. Este anexo realiza várias funções, entre elas: nutrição, excreção, respiração e regulação hormonal.
29. a) 1. Possuem glândulas mamárias, sebáceas e sudoríparas e pelos.  
2. Possuem hemácias anucleadas, placenta, diafragma, dentes com múltiplas especialidades, pâncreo adiposo, sete vértebras cervicais, arco aórtico único, voltado para esquerda.  
b) O menor tempo de gestação do gambá se deve à fragilidade da sua placenta, que é rudimentar (ou primitiva), enquanto a do rato é desenvolvida (ou completa), obrigando o marsupial a um parto prematuro, com um período de desenvolvimento fetal posterior à gestação, no marsúpio, enquanto o filhote de rato tem seu desenvolvimento completo durante a gestação, sendo denominado placentário.
30. a) V – classe mamíferos.  
Anexo embrionário exclusivo: placenta.  
b) Respiração cutânea e pulmonar.  
O grupo III corresponde aos répteis, que apresentam ovos com casca e anexos embrionários.
31. a) Todos os representantes do filo cordados apresentam um tubo neural dorsal, notocorda e fendas na faringe, em algum estágio de seu ciclo vital.  
b) O retângulo II indica o desenvolvimento de patas, o que representou um avanço evolucionário fundamental para a conquista do meio terrestre. O retângulo III representa o aparecimento do ovo com casca, provido de anexos embrionários como o âmnio, o alantoide e o cório. Estas estruturas permitiram o desenvolvimento no meio aéreo e, portanto, a conquista definitiva do meio terrestre.
32. a) Ovos com casca calcária protetora ocorrem em todos os representantes das classes dos répteis e aves e em determinados mamíferos, como o ornitorrinco e a equidna.  
b) A placenta representa a novidade evolutiva, pois realiza as funções de nutrição, respiração, excreção, regulação hormonal e imunização, desempenhadas por outros anexos embrionários, como o alantoide, o saco vitelino e o cório. Esta estrutura permite que o desenvolvimento embrionário e fetal ocorram totalmente no interior do organismo materno.
33. C  
34. B

9

Fisiologia da digestão

### Revisando

- Glândulas salivares, fígado e pâncreas.
- Boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, reto e ânus.
- Streptococcus mutans*.
- O mecânico altera o estado de agregação, enquanto o químico altera a composição da molécula.
- Hidrólise.
- Amilase: amido.  
Peptidases: peptídeos.  
Proteases: proteínas.  
Lipases: lipídeos.
- A saliva contém a enzima amilase salivar, ou ptialina, que atua em pH neutro. Essa enzima hidrolisa amido, gerando inúmeras moléculas de maltose.
- Pepsinogênio e ácido clorídrico.
- É a forma inativa de enzima pepsina.
- O duodeno recebe secreções do fígado (bile), do pâncreas (suco pancreático) e da parede do próprio duodeno (suco entérico).
- Bicarbonato de sódio e enzimas.
- Amilase pancreática digere amido e forma maltose, lipase pancreática digere lipídeos, formando ácido graxo e glicerol, enquanto a tripsina digere proteína, formando peptídeos.
- Alcalinização do duodeno e emulsificação de gorduras.
- Peptidase transforma peptídeos em aminoácidos, sacarase digere sacarose em glicose e frutose, maltase digere maltose em glicose e lactase digere lactose em glicose e galactose.
- Os capilares linfáticos absorvem gorduras e os sanguíneos absorvem os outros grupos alimentares.
- Elas aumentam a motilidade do bolo alimentar.
- As vitaminas constituem um grupo quimicamente muito diversificado e com vários papéis no metabolismo, podendo ser lipossolúveis ou hidrossolúveis.

### Exercícios propostos

#### O sistema digestório e os processos envolvidos

1. C

#### O processo digestivo

2. B  
3. B  
4. D  
5. E  
6. E  
7. B  
8. D  
9. C  
10. C  
11. D  
12. C  
13. B  
14. E



Absorção/eliminação de resíduos

15. D      16. E      17. C      18. C

Hormônios relacionados com o processo digestivo

19. F; V; V; F; F.  
 20. D  
 21. D  
 22. C  
 23. A  
 24. B  
 25. D  
 26. E  
 27. C  
 28. C

Exercícios complementares

O sistema digestório e os processos envolvidos

1. No intestino, o amido sofre a ação das amilases pancreática e entérica, formando maltose. A enzima maltase entérica transforma a maltose em glicose, que é absorvida no intestino delgado, chegando ao sangue.  
 2. D

O processo digestivo

3. a) O órgão foi o pâncreas.  
 b) Digerem-se carboidratos pela presença da amilase pancreática.  
 4. a) Pepsina.  
 O processo de ativação do pepsinogênio inicia-se pela presença de acidez (HCl do suco gástrico).  
 b) Lipase.  
 Os sais biliares encontrados na bile produzida pelo fígado são os principais responsáveis pela emulsificação das gorduras a serem digeridas.  
 5. Classe A – enzima: amilase salivar (ptialina) ou amilase pancreática; produto: maltose.  
 Classe B – enzima: tripsina, quimotripsina ou peptidases; produtos: peptídios e aminoácidos.  
 Classe C – enzima: lactase; produtos: glicose e galactose.  
 Classe D – enzima: lipase pancreática; produtos: di e monoacilgliceróis, ácidos graxos e glicerol.

Absorção/eliminação de resíduos

6. a) A bile é produzida no fígado e, posteriormente, reabsorvida no intestino delgado.  
 b) As fibras diminuem a absorção de lipídeos e provocam uma eliminação maior da bile, portanto, mais colesterol é requerido pelo fígado para a síntese da bile. Neste caso, há uma redução do colesterol circulante.  
 7. a) Parte do sistema digestório responsável pela absorção de lipídeos:  
 (04) fígado – produção da bile;  
 (05) vesícula biliar – armazenamento e secreção da bile;  
 (06) pâncreas – síntese e secreção da lipase pancreática;  
 (07) intestino delgado – presença de células

absortivas, água, enzimas, sais biliares e outros eletrólitos suficientes no meio.

Alguns fatores que possibilitam a absorção no intestino delgado:

- presença de sais e ácidos biliares para a emulsificação das partículas de gordura; ação de enzimas (lipase pancreática), liberadas na luz do intestino delgado;
- presença de microvilosidades nas células absortivas e de vilosidades na mucosa intestinal, possibilitando aumento da superfície de absorção.

- b) Algumas enzimas que atuam no processo de digestão de carboidratos:

- amilase (salivar, pancreática): hidrólise do amido em moléculas de maltose e glicose;
- sacarase: hidrólise da sacarose em moléculas de glicose e frutose;
- lactase: hidrólise da lactose em moléculas de galactose e glicose;
- maltase: hidrólise da maltose em moléculas de glicose.

Algumas enzimas que atuam no processo de digestão de proteínas:

- pepsina: conversão de proteínas em peptídeos;
- tripsina e quimotripsina: proteases que desdobram os peptídeos e os fragmentos de proteínas produzidos pela pepsina em aminoácidos;
- peptidases: desdobramento de polipeptídeos em aminoácidos isolados.

8. a) A hipótese deve ser rejeitada, pois a digestão humana ocorre inicialmente na boca, (hidrólise parcial de carboidratos); no estômago, início da digestão proteica; no intestino delgado, início e término da digestão lipídica e finalização da digestão de carboidratos e de proteínas. Esse processo não é igual ao dos anelídeos.  
 b) O sistema circulatório, porque os nutrientes são absorvidos por células do tubo digestório e transferidos ao sangue, que faz o transporte para os tecidos do corpo.

9. A      10. C

Hormônios relacionados com o processo digestivo

11. a) O gráfico I corresponde aos resultados obtidos após a introdução do óleo de milho e o gráfico II após a introdução da solução ácida. Quando se introduz o óleo de milho, a gordura presente no duodeno estimula a liberação do hormônio colecistoquinina, que estimula o pâncreas a secretar o suco rico em enzimas. Já a presença do ácido promove a liberação do hormônio secretina, que estimula o pâncreas a secretar o suco rico em  $\text{HCO}_3^-$  essencial para a neutralização do suco ácido que chega ao duodeno.  
 b) Na situação em que há a introdução do óleo de milho, pois o hormônio colecistoquinina também estimula a contração da vesícula biliar, o que promove a liberação de bile no duodeno.

12. C

Ruminantes e outros herbívoros

13. C  
 14. A  
 15. C  
 16. D  
 17. C  
 18. E  
 19. B  
 20. a) São ricos em vitamina A: cenoura, pêssego, abóbora etc. A vitamina C pode ser encontrada no limão, na laranja, na acerola, entre outras frutas cítricas.  
 b) A ingestão regular das vitaminas B e K podem evitar, respectivamente, o beribéri e hemorragias.  
 21. a) Vitamina C (ácido ascórbico).  
 b) Escorbuto.  
 c) Sangramento gengival, queda dos dentes, problemas gastrointestinais.  
 22. V; V; F; F; V.  
 23. C  
 24. A

10

O sistema respiratório pulmonar

Revisando

1. O sistema respiratório pulmonar é responsável pelas trocas gasosas entre o organismo e o ambiente, processo conhecido como respiração pulmonar.  
 2. As trocas com os capilares sanguíneos ocorrem nos pulmões por meio de pequenas bolsas, conhecidas como alvéolos pulmonares. Essas trocas são efetuadas por difusão: o gás oxigênio passa dos alvéolos para o sangue e o gás carbônico passa do sangue para os alvéolos, sendo então eliminado para o ar.  
 3. O enfisema pulmonar corresponde a uma destruição de alvéolos pulmonares, o que provoca a diminuição da superfície de trocas gasosas, incapacitando o indivíduo ou mesmo levando-o à morte. Uma das principais razões do aparecimento dessa doença é o hábito de fumar.  
 4. 1. Cavidade nasal.  
 2. Boca.  
 3. Faringe.  
 4. Laringe.  
 5. Traqueia.  
 6. Brônquios.  
 7. Bronquíolos.  
 8. Diafragma.  
 a) Pelos.  
 b) Três segmentos: nasofaringe, orofaringe e laringofaringe.  
 c) No interior da laringe (componente 4).  
 d) A traqueia é um cilindro recoberto por anéis cartilagosos, com a função de manter a estrutura sempre aberta, evitando a obstrução do tubo. Internamente, o revestimento apresenta um epitélio constituído por células produtoras de muco e por células ciliadas.



- Pleura é uma bolsa membranosa – cujo espaço interno é um remanescente do celoma embrionário – que protege os pulmões.
- Não. Os movimentos respiratórios são voluntários, isto é, podem ser controlados pela vontade consciente do indivíduo. No entanto, na maior parte do tempo, não pensamos nem deliberamos sobre a realização desses movimentos, que podem acontecer de forma automática (mas não involuntária).
- O controle dos movimentos respiratórios é feito pelo centro respiratório, localizado no bulbo, um dos componentes do encéfalo.

### Exercícios propostos

- V; V; F; F.
- C
- a) Com a interrupção do suprimento de oxigênio, o mergulhador apresentou redução nos níveis sanguíneos de oxigênio e aumento nos níveis de gás carbônico, sendo este último responsável pelo aumento da acidez do sangue, uma vez que, no interior das hemáceas, o gás carbônico reagirá com a água, formando ácido carbônico, que se ionizará em íons hidrogênio e bicarbonato ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ ). Os níveis reduzidos de oxigênio (em menor grau), os níveis aumentados de gás carbônico e, conseqüentemente, a acidez sanguínea (íons hidrogênio) estimularão o centro respiratório, localizado no bulbo, promovendo aumento da frequência respiratória.  
b) O restabelecimento da frequência respiratória foi possível porque a hiperventilação provocou redução nos níveis sanguíneos de gás carbônico, o que reduziu a acidez do sangue, além de aumentar os níveis de oxigênio. Esses efeitos levarão a uma reduzida ativação do centro respiratório (bulbo), o que normalizará a frequência respiratória.
- D
- A
- B
- A
- E

### Exercícios complementares

- Fossas nasais e boca → faringe → laringe → traqueia → brônquios → pulmão → alvéolos pulmonares.
- a) Laringe.  
b) Epiglote – fecha a glote durante a deglutição, evitando a entrada de alimento no canal respiratório.  
Cordas vocais – fonação.
- a) Quando estamos dormindo, a atividade orgânica é menor, logo, produz menos  $\text{CO}_2$ , e o movimento respiratório é mais lento.  
b) Controle químico da quantidade de  $\text{CO}_2$  no organismo, realizado pelo bulbo.
- Digestivo e respiratório.
- D
- B
- D

- a) Pulmões são estruturas especializadas na captação de oxigênio e eliminação de  $\text{CO}_2$ . A respiração celular é o processo bioquímico que consome matéria orgânica e oxigênio, produzindo  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e a energia necessária para os processos vitais dos seres vivos.  
b) O oxigênio presente no ar é conduzido aos alvéolos pulmonares pelas fossas nasais, faringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos. Associa-se às moléculas de hemoglobina presentes nos glóbulos vermelhos e é então transportado às células e aos tecidos pela corrente sanguínea. O gás carbônico produzido nas células percorre o caminho inverso e é eliminado, pelos pulmões, para o meio ambiente.

9. D

11

## Sistema circulatório

### Revisando

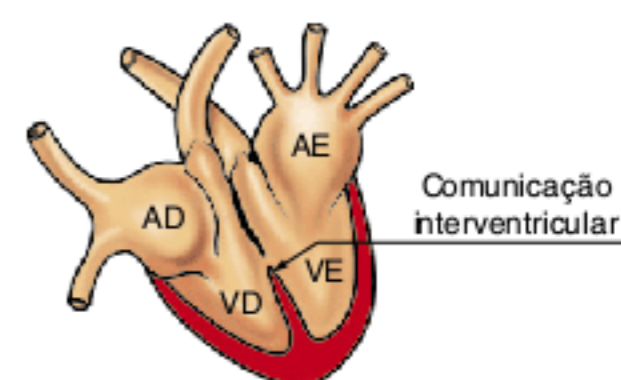
- Sangue, coração, vasos sanguíneos e vasos linfáticos.
- A principal função do sistema circulatório nos vertebrados é o transporte de materiais (nutrientes, gases, excretas e hormônios).
- Plasma.
- O coração é um importante constituinte do sistema circulatório, responsável pela circulação do sangue, bombeando-o. É um órgão dotado de uma parede muscular, o miocárdio (músculo estriado cardíaco), com cavidades em seu interior por onde o sangue passa.
- Átrio.
- V; V; F; F; V; V.
1. Capilares.  
2. Artéria.  
3. Veia.  
4. Coração.  
5. Capilares.
- Sangue arterial é rico em gás oxigênio e pobre em gás carbônico e é proveniente de estruturas respiratórias, como pulmões e brânquias. Sangue venoso é rico em gás carbônico e pobre em gás oxigênio; provém de outros tecidos, nos quais a respiração celular liberou gás carbônico para a circulação. Não se pode definir, portanto, sangue arterial como aquele que é transportado por artérias, nem sangue venoso como sendo o que está no interior de veias.
- O coração dos peixes tem duas cavidades: um átrio e um ventrículo, por onde passa apenas sangue venoso. O átrio recebe sangue venoso procedente dos diversos tecidos do organismo. Do átrio, o sangue passa ao ventrículo, que se contrai e impele o sangue para um cone arterial, do qual saem artérias que se dirigem às brânquias. Nos capilares branquiais, ocorre a hematose e o sangue venoso é convertido em sangue arterial, sendo diretamente distribuído para os tecidos do corpo. Completando o ciclo, o sangue proveniente dos tecidos retorna ao coração. Portanto, os peixes apresentam o que

se chama de circulação simples, com o sangue passando apenas uma vez pelo coração para dar uma volta completa pelo corpo. Apesar disso, sua circulação é completa, isto é, não ocorre mistura de sangue venoso com sangue arterial.

- Os crocodilianos têm coração mais complexo do que os demais répteis; possui quatro cavidades: dois átrios e dois ventrículos. O ciclo acontece da seguinte forma: o átrio direito recebe sangue venoso, que é enviado ao ventrículo direito; deste, o sangue é impulsionado, através de uma artéria, até os pulmões. Após a oxigenação nos pulmões, o sangue segue novamente em direção ao coração, entrando como sangue arterial pelo átrio esquerdo e seguindo ao ventrículo esquerdo, impulsionado por uma artéria aorta para os tecidos do corpo.
- Nesse tipo de circulação, o sangue oxigenado retorna ao coração e é distribuído para os tecidos sob elevada pressão. Essa circulação garante eficiente oxigenação dos tecidos, permitindo que a respiração celular sempre ocorra em taxas elevadas e haja assim a liberação de energia na forma de calor. Esse tipo de circulação está intimamente associado à homeotermia (capacidade de manutenção da temperatura do corpo), exclusiva de aves e de mamíferos.
- No coração humano, o ventrículo é mais espesso que o átrio, sendo que o esquerdo tem musculatura mais desenvolvida que o direito. Entre o átrio e o ventrículo há válvulas que impedem o refluxo de sangue; no lado direito encontra-se a mitral, ou bicúspide (com duas divisões), enquanto no esquerdo há a tricúspide (com três divisões). As válvulas atrioventriculares estão associadas a cordões de colágenos, presos à parede interna de cada ventrículo, evitando o refluxo sanguíneo para o átrio. O fechamento dessas válvulas é o que gera o ruído típico percebido nos batimentos cardíacos.
- Carótidas são as artérias que levam sangue à cabeça, e as jugulares são as veias que trazem sangue venoso da cabeça ao coração.

### Exercícios propostos

- A
- D
- 08
- a) Esquema do coração:



- A consequência imediata, resultante do defeito em questão, é a mistura de sangue arterial e venoso, resultando em deficiência de oxigenação nos tecidos do corpo da criança.
- Répteis.



5. C  
 6. C  
 7. a) O cateter percorreu, sequencialmente, as seguintes estruturas: átrio direito → ventrículo direito → artéria pulmonar.  
 b) A contração do músculo cardíaco que possibilitou a passagem do cateter ao pulmão denomina-se sístole ventricular. O cateter percorreu a trajetória seguida pelo sangue venoso, do ventrículo direito aos pulmões.  
 8. B  
 9. V; V; F; F; V.  
 10. a) B – átrio esquerdo.  
 b) A – átrio direito.  
 c) III – artéria pulmonar.  
 d) IV – veia pulmonar.  
 11. a) A – fechada simples – peixes  
 B – fechada, dupla e incompleta – anfíbios  
 C – fechada, dupla, completa – aves e mamíferos  
 b) Aorta – pressão e velocidade elevadas.  
 Veia Cava – pressão e velocidade baixas.  
 12. E  
 13. D  
 14. E  
 15. D  
 16. a) Presença de um septo muscular separando, longitudinalmente, o coração em duas metades distintas.  
 b) Aves e répteis crocodilianos.  
 c) Átrio esquerdo → ventrículo esquerdo → artérias do corpo → tecidos do corpo → veias do corpo → átrio direito → ventrículo direito.  
 17. B  
 18. C  
 19. D  
 20. V; V; V; V.  
 21. B

### Exercícios complementares

1. D  
 2. O caminho percorrido será:  
 ventrículo direito → artéria pulmonar → pulmões → veias pulmonares → átrio esquerdo.  
 O sangue é venoso no ventrículo direito e nas artérias pulmonares.  
 3. E  
 4. A  
 5. a) I – artéria aorta; II – artéria pulmonar direita.  
 b) A artéria aorta conduz o sangue rico em oxigênio (arterial) para todos os tecidos do corpo. As artérias pulmonares transportam sangue rico em gás carbônico (venoso) para os pulmões.  
 6. C  
 7. Capilares, arteríolas e vênulas.  
 8. Não. As artérias pulmonares transportam sangue venoso do coração para os pulmões.  
 9. B  
 10. C  
 11. C

12. a) Palpamos uma artéria para verificar a pulsação de uma pessoa. A pulsação é o resultado da dilatação arterial em consequência da sístole do ventrículo esquerdo do coração.  
 b) Veias são vasos sanguíneos de paredes elásticas. Apresentam uma túnica de tecido conjuntivo mais externamente, possuem uma camada média formada por musculatura lisa e internamente são revestidas por um epitélio simples pavimentoso denominado endotélio.  
 Determinam o retorno de sangue dos tecidos em direção ao coração. O fluxo sanguíneo é intensificado pela ação da musculatura esquelética, que pressiona suas paredes, e por válvulas que impedem o retorno do sangue aos tecidos.  
 13. C  
 14. 63  
 15. B  
 16. C  
 17. B  
 18. D  
 19. a) A irrigação do miocárdio é realizada pelas artérias coronárias que nascem e se ramificam a partir da base da artéria aorta.  
 b) O sangue arterial que irriga o coração é proveniente da artéria aorta, circula pelas artérias coronárias e retorna venoso ao átrio direito, pelas veias coronárias.  
 c) Insuficiência cardíaca que pode afetar todos os órgãos do corpo com maior ou menor intensidade devido às variações na pressão arterial e no fluxo sanguíneo.  
 20. A  
 21. A