

12 Eucariotos: Fungos, Algas, Protozoários e Helmintos

Mais da metade da população mundial está infectada por patógenos eucariotos. A Organização Mundial de Saúde (OMS) classifica seis doenças parasitárias entre as 20 principais causas de morte de origem microbiana no mundo. A cada ano, há mais de cinco milhões de casos de malária, esquistossomose, amebíase, ancilostomose, tripanossomíase africana e parasitoses intestinais descritos nos países em desenvolvimento. Patógenos eucariotos surgidos recentemente em países desenvolvidos incluem *Pneumocystis*, a principal causa de morte em pacientes com Aids; o protozoário *Cryptosporidium*, que causou doença em 400 mil pessoas no estado norte-americano de Milwaukee em 1993; um novo protozoário parasita, *Cyclospora*, descoberto nos Estados Unidos em 1993; e novos casos ou aumento de envenenamento por algas. O aumento das doenças relacionadas com fungos levou a um debate sobre a aprovação de leis considerando os níveis seguros de exposição a esses micro-organismos.

Neste capítulo, examinamos os micro-organismos eucarióticos que afetam humanos: os fungos, as algas, os protozoários, os helmintos parasitas e os artrópodos que transmitem doenças. (Para uma comparação de suas características, veja a Tabela 12.1.)



SOB O MICROSCÓPIO

Saprolegnia ferax. Uma alga, também chamada de fungo aquático, causa doenças em plantas e animais.

P&R

Durante a Grande Fome Irlandesa na metade do século XIX, mais de um milhão de pessoas morreram ou ficaram desabrigadas devido aos efeitos devastadores de *Phytophthora infestans*, uma alga que infecta culturas de batatas. Atualmente, quais outros danos esta alga vem causando em outras partes do mundo?

Procure pela resposta neste capítulo.

Tabela 12.1 Principais diferenças entre os micro-organismos eucariotos: fungos, algas, protozoários e helmintos

	Fungos	Algas	Protozoários	Helmintos
Reino	Fungi	“Protista”	“Protista”	Animalia
Tipo nutricional	Químio-heterotrófico	Fotoautotrófico	Químio-heterotrófico	Químio-heterotrófico
Multicelularidade	Todos, exceto leveduras	Alguns	Nenhum	Todos
Organização celular	Unicelular, filamentosa, carnuda (como cogumelos)	Unicelular, colonial, filamentosa; tecidos	Unicelular	Tecidos e órgãos
Método nutricional	Absorção	Difusão	Absorção; ingestão (citos-toma)	Ingestão (boca); absorção
Características típicas	Esporos sexuais e assexuais	Pigmentos	Motilidade; alguns formam cistos	Muitos possuem ciclos de vida elaborados, incluindo ovos, larvas e adultos
Formação de embriões	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Todos

Fungos

OBJETIVOS DO APRENDIZADO

- 12-1** Listar as características que definem os fungos.
- 12-2** Diferenciar reprodução assexuada de sexuada, e descrever cada um desses processos nos fungos.
- 12-3** Listar as características que definem os três filos dos fungos descritos neste capítulo.
- 12-4** Identificar dois efeitos benéficos e dois prejudiciais dos fungos.

Ao longo dos últimos dez anos, a incidência de infecções importantes causadas por fungos tem aumentado. Elas estão ocorrendo como infecções hospitalares e em indivíduos com sistema imune comprometido. Além disso, milhares de doenças causadas por fungos afetam plantas economicamente importantes, custando mais de um bilhão de dólares ao ano.

Os fungos também são benéficos, sendo importantes na cadeia alimentar por decomporem matéria vegetal morta, reciclando elementos vitais. Pelo uso de enzimas extracelulares como as celulases, os fungos são os principais decompositores de partes duras das plantas, que não podem ser digeridas pelos animais. Quase todas as plantas dependem de simbioses com fungos, conhecidas como **mi-**

corrizas, que auxiliam as raízes das plantas a absorverem minerais e água do solo (veja o Capítulo 27). Os fungos também são valiosos para os animais. Algumas formigas cultivam fungos para quebrar a celulose e a lignina presentes nas plantas, provendo glicose, que as formigas podem então digerir. Os fungos são utilizados pelos homens como alimentos (cogumelos) e também para a produção de alimentos (pão e ácido cítrico) e drogas (álcool e penicilina). Das mais de 100 mil espécies conhecidas de fungos, apenas cerca de 200 são patogênicas aos humanos e aos animais.

O estudo dos fungos é chamado de **micologia**. Examinaremos, primeiramente, as estruturas que são a base da identificação dos fungos em laboratórios clínicos; em seguida, exploraremos seus ciclos de vida. Recordando o Capítulo 10, a identificação de um patógeno é necessária para o tratamento adequado da doença e para prevenir sua disseminação.

Também examinaremos suas necessidades nutricionais. Todos os fungos são químio-heterotróficos, necessitando de componentes orgânicos como fontes de energia e carbono. Os fungos são aeróbicos ou anaeróbicos facultativos; somente alguns fungos anaeróbicos são conhecidos.

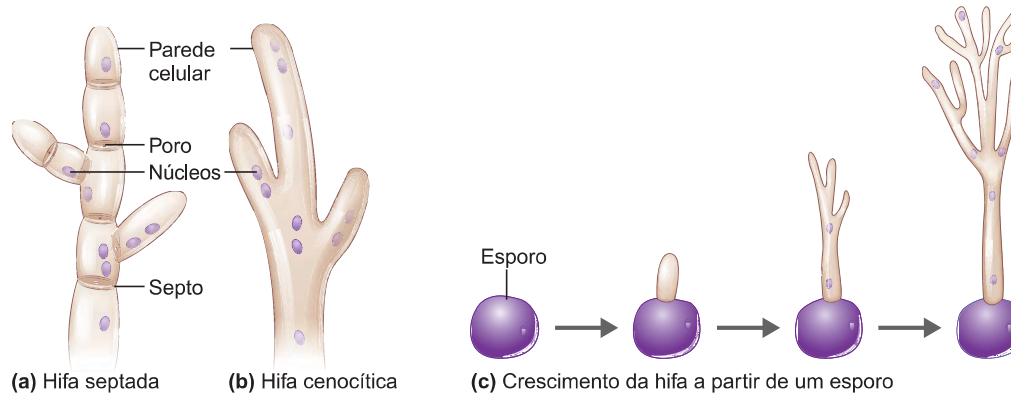
A **Tabela 12.2** lista as diferenças básicas entre fungos e bactérias.

Tabela 12.2 Comparação entre fungos e bactérias

	Fungos	Bactérias
Tipo de célula	Eucariótica	Procariótica
Membrana celular	Esteróis presentes	Esteróis ausentes, com exceção do <i>Mycoplasma</i>
Parede celular	Glicanas; mananas; quitina (sem peptidoglicana)	Peptidoglicana
Esporos	Esporos reprodutivos sexuais e assexuais	Endosporos (não para reprodução); alguns esporos assexuais reprodutivos
Metabolismo	Limitado a heterotrófico; aeróbico, anaeróbico facultativo	Heterotrófico, autotrófico, fotoautotrófico; aeróbico, anaeróbico facultativo, anaeróbico

Figura 12.1 Características das hifas dos fungos. (a) Hifa septada com parede cruzada, ou septos, dividindo as hifas em unidades tipo célula. (b) A hifa cenocítica não contém septos. (c) Crescimento das hifas por alongamento das extremidades.

P O que é uma hifa? E um micélio?



Características dos fungos

A identificação das leveduras, assim como a identificação das bactérias, envolve testes bioquímicos. Entretanto, fungos multicelulares são identificados considerando seu aspecto, incluindo características da colônia e dos esporos reprodutivos.

Estruturas vegetativas

As colônias dos fungos são descritas como estruturas **vegetativas** porque são compostas de células envolvidas no catabolismo e no crescimento.

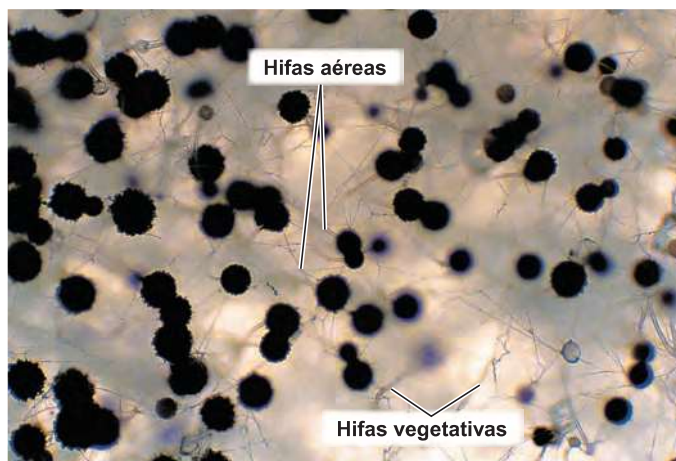
Fungos filamentosos e fungos carnosos. O **talo** (corpo) de um fungo filamentoso ou de um fungo carnoso consiste em filamentos longos de células conectadas; esses filamentos são denominados **hifas**, que podem crescer até imensas proporções. As hifas de um único fungo em Oregon, nos Estados Unidos, se estendem por 5,6 quilômetros.

Na maioria dos fungos filamentosos, as hifas contêm paredes cruzadas denominadas **septos**, que dividem as hifas em distintas

unidades celulares uninucleadas (um único núcleo). Essas hifas são chamadas de **hifas septadas** (Figura 12.1a). Em algumas poucas classes de fungos, as hifas não contêm septos e se apresentam como células longas e contínuas com muitos núcleos. Elas são chamadas de **hifas cenocíticas** (Figura 12.1b). Mesmo nos fungos com hifas septadas, geralmente há aberturas nos septos que fazem com que o citoplasma de “células” adjacentes seja contíguo; esses fungos também são, na verdade, organismos cenocíticos.

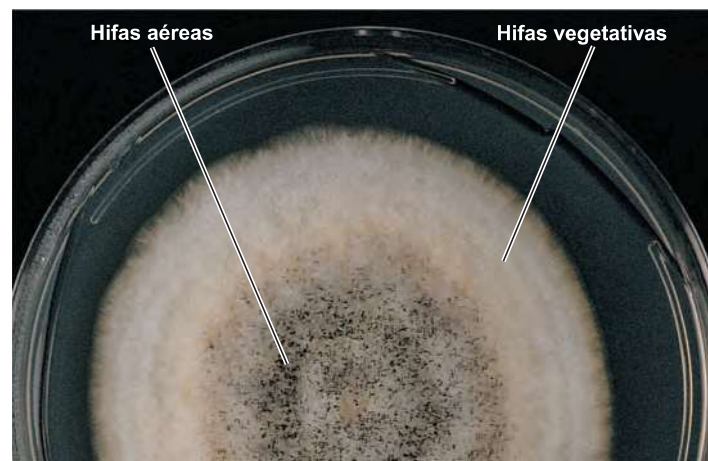
As hifas crescem por alongamento das extremidades (Figura 12.1c). Cada parte de uma hifa é capaz de crescer, e quando um fragmento é quebrado, ele pode se alongar para formar uma nova hifa. Em laboratório, os fungos geralmente crescem a partir de fragmentos obtidos de um talo do fungo.

A porção de uma hifa que obtém nutriente é chamada de **hifa vegetativa**; a porção envolvida com a reprodução é a **hifa reprodutiva** ou **aérea**, assim chamada porque se projeta acima da superfície sobre a qual o fungo está crescendo. As hifas aéreas frequentemente sustentam os esporos reprodutivos (Figura 12.2a), discutidos adiante. Quando as condições ambientais são favoráveis, as hifas crescem



(a) *Aspergillus niger*

MO 20 µm



(b) *A. niger* em ágar

Figura 12.2 Hifas aéreas e vegetativas. (a) Uma fotomicrografia de hifas aéreas, mostrando os esporos reprodutivos. (b) Uma colônia de *Aspergillus niger* crescendo em uma placa de ágar glicose, mostrando as hifas vegetativas e aéreas.

P De que maneira as colônias de fungos diferem das colônias de bactérias?

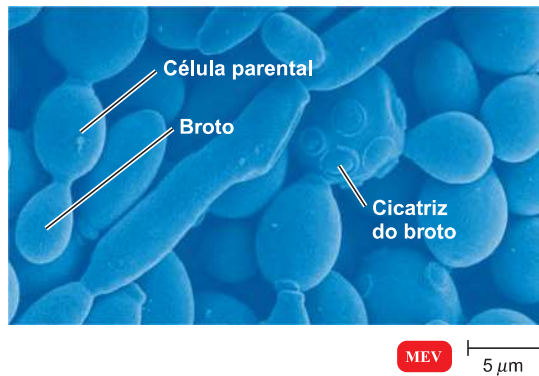


Figura 12.3 Levedura de brotamento. Micrografia de *Saccharomyces cerevisiae* em diversos estágios do brotamento.

P Qual a diferença entre um broto e um esporo?

formando uma massa filamentosa chamada de **micélio**, que é visível a olho nu (**Figura 12.2b**).

Leveduras. As leveduras são fungos unicelulares, não filamentosos, tipicamente esféricos ou ovais. Da mesma forma que os fungos filamentosos, as leveduras são amplamente distribuídas na natureza: com frequência são encontradas como um pó branco cobrindo frutas e folhas. As **leveduras de brotamento**, como as *Saccharomyces*, dividem-se formando células desiguais.

No brotamento (**Figura 12.3**), a célula parental forma uma protuberância (broto) na sua superfície externa. À medida que o broto se alonga, o núcleo da célula parental se divide, e um dos núcleos migra para o broto. O material da parede celular é então sintetizado entre o broto e a célula parental, e o broto acaba se separando.

Uma célula de levedura pode produzir mais de 24 células-filhas por brotamento. Algumas leveduras produzem brotos que não se separam uns dos outros; esses brotos formam uma pequena cadeia de células denominada **pseudo-hifa**. *Candida albicans* se fixa a células epiteliais humanas na forma de levedura, mas normalmente necessita estar na forma de pseudo-hifas para invadir os tecidos mais profundos (veja a Figura 21.17a, página 601).

As **leveduras de fissão**, como *Schizosaccharomyces*, dividem-se produzindo duas novas células iguais. Durante a fissão binária, as células parentais se alongam, seus núcleos se dividem, e duas células-filhas são produzidas. O aumento do número de células de leveduras em meio sólido produz uma colônia similar às colônias de bactérias.

As leveduras são capazes de crescimento anaeróbico facultativo, podendo utilizar oxigênio ou um composto orgânico comoceptor final de elétrons; esse é um atributo valioso porque permite que esses fungos sobrevivam em vários ambientes. Se houver acesso ao oxigênio, as leveduras respiram aerobicamente para metabolizar hidratos de carbono formando dióxido de carbono e água; na ausência de oxigênio, elas fermentam os hidratos de carbono e produzem etanol e dióxido de carbono. Essa fermentação é usada na fabricação de cerveja e vinho e nos processos de panificação. Espécies de *Saccharomyces* produzem etanol nas bebidas fermentadas e dióxido de carbono para fermentar a massa do pão.

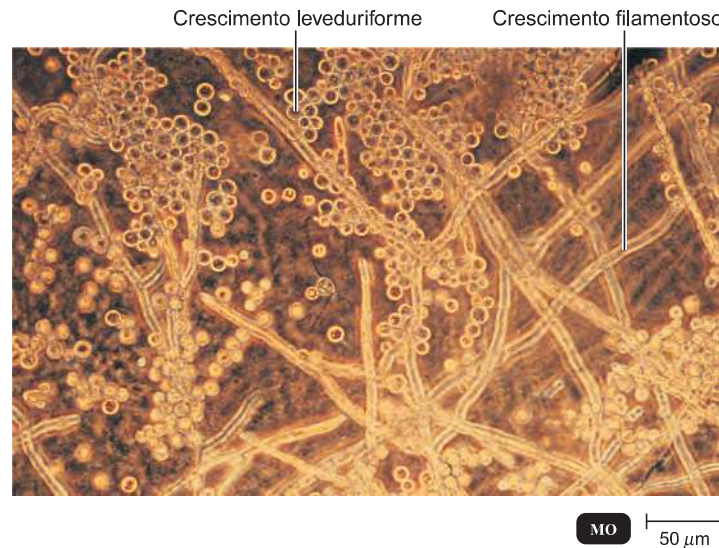


Figura 12.4 Dimorfismo em fungos. O dimorfismo no fungo *Mucor indicus* depende da concentração de CO_2 . Na superfície do ágar, *Mucor* apresenta um crescimento leveduriforme, porém no interior do meio o crescimento é filamentoso.

P O que é dimorfismo nos fungos?

Fungos Dimórficos. Alguns fungos, mais notadamente as espécies patogênicas, exibem **dimorfismo** – duas formas de crescimento. Tais fungos podem crescer tanto na forma de fungos filamentosos quanto na forma de levedura. A forma de fungo filamentoso produz hifas aéreas e vegetativas; a forma de levedura se reproduz por brotamento. O dimorfismo nos fungos patogênicos é dependente de temperatura: a 37°C , o fungo apresenta forma de levedura; a 25°C , de fungo filamentoso (veja a Figura 24.16, página 695). Contudo, o aparecimento de dimorfismo no fungo mostrado na **Figura 12.4** (nesse exemplo, não patogênico) muda com a concentração de CO_2 .

Ciclo de vida

Fungos filamentosos podem reproduzir-se assexuadamente pela fragmentação de suas hifas. Além disso, tanto a reprodução sexual quanto a assexuada em fungos ocorrem pela formação de **esporos**. Na realidade, os fungos normalmente são identificados pelo tipo de esporo.

Os esporos de fungos, entretanto, são completamente diferentes dos endosporos de bactérias. Os endosporos bacterianos permitem que as células sobrevivam a condições ambientais adversas (veja o Capítulo 4). Uma única célula bacteriana vegetativa forma um endosporo, que eventualmente germina para produzir uma única célula bacteriana. Esse processo não é reprodução, uma vez que o número total de células não aumenta. Entretanto, após um fungo filamentoso formar um esporo, o mesmo se separa da célula parental e germina, originando um novo fungo filamentoso (veja a Figura 12.1c). Ao contrário dos endosporos de bactérias, esse processo é uma verdadeira reprodução por meio de esporos, pois um segundo organismo cresce a partir do esporo. Embora os esporos de fungos possam sobreviver por períodos extensos em ambientes

secos ou quentes, a maioria não exibe a mesma tolerância extrema e longevidade apresentadas pelos endosporos bacterianos.

Os esporos são formados a partir das hifas aéreas de diferentes maneiras, dependendo da espécie. Os esporos de fungos podem ser assexuais ou sexuais. Os **esporos assexuais** são formados pelas hifas de um organismo. Quando esses esporos germinam, tornam-se organismos geneticamente idênticos ao parental. Os **esporos sexuais** resultam da fusão de núcleos de duas linhagens opostas de cruzamento de uma mesma espécie do fungo. Os fungos produzem esporos sexuais com menos frequência que os esporos assexuais. Os organismos que crescem a partir de esporos sexuais apresentarão características de ambas as linhagens parentais. Como os esporos são de considerável importância na identificação dos fungos, examinaremos a seguir alguns dos vários tipos de esporos assexuais e sexuais.

Esporos assexuais. Os esporos assexuais são produzidos pelos fungos por mitose e subsequente divisão celular; não há fusão de núcleos de células. Dois tipos de esporos assexuais são produzidos pelos fungos. Um deles é o **conidiósporo** ou **conídio**, um esporo unicelular ou multicelular que não é armazenado em uma bolsa (Figura 12.5a). Os conídios são produzidos em cadeias na extremidade do **conidióforo**. Tais esporos são produzidos por *Aspergillus*. Os conídios formados pela fragmentação de uma hifa septada em células únicas, levemente espessas, são denominados **artroconídios** (Figura 12.5b). Uma espécie que produz esses esporos é o *Coccidioides immitis* (veja a Figura 24.18, página 696). Outro tipo de conídio, o **blastoconídio**, consiste em um broto originado de uma célula parental (Figura 12.5c). Esses esporos são encontrados em algumas leveduras, como *Candida albicans* e *Cryptococcus*. Um **clamidoconídio** é um esporo com paredes espessas, formado pelo arredondamento e alargamento no interior de um segmento de hifa (Figura 12.5d). Um fungo que produz clamidoconídios é a levedura *C. albicans*.

Outro tipo de esporo assexual é o **esporangiósporo**, formado no interior de um **esporângio**, ou bolsa, na extremidade de uma hifa aérea denominada **esporangióforo**. O esporângio pode conter centenas de esporangiósporos (Figura 12.5e). Esses esporos são produzidos por *Rhizopus*.

Esporos sexuais. Um esporo sexual fúngico resulta da reprodução sexuada, consistindo de três etapas:

1. **Plasmogamia.** Um núcleo haploide de uma célula doadora (+) penetra no citoplasma da célula receptora (–).
2. **Cariogamia.** Os núcleos (+) e (–) se fundem para formar um núcleo zigoto diploide.
3. **Meiose.** O núcleo diploide origina um núcleo haploide, esporos sexuais, dos quais alguns podem ser recombinantes genéticos.

Os esporos sexuais produzidos pelos fungos caracterizam os filamentos. Em laboratório, a maioria dos fungos apresenta apenas esporos assexuais. Consequentemente, a identificação clínica é baseada no exame microscópico dos esporos assexuais.

Adaptações nutricionais

Os fungos geralmente são adaptados a ambientes que poderiam ser hostis a bactérias. Os fungos são quimio-heterotróficos e, assim

como as bactérias, absorvem nutrientes em vez de ingeri-los, como fazem os animais. Todavia, os fungos diferem das bactérias em determinadas necessidades ambientais e nas características nutricionais apresentadas a seguir:

- Os fungos normalmente crescem melhor em ambientes em que o pH é próximo a 5, que é muito ácido para o crescimento da maioria das bactérias comuns.
- Quase todos os fungos são aeróbicos. A maioria das leveduras é anaeróbica facultativa.
- A maioria dos fungos é mais resistente à pressão osmótica que as bactérias; muitos, consequentemente, podem crescer em concentrações relativamente altas de açúcar ou sal.
- Os fungos podem crescer em substâncias com baixo grau de umidade, em geral tão baixo que impede o crescimento de bactérias.
- Os fungos necessitam de menos nitrogênio para um crescimento equivalente ao das bactérias.
- Os fungos com frequência são capazes de metabolizar carboidratos complexos, como a lignina (um dos componentes da madeira), que a maioria das bactérias não pode utilizar como nutriente.

Essas características permitem que os fungos se desenvolvam em substratos diversos como paredes de banheiro, couro de sapatos e jornais velhos.

TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Considere que você isolou um organismo unicelular que possui parede celular. Como você verificaria que se trata de um fungo e não de uma bactéria? **12-1**
- ✓ Compare o mecanismo de formação de um conidiósporo e de um esporangiósporo. **12-2**

Filos de fungos de importância médica

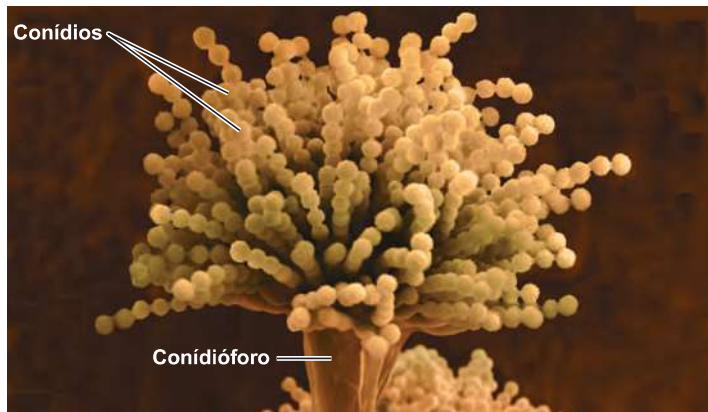
Esta seção apresenta uma revisão dos filos dos fungos de importância médica. As doenças que eles causam serão estudadas nos Capítulos 21 a 26. Observe que nem todos os fungos são causadores de doenças.

Os gêneros listados nos filos a seguir incluem muitos que são encontrados como contaminantes de alimentos e de culturas bacterianas em laboratórios. Embora estes gêneros não representem todos os principais fungos de importância médica, eles são exemplos característicos de seus respectivos grupos.

Zigomiceto

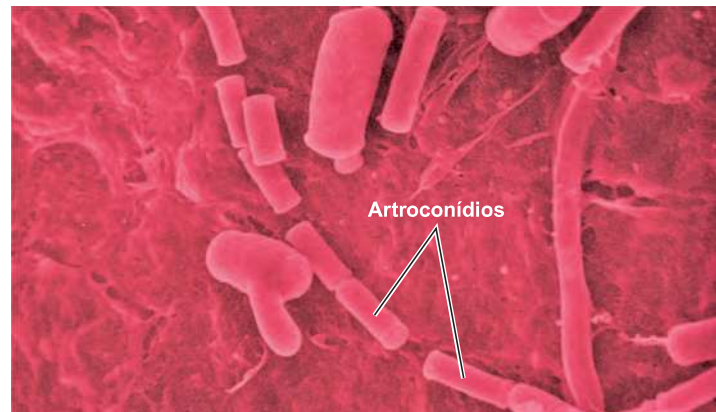
Os zigomicetos, ou fungos de conjugação, são fungos filamentosos saprofíticos que apresentam hifas cenocíticas. Um exemplo é o *Rhizopus stolonifer*, o conhecido mofo preto do pão. Os esporos assexuais do *Rhizopus* são esporangiósporos (Figura 12.6, parte inferior, à direita). Os esporangiósporos pretos dentro do esporângio conferem ao *Rhizopus* seu nome comum. Quando o esporângio se abre, os esporangiósporos se dispersam. Se eles caírem em um meio adequado, irão germinar, originando um novo talo de fungo.

Os esporos sexuais são zigósporos. Um **zigósporo** é um esporo grande no interior de uma parede espessa (Figura 12.6, parte in-



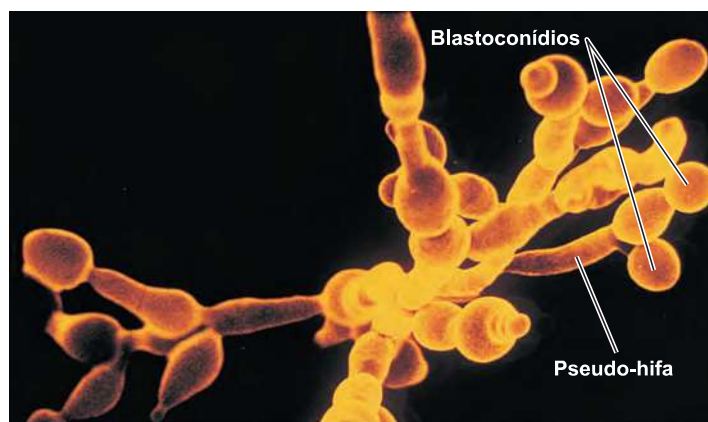
(a) Conídios estão organizados em cadeias na extremidade de um conidióforo em *Aspergillus flavus*.

MEV 5 µm



(b) A fragmentação da hifa resulta na formação de artroconídios em *Coccidioides immitis*.

MEV 5 µm



(c) Os blastoconídios são formados a partir de brotos de uma célula parental de *Candida albicans*.

MEV 10 µm



(d) Os clamidoconídios são células com paredes espessas no interior das hifas de *C. albicans*.

MEV 10 µm



(e) Os esporangiósporos são formados dentro do esporângio (bolsa de esporos) em *Rhizopus*.

MEV 10 µm

Figura 12.5 Esporos assexuais característicos.

P O que são as estruturas representadas por um pó verde sobre um alimento mofado?

rior, à esquerda). Esse tipo de esporo resulta da fusão de núcleos de duas células que são morfológicamente similares.

Ascomiceto

Os ascomicetos, ou “fungos de saco”, incluem fungos com hifas septadas e algumas leveduras. Seus esporos assexuais normalmente são

conídios produzidos em longas cadeias a partir do conidióforo. O termo *conídio* significa pó, e esses esporos são facilmente liberados da cadeia formada no conidióforo ao menor contato e flutuam no ar como poeira.

Um **ascósporo** se origina da fusão do núcleo de duas células que podem ser morfológicamente similares ou diferentes. Esses es-

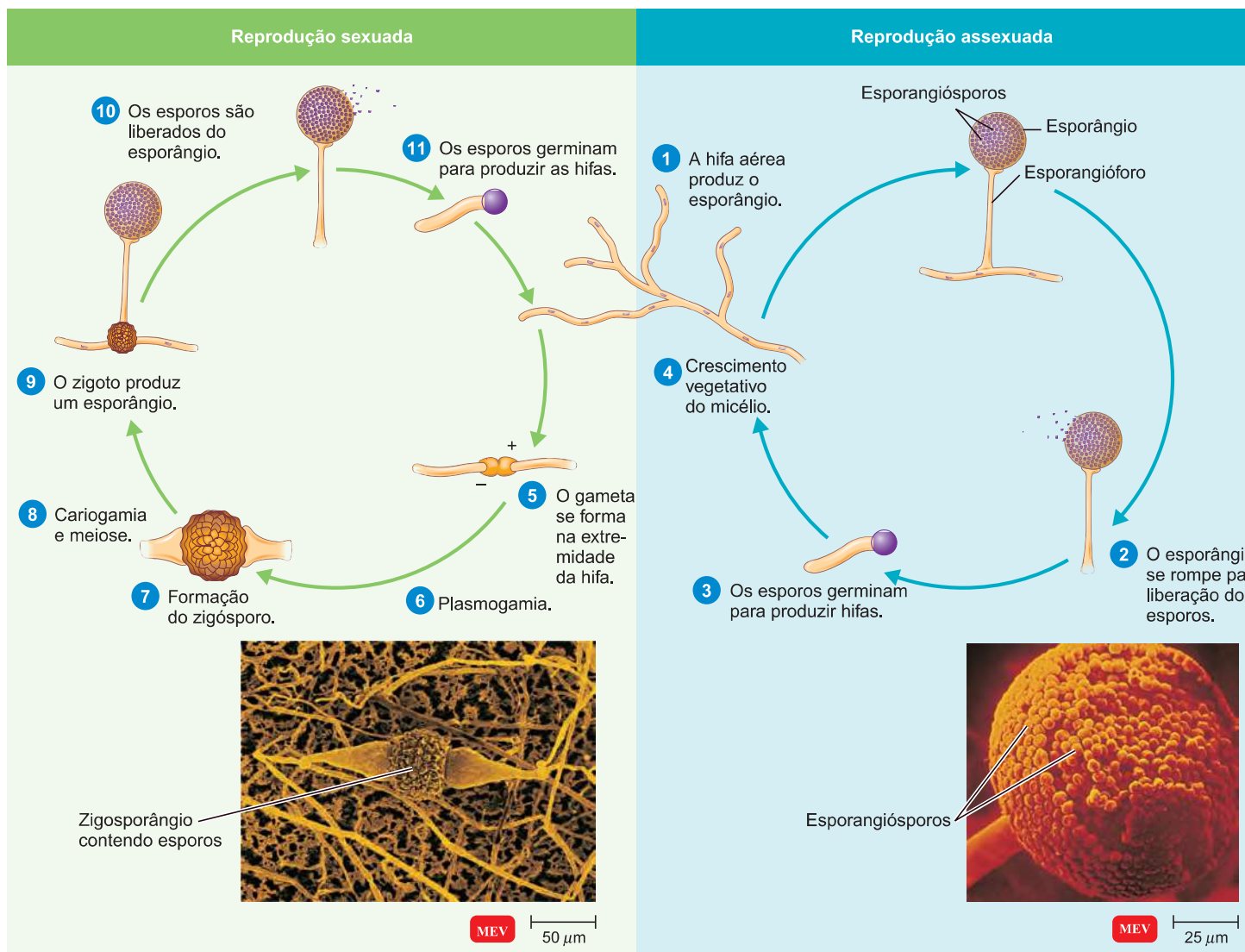


Figura 12.6 Ciclo de vida de *Rhizopus*, um zigomiceto. Este fungo, na maioria das vezes, reproduz-se assexuadamente. Duas linhagens opostas de cruzamento (designadas + e -) são necessárias para a reprodução sexuada.

P O que é uma micose oportunista?

poros são produzidos em uma estrutura em forma de saco conhecida como **asco** (Figura 12.7, parte superior, à esquerda). Os membros deste filo são chamados de “fungos de saco” por causa dos ascos.

Basidiomiceto

Os basidiomicetos também possuem hifas septadas. Esse filo inclui fungos que produzem cogumelos. Os **basidiósporos** são formados externamente em um pedestal conhecido como **basídio** (Figura 12.8). (O nome comum do fungo é derivado da forma de clava do basídio.) Existem normalmente quatro basidiósporos por basídio. Alguns dos basidiomicetos produzem conidiósporos assexuais.

Os fungos que apresentamos até agora são **teleomorfos**, isto é, eles produzem esporos sexuais e assexuais. Alguns ascomicetos perderam a capacidade de se reproduzir sexuadamente. Esses

fungos assexuais são chamados de **anamorfos**. *Penicillium* é um exemplo de um anamorfo que surgiu da mutação em um teleomorfo. Historicamente, os fungos cujo ciclo sexual ainda não havia sido observado eram colocados em uma “categoria de espermatófitos”, denominada *Deuteromiceto*. Atualmente, os micologistas estão usando o sequenciamento de rRNA para classificar esses organismos. Muitos dos que foram previamente classificados como deuteromicetos são fases anamórficas dos ascomicetos, e alguns são basidiomicetos.

A Tabela 12.3 na página 338 lista alguns fungos que causam doenças em humanos. Dois nomes genéricos são dados para alguns fungos, porque fungos de importância médica que são conhecidos por seu estágio anamórfico ou assexuado frequentemente são citados por esse nome.

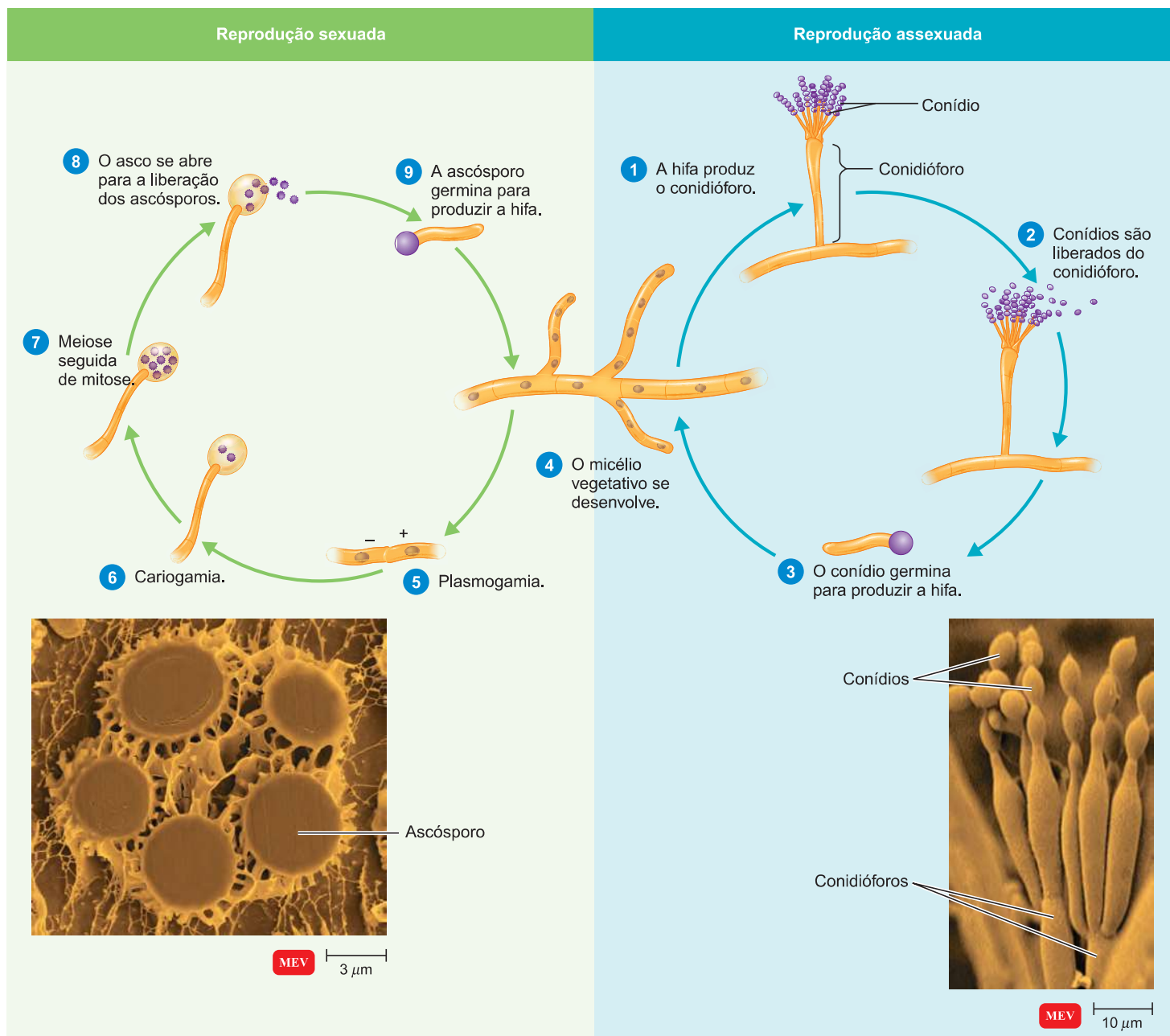


Figura 12.7 Ciclo de vida do *Talaromyces*, um ascomiceto. Ocasionalmente, quando duas células de cruzamento opostas de duas linhagens diferentes (+ e -) fundem-se, a reprodução sexuada ocorre.

P Dê o nome de um ascomiceto que pode infectar o homem.

Doenças causadas por fungos

Qualquer infecção de origem fúngica é chamada de **micose**. As micoses geralmente são infecções crônicas (de longa duração) porque os fungos crescem lentamente. As micoses são classificadas em cinco grupos de acordo com o grau de envolvimento no tecido e o modo de entrada no hospedeiro: sistêmica, subcutânea, cutânea, superficial ou oportunista. No Capítulo 10, observamos que os fungos estão relacionados aos animais. Consequentemente, as drogas que

afetam as células fúngicas também podem afetar as células animais. Esse fato torna difícil o tratamento das infecções fúngicas em humanos e em outros animais.

Micoses sistêmicas são infecções fúngicas profundas no interior do corpo. Não são restritas a nenhuma região particular, mas podem afetar vários tecidos e órgãos. As micoses sistêmicas normalmente são causadas por fungos que vivem no solo. A inalação dos esporos é a rota da transmissão; essas infecções em geral se ini-

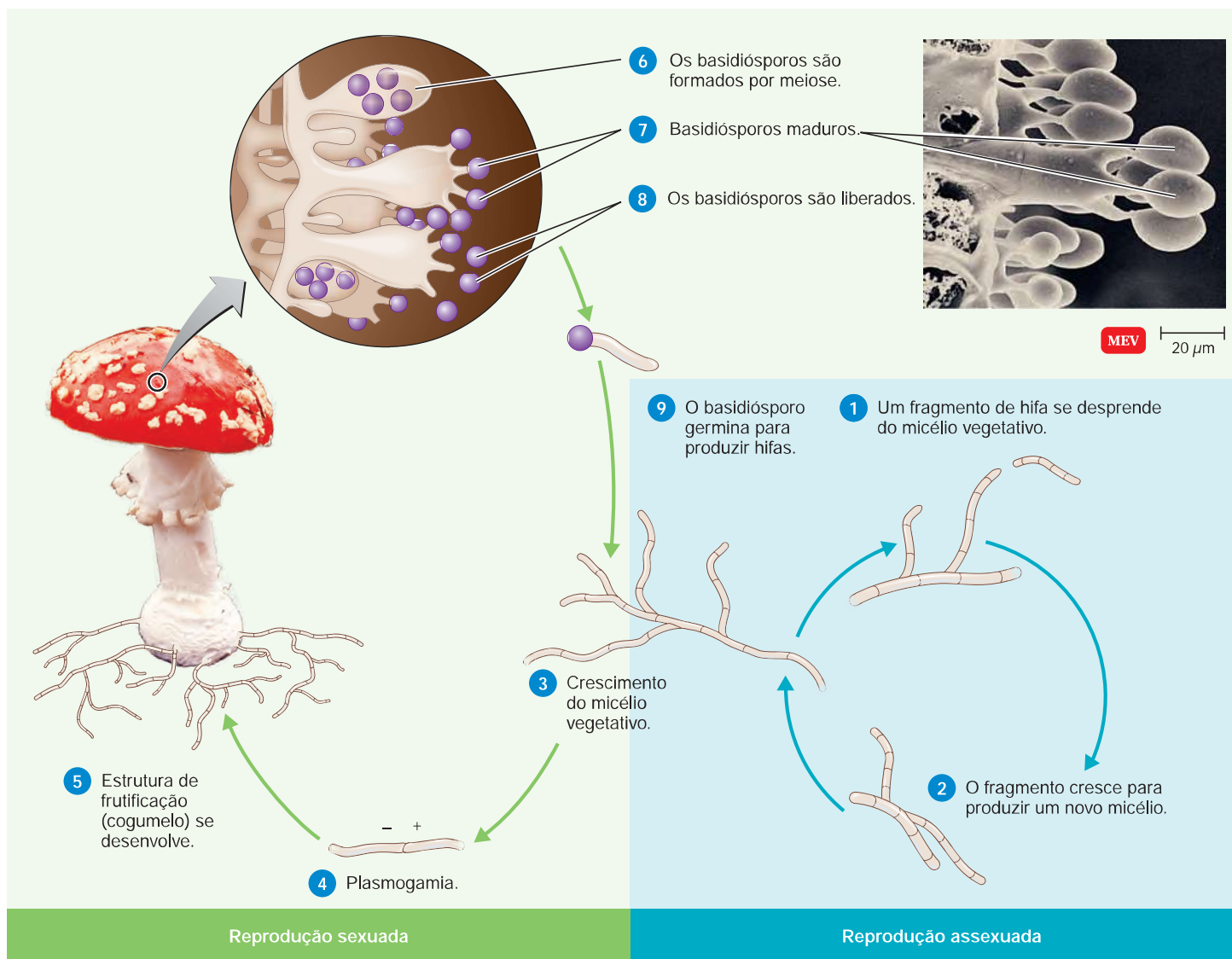


Figura 12.8 Ciclo de vida genérico de um basidiomiceto. Os cogumelos surgem após fusão de células originadas de duas linhagens de cruzamento opostas (+ e -).

P Qual a base da classificação dos fungos em filos?

ciam nos pulmões e se difundem para outros tecidos do corpo. Elas não são contagiosas entre animais e humanos ou entre indivíduos. Duas micoses sistêmicas, histoplasmose e coccidioidomicose, serão discutidas no Capítulo 24.

Micoses subcutâneas são infecções fúngicas localizadas abaixo da pele causadas por fungos saprofíticos que vivem no solo e na vegetação. A esporotricose é uma infecção subcutânea adquirida por jardineiros e fazendeiros (Capítulo 21, página 601). A infecção ocorre por implantação direta dos esporos ou de fragmentos de micélio em uma perfuração na pele.

Os fungos que infectam apenas a epiderme, o cabelo e as unhas são chamados de **dermatófitos**, e suas infecções são chamadas de **dermatomicoses** ou **micoses cutâneas** (veja a Figura 21.16, página 600). Os dermatófitos secretam queratinase, uma enzima que degrada a **queratina**, uma proteína encontrada no cabelo, na pele e

nas unhas. A infecção é transmitida entre humanos ou entre animal e humanos por contato direto ou contato com fios e células epidérmicas infectadas (como tesoura de cabeleireiro ou pisos de banheiros).

Os fungos que causam as **micoses superficiais** estão localizados ao longo dos fios de cabelos e em células epidérmicas superficiais. Essas infecções são prevalentes em climas tropicais.

Um **patógeno oportunista** geralmente é inofensivo em seu habitat normal, mas pode se tornar patogênico em um hospedeiro que se encontra debilitado ou traumatizado; indivíduos sob tratamento com antibióticos de amplo espectro; indivíduos cujo sistema imune esteja suprimido por drogas ou por distúrbios, ou aqueles que tenham alguma doença pulmonar.

Pneumocystis é um patógeno oportunista encontrado em indivíduos com o sistema imune comprometido e é a infecção

Filo	Características de crescimento	Tipos de esporos assexuais	Patógenos humanos	Habitat	Tipo de micose	Observações clínicas	Referência da página
Zigomiceto	Hifa não septada	Esporangiósporos	<i>Rhizopus</i>	Ubíquo	Sistêmica	Patógeno oportunista	697
			<i>Mucor</i>	Ubíquo	Sistêmica	Patógeno oportunista	698
Ascomiceto	Dimórfico	Conídios	<i>Aspergillus</i>	Ubíquo	Sistêmica	Patógeno oportunista	697
			<i>Blastomyces* dermatitidis</i> (<i>Ajellomyces</i> [†])	Desconhecido	Sistêmica	Inalação	697
			<i>Histoplasma* capsulatum</i> (<i>Ajellomyces</i> [†])	Solo	Sistêmica	Inalação	695
	Hifa septada, grande afinidade por queratina	Conídios	<i>Microsporium</i>	Solo, animais	Cutânea	<i>Tinea capitis</i> (tinha de cabeça)	600
		Artroconídios	<i>Trichophyton* (Arthroderma</i> [†])	Solo, animais	Cutânea	<i>Tinea pedis</i> (pé-de-atleta)	600
Anamórficos	Hifa septada	Conídios	<i>Epidermophyton</i>	Solo, animais	Cutânea	<i>Tinea cruris</i> (tinha crural) <i>Tinea unguium</i> (tinha de unhas)	600
	Dimórfico		<i>Sporothrix schenckii</i> , <i>Stachybotrys</i>	Solo	Subcutânea	Ferimento por perfuração	601
		Artroconídios	<i>Coccidioides immitis</i>	Solo	Sistêmica	Inalação	696
	Leveduriforme, pseudo-hifa	Clamidoconídios	<i>Candida albicans</i>	Microbiota normal humana	Cutânea, sistêmica, mucocutânea	Patógeno oportunista	601
	Unicelular	Nenhum	<i>Pneumocystis</i>	Ubíquo	Sistêmica	Patógeno oportunista	697
Basidiomiceto	Hifa septada; inclui as ferrugens e os patógenos de plantas; células leveduriformes encapsuladas	Conídios	<i>Cryptococcus neoformans*</i> (<i>Filobasidiella</i> [†])	Solo, fezes de aves	Sistêmica	Inalação	626
			<i>Malassezia</i>	Pele humana	Cutânea	Caspa, dermatite	586

* Nome do anamorfo.
[†]Nome do teleomorfo.

mais frequente em pacientes com Aids, podendo ser fatal (veja a Figura 24.20, página 698). Foi primeiramente classificado como protozoário, mas estudos recentes de seu RNA indicaram que se trata de um fungo unicelular anamorfo. Outro exemplo de patógeno oportunista é o fungo *Stachybotrys*, que normalmente cresce na celulose encontrada em plantas mortas, mas que recentemente foi encontrado nas paredes de casas prejudicadas pela umidade.

A mucormicose é uma micose oportunista causada por *Rhizopus* e *Mucor*; a infecção ocorre principalmente em pacien-

tes com diabetes melito, leucemia, ou sob tratamento com drogas imunossupressoras. A aspergilose também é uma micose oportunista causada por *Aspergillus* (veja a Figura 12.2). Essa doença ocorre em indivíduos que estão debilitados devido a doenças nos pulmões ou ao câncer e que tenham inalado esporos de *Aspergillus*.

Infecções oportunistas causadas por *Cryptococcus* e *Penicillium* podem ser fatais para pacientes com Aids. Esses fungos oportunistas podem ser transmitidos de um indivíduo para outro que não esteja infectado, mas geralmente não infectam indivíduos imuno-

competentes. As **infecções por leveduras**, ou candidíases, frequentemente são causadas por *Candida albicans* e podem ocorrer como candidíase vulvovaginal ou como “sapinho”, uma candidíase mucocutânea. A candidíase com frequência ocorre em recém-nascidos, pacientes com Aids e indivíduos em tratamento com antibióticos de amplo espectro (veja a Figura 21.17, página 601).

Alguns fungos podem causar doenças por meio da produção de toxinas. Essas toxinas serão discutidas no Capítulo 15.

Efeitos econômicos dos fungos

Os fungos têm sido utilizados na biotecnologia há muitos anos. *Aspergillus niger*, por exemplo, tem sido usado para produzir ácido cítrico para alimentos e bebidas desde 1914. A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é utilizada na produção de pão e vinho. Ela também é geneticamente modificada para produzir várias proteínas, incluindo a vacina para a hepatite B. *Trichoderma* é utilizado comercialmente para a produção da enzima celulase, que é aplicada na remoção da parede celular de plantas para a produção de sucos de frutas melhores. Quando a droga antitumoral taxol, que é produzida por teixos, foi descoberta, houve a preocupação de que as florestas da costa nordeste dos Estados Unidos pudessem ser dizimadas para obtenção da droga. Entretanto, o fungo *Taxomyces* também produz taxol.

Os fungos são utilizados para o controle biológico de pragas. Em 1990, o fungo *Entomophaga* se proliferou de maneira inesperada e eliminou as mariposas que estavam destruindo árvores no nordeste dos Estados Unidos. Os cientistas estão investigando o uso de vários fungos para o controle de pragas:

- *Metarrhizium* cresce em raízes de plantas, e gorgulhos morrem após se alimentarem das raízes.
- Um fungo que foi primeiramente encontrado associado a insetos que se alimentavam de beringelas no Texas, Estados Unidos, pode se tornar um novo agente de controle biológico para a praga conhecida como “moscas brancas”, que ocasiona grandes prejuízos para a agricultura. O fungo *Coniothyrium minitans* se alimenta de fungos que destroem culturas de soja e de feijão.
- Uma espuma com *Paecilomyces fumosoroseus* tem sido usada como alternativa biológica a produtos químicos para matar cupins que permanecem escondidos no interior de troncos de árvores e em outros locais difíceis de serem alcançados.

Em contraste a esses efeitos benéficos, os fungos podem ter efeitos indesejáveis para a agricultura devido às suas adaptações nutricionais. Como observado pela maioria de nós, os fungos que estragam frutas, grãos e vegetais são relativamente comuns, mas estragos causados por bactérias em tais alimentos não são. Existe pouca umidade nas superfícies intactas desses alimentos, e o interior das frutas é muito ácido para a maioria das bactérias se desenvolver. As geleias também tendem a ser ácidas e possuem alta pressão osmótica devido ao açúcar que contêm. Todos esses fatores desfavorecem o crescimento bacteriano, mas permitem o crescimento de fungos. Uma camada de parafina no topo do frasco de uma geleia caseira ajuda a impedir o crescimento de fungos, pois eles são em sua maioria aeróbicos, e a camada de parafina evita a entrada de oxigênio. Todavia, carne fresca e determinados alimentos são excelentes substratos para o crescimento de bactérias; elas

crescem de uma maneira tal que impedem que os fungos se desenvolvam.

A castanheira, sobre a qual Longfellow escreveu, já não mais se propaga pelos Estados Unidos, com exceção de algumas poucas localidades isoladas; uma ferrugem causada por um fungo matou todas as árvores. Essa ferrugem foi causada pelo ascomiceto *Cryphonectria parasitica*, trazido da China por volta de 1904. O fungo permite o desenvolvimento das raízes e o surgimento regular dos brotos, no entanto os mata com a mesma frequência. Castanheiras resistentes ao *Cryphonectria* estão sendo desenvolvidas. Outro fungo introduzido que causa doenças em plantas é o da doença do olmo holandês, causada por *Ceratocystis ulmi*. Carregado de árvore em árvore por um besouro que vive nas cascas das árvores, o fungo bloqueia a circulação de seiva. Essa doença tem devastado a população de olmos dos Estados Unidos.

TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Liste os esporos assexuais e sexuais produzidos pelos Zigomicetos, Ascomicetos e Basidiomicetos. **12-3**
- ✓ As leveduras são benéficas ou prejudiciais? **12-4**

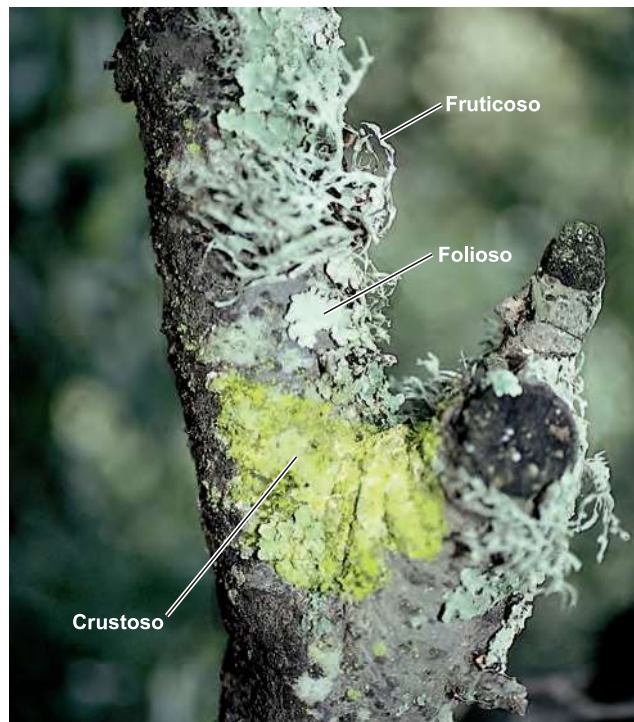
Líquens

OBJETIVOS DO APRENDIZADO

- 12-5** Listar as características que definem os líquens e descrever suas necessidades nutricionais.
- 12-6** Descrever o papel dos fungos e das algas em um líquen.

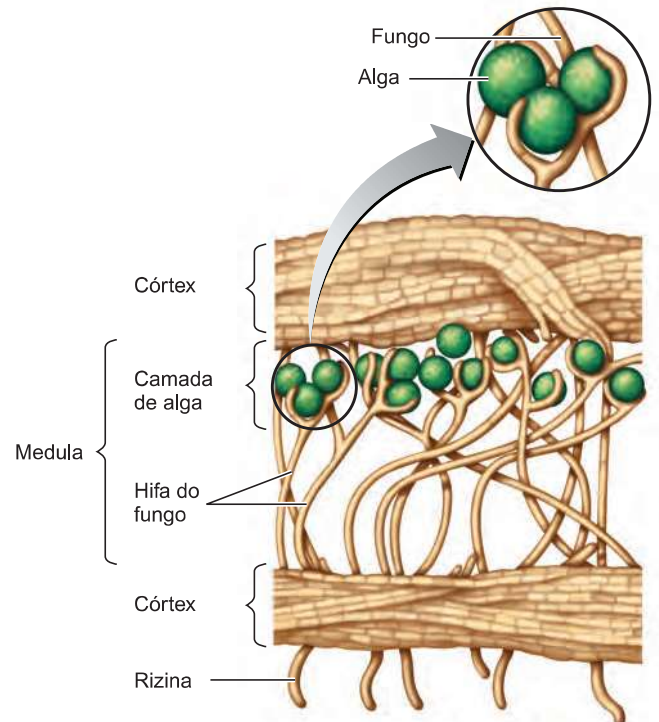
Um **líquen** é uma combinação de uma alga verde (ou cianobactéria) com um fungo. Os líquens fazem parte do Reino *Fungi* e são classificados de acordo com seu parceiro fungo, a maioria das vezes um ascomiceto. Esses dois organismos convivem em uma relação *mutualística*, em que ambos se beneficiam. Os líquens são muito diferentes tanto das algas quanto dos fungos quando ambos crescem separadamente, e se as partes são separadas, o líquen deixa de existir. Cerca de 13.500 espécies de líquens ocupam habitats bastante diversos. Por poderem habitar áreas onde nem os fungos nem as algas poderiam sobreviver sozinhos, os líquens são, frequentemente, a primeira forma de vida a colonizar solos ou pedras recentemente expostos. Os líquens secretam ácidos orgânicos que quimicamente desgastam as rochas, e eles acumulam nutrientes necessários para o crescimento das plantas. Também encontrados em árvores, estruturas de concreto e telhados, os líquens são organismos que crescem de forma extremamente lenta.

Os líquens podem ser agrupados em três categorias morfológicas (**Figura 12.9a**). Os *líquens crustosos* crescem encrustados no substrato, os *líquens foliosos* são mais parecidos com folhas, e os *líquens fruticosos* possuem projeções semelhantes a dedos. O talo de um líquen, ou corpo, se forma quando a hifa do fungo cresce ao redor das células da alga para se tornar a **medula** (**Figura 12.9b**). A hifa do fungo projeta-se abaixo do corpo do líquen para formar as **rizinas**, ou estruturas de fixação. A hifa do fungo também forma o **córtex**, ou capa protetora, em cima da camada de algas e às vezes abaixo dela. Após a incorporação como um talo de líquen, a alga continua seu crescimento, e a hifa em crescimento pode incorporar novas células de algas.



(a) Os três tipos de líquens

2 cm



(b) Talo do líquen

Figura 12.9 Líquens. A medula do líquen é composta por hifas do fungo rodeando a camada de alga. O córtex protetor é uma camada de hifas do fungo que cobre a superfície e, algumas vezes, a base do líquen.

P Em quais circunstâncias os líquens são únicos?

Quando a alga é cultivada separadamente *in vitro*, cerca de 1% dos carboidratos produzidos durante a fotossíntese é liberado no meio de cultura; entretanto, quando a alga está associada ao fungo, a membrana plasmática da alga é mais permeável, e mais de 60% dos produtos da fotossíntese são liberados para o fungo ou são encontrados como produtos finais do metabolismo dos fungos. Os fungos claramente se beneficiam dessa associação. A alga, enquanto fornece valiosos nutrientes, é recompensada; recebe do fungo tanto proteção contra dessecação (córtex) quanto facilidade para fixação (rizinas).

Os líquens possuíam considerável importância econômica na Grécia antiga e em outras partes da Europa como corantes de roupas. O ácido úsnico da *Usnea* é utilizado como um agente antimicrobiano na China. Eritrolitmina, um corante utilizado em papéis indicadores de mudanças no pH, é extraído de diversos líquens. Alguns líquens ou seus ácidos podem causar dermatite de contato alérgica em humanos.

Populações de líquens prontamente incorporam cátions (íons com carga positiva) em seus talos. Desta forma, a concentração e os tipos de cátions presentes na atmosfera podem ser determinados por análise química do talo dos líquens. Além disso, a presença ou ausência de espécies que são sensíveis a poluentes pode ser utilizada para verificar a qualidade do ar. Em 1985, um estudo no vale Cuyahoga, em Ohio, nos Estados Unidos, mostrou que 81% das

172 espécies de líquens que existiam em 1917 haviam desaparecido. Como essa área estava severamente afetada pela poluição do ar, foi inferido que os poluentes do ar, principalmente o dióxido de enxofre (o maior contribuinte para a chuva ácida), causaram a morte das espécies sensíveis.

Os líquens são o principal alimento para os herbívoros das tundras, como o caribu e as renas. Após o desastre nuclear de 1986 em Chernobyl, 70 mil renas em Lapland que haviam sido criadas para alimentação tiveram que ser sacrificadas devido aos altos níveis de radiação. Os líquens dos quais as renas se alimentaram haviam absorvido cézio-137 radiativo, espalhado pelo ar.

TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Qual é o papel dos líquens na natureza? **12-5**
- ✓ Qual é o papel dos fungos em um líquen? **12-6**

Algas

OBJETIVOS DO APRENDIZADO

- 12-7** Listar as características que definem as algas.
- 12-8** Listar as características marcantes dos cinco filos de algas discutidos neste capítulo.
- 12-9** Identificar dois efeitos benéficos e dois prejudiciais das algas.

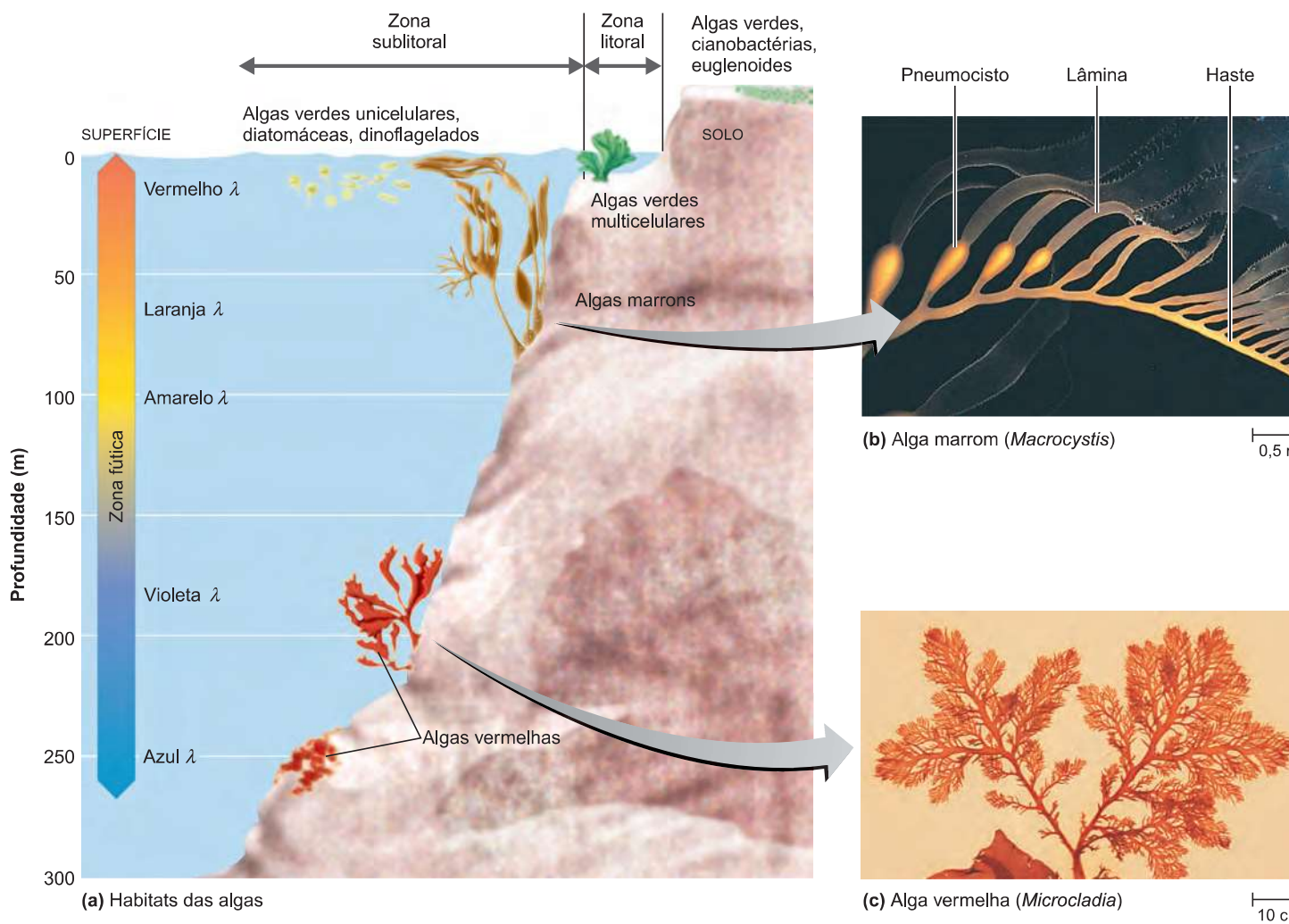


Figura 12.10 Algas e seus habitats. (a) Embora algas unicelulares e filamentosas possam ser encontradas no solo, elas frequentemente existem em ambientes marinhos, e de água doce com o plâncton. Algas vermelhas, marrons e verdes multicelulares requerem um sítio de ligação adequado, água em quantidades adequadas e luz em comprimentos de onda apropriados. (b) *Macrocystis porifera*, uma alga marrom. A haste é oca, e os pneumocistos, cheios de gás, mantêm o talo verticalmente, assegurando que luz solar suficiente seja recebida para o crescimento. (c) *Microcladia*, uma alga vermelha. As algas vermelhas delicadamente ramificadas adquirem suas cores a partir dos pigmentos acessórios, as ficobiliproteínas.

P Qual alga vermelha é tóxica para os humanos?

As algas são conhecidas como as grandes placas marrons nas águas costeiras, a espuma verde em uma poça, e as manchas verdes no solo ou sobre rochas. Algumas algas são responsáveis por intoxicações alimentares. Algumas são unicelulares; outras formam cadeias de células (são filamentosas); e poucas apresentam talo.

As algas são em sua maioria aquáticas, embora algumas sejam encontradas no solo ou sobre árvores quando existe umidade suficiente. Habitats incomuns de algas incluem o pelo do urso polar e da preguiça da América do Sul. A água é necessária para suporte físico, reprodução e difusão de nutrientes. Geralmente, as algas são encontradas em águas frias temperadas, embora os grandes tapetes flutuantes da alga marrom *Sargassum* sejam encontrados nas águas

subtropicais do Mar Sargasso. Algumas espécies de algas marrom crescem nas águas da Antártica.

Características das algas

As algas são organismos eucariotos fotoautotróficos relativamente simples que não possuem os tecidos (raízes, caules e folhas) típicos de plantas. A identificação de algas filamentosas e unicelulares requer exame microscópico. A maioria das algas é encontrada nos oceanos. A localização destes organismos depende da disponibilidade de nutrientes apropriados, comprimento de onda da luz e superfícies sobre as quais eles crescem. As prováveis localizações das algas representativas são mostradas na Figura 12.10a.

Estruturas vegetativas

O corpo de uma alga multicelular é chamado de talo. Os talos de grandes algas multicelulares, comumente chamadas de macroalgas marinhas (“charutos do mar”), consistem em **estruturas de fixação** ramificadas (que fixam a alga em uma rocha), **hastes** cauliformes e frequentemente ocas e **lâminas** semelhantes a folhas (**Figura 12.10b**). As células recobrimdo o talo podem realizar fotossíntese. O talo não apresenta um tecido condutor (xilema e floema), característico de plantas vasculares; as algas absorvem nutrientes da água através de toda a superfície do corpo. A haste não é lignificada ou lenhosa, não oferecendo o suporte de um caule de planta; no lugar, a água circundante suporta o talo algal. Algumas algas apresentam também uma vesícula cheia de gás flutuante chamada de *pneumatócisto*.

Ciclo de vida

Todas as algas podem se reproduzir assexuadamente. As algas multicelulares com talos e formas filamentosas podem se fragmentar; cada pedaço é capaz de formar um novo talo ou filamento. Quando uma alga unicelular se divide, seu núcleo se divide (mitose), e os dois núcleos se movem para as extremidades opostas da célula. A célula então se divide em duas células completas (citocinese).

A reprodução sexuada ocorre nas algas (**Figura 12.11**). Em algumas espécies, a reprodução assexuada pode ocorrer por várias gerações e, então, sob diferentes condições, a mesma espécie se reproduz de maneira sexuada. Outras espécies alternam gerações de forma que a prole resultante da reprodução sexuada se reproduza assexuadamente, e a geração seguinte então se reproduz sexuadamente.

Nutrição

Alga é um nome comum que inclui diversos filos (**Tabela 12.4**). A maioria das algas é fotossintética; contudo, os oomicetos, ou algas semelhantes a fungos, são quimio-heterotróficos. As algas fotossintéticas são encontradas ao longo da zona fótica (luz) dos corpos aquáticos. A clorofila *a* (um pigmento que absorve a luz) e pigmentos acessórios envolvidos na fotossíntese são responsáveis pelas cores distintas encontradas em muitas algas.

As algas são classificadas de acordo com suas sequências de rRNA, estrutura, pigmentos e outras propriedades (veja a Tabela 12.4). A seguir são descritos alguns dos filos das algas.

Filos selecionados das algas

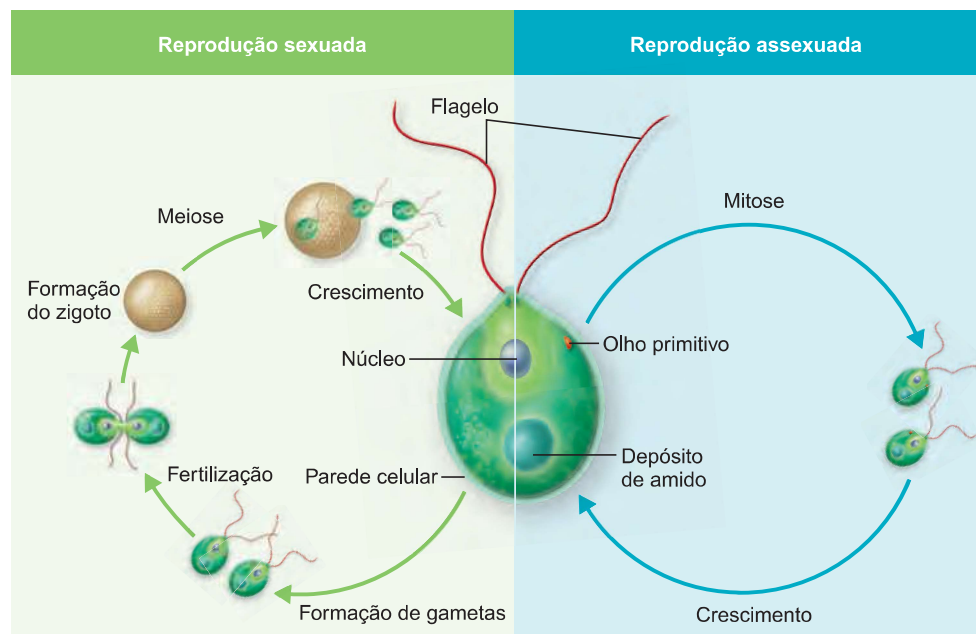
As *algas marrons*, ou algas marinhas, são macroscópicas; algumas atingem 50 m de comprimento (veja a Figura 12.10b). A maioria das algas marrons é encontrada nas águas costeiras. As algas marrons têm uma taxa de crescimento fenomenal. Algumas crescem em taxas que excedem 20 cm por dia, podendo ser colhidas regularmente. **Algina**, um espessante utilizado em muitos alimentos (tais como sorvetes e decoração de bolos), é extraída da parede celular dessas algas. A algina também é usada na produção de uma grande variedade de produtos não comestíveis, incluindo pneus e cremes para as mãos. A alga marrom *Laminaria japonica* é utilizada para induzir dilatação vaginal antes de procedimento cirúrgico no útero através da vagina.

A maioria das *algas vermelhas* tem o talo delicadamente ramificado e pode viver a maiores profundidades oceânicas do que



(a) Alga verde multicelular (*Ulva*)

10 cm



(b) Ciclo de vida de uma alga verde unicelular (*Chlamydomonas*)

Figura 12.11 Alga verde. (a) A alga verde multicelular *Ulva*. (b) Ciclo de vida da alga verde unicelular *Chlamydomonas*. Dois flagelos tipo chicote propulsionam essa célula.

P Qual é o papel principal das algas no ecossistema?

Tabela 12.4 Características de filos selecionados de algas

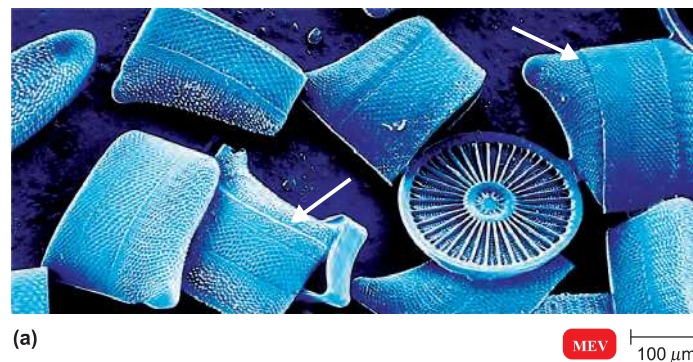
	Algas marrons	Algas vermelhas	Algas verdes	Diatomáceas	Dinoflagelados	Mofos aquáticos
Filo	<i>Phaeophyta</i>	<i>Rhodophyta</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Bacillariophyta</i>	<i>Dinoflagellata</i>	<i>Oomycota</i>
Cor	Coloração marrom	Avermelhada	Verde	Coloração marrom	Coloração marrom	Incolor, branca
Parede celular	Celulose e ácido algínico	Celulose	Celulose	Pectina e sílica	Celulose na membrana	Celulose
Organização celular	Multicelular	A maioria é multicelular	Unicelular e multicelular	Unicelular	Unicelular	Multicelular
Pigmentos fotossintéticos	Clorofilas <i>a</i> e <i>c</i> , xantofila	Clorofilas <i>a</i> e <i>d</i> , ficobiliproteínas	Clorofilas <i>a</i> e <i>b</i>	Clorofilas <i>a</i> e <i>c</i> , caroteno, xantofila	Clorofilas <i>a</i> e <i>c</i> , caroteno, xantofila	Nenhum
Reprodução sexuada	Sim	Sim	Sim	Sim	Em alguns (?)	Sim (similar aos <i>Zygomycota</i>)
Material de reserva	Carboidrato	Polímero de glicose	Polímero de glicose	Óleo	Amido	Nenhum

outras algas (veja a Figura 12.10c). Os talos de algumas algas vermelhas formam uma cobertura semelhante a uma crosta sobre as rochas e conchas. Os pigmentos vermelhos permitem que as algas vermelhas absorvam a luz azul que penetra nas regiões mais profundas dos oceanos. O ágar usado nos meios microbiológicos é extraído de muitas algas vermelhas. Outro material gelatinoso, a carragenina, vem de uma espécie de alga vermelha comumente conhecida como musgo irlandês. A carragenina e o ágar podem ser ingredientes espessantes de leites evaporados, sorvetes e agentes farmacêuticos. Espécies de *Gracilaria*, as quais crescem no oceano Pacífico, são utilizadas pelo homem como alimento. Contudo, membros desse gênero podem produzir uma toxina letal.

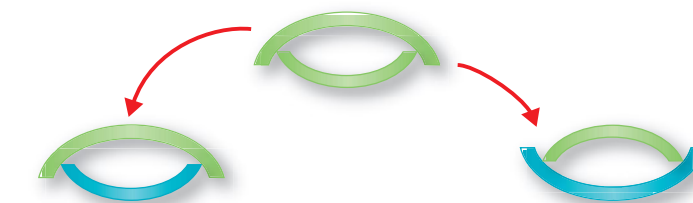
As *algas verdes* têm celulose na parede celular, contêm clorofilas *a* e *b*, e estocam amido, como as plantas (veja a Figura 12.11a). Acredita-se que as algas verdes tenham dado origem às plantas terrestres. A maioria das algas verdes é microscópica, embora possam ser tanto unicelulares quanto multicelulares. Alguns tipos filamentosos formam uma espuma verde em lagoas.

Diatomáceas, dinoflagelados e fungos aquáticos são agrupados no Reino *Stramenopila*. As *diatomáceas* (Figura 12.12) são algas unicelulares ou filamentosas com uma parede celular complexa que consiste em pectina e uma camada de sílica. As duas partes da parede celular se encaixam como as duas partes de uma placa de Petri. Os padrões distintos das paredes são ferramentas úteis na identificação das diatomáceas. Elas armazenam a energia capturada através da fotossíntese na forma de óleo.

O primeiro relato de um surto de uma doença neurológica provocado por diatomáceas foi registrado em 1987 no Canadá. As pessoas afetadas comeram mexilhões que tinham se alimentado de diatomáceas. As diatomáceas produzem o *ácido domoico*, uma toxina que estava concentrada nos mexilhões. Os sintomas incluíram diarreia e perda de memória. A taxa de mortalidade foi menor que 4%. Desde 1991, centenas de aves marinhas e leões-marinhos têm morrido pela mesma **intoxicação** com **ácido domoico** na Califórnia.



(a)



(b) Reprodução assexuada de uma diatomácea.

Figura 12.12 **Diatomáceas.** (a) Nesta micrografia de *Isthmia nervosa*, observe como as duas partes da parede celular se encaixam juntas, como mostrado pelas setas. (b) Reprodução assexuada em uma diatomácea. Durante a mitose, cada célula-filha retém metade da parede celular do parental (verde) e precisa sintetizar a metade que falta (azul).

P Qual doença humana é causada pelas diatomáceas?

Dinoflagelados são algas unicelulares coletivamente chamadas de **plâncton**, ou organismos de livre flutuação (Figura 12.13). Sua estrutura rígida é devida à celulose presente na membrana plasmática. Alguns dinoflagelados produzem neurotoxinas. Nos últimos 20 anos, um aumento mundial de algas marinhas tóxicas matou milhões de peixes, centenas de mamíferos marinhos e até mesmo

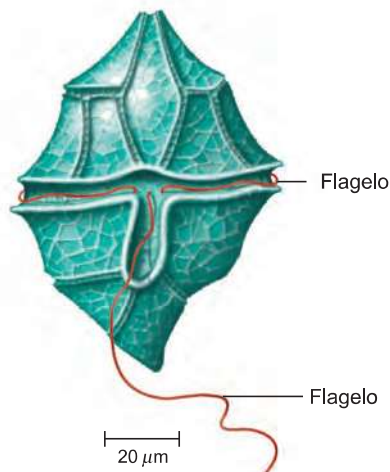


Figura 12.13 *Peridinium*, um dinoflagelado. Semelhante a alguns outros dinoflagelados, o *Peridinium* tem dois flagelos em cavidades opostas e perpendiculares. Quando os dois flagelos batem simultaneamente, fazem a célula girar.

P Quais doenças humanas são causadas por dinoflagelados?

seres humanos. Quando um peixe nada por meio de um grande número de dinoflagelados *Gymnodinium breve*, as algas presas nas brânquias liberam uma neurotoxina que paralisa a respiração do peixe. Os dinoflagelados do gênero *Alexandrium* produzem neurotoxinas (chamadas de **saxitoxinas**) que causam **paralisia por envenenamento de moluscos** (PSP, de *paralytic shellfish poisoning*). A toxina é concentrada quando um grande número de dinoflagelados é ingerido por moluscos, tais como mexilhões e mariscos. As pessoas que ingerem esses moluscos desenvolvem PSP. Grandes concentrações de *Alexandrium* conferem ao oceano a coloração vermelho-escuro, originando o nome **maré vermelha** (Figura 27.13, página 779). Os moluscos não devem ser consumidos durante a maré vermelha. Uma doença conhecida como **ciguatera** ocorre quando o dinoflagelado *Gambierdiscus toxicus* sobe a cadeia alimentar e é consumido pelos peixes maiores. A ciguatera é endêmica (constantemente presente) no sul do Oceano Pacífico e no Mar do Caribe. Uma nova doença associada aos *Pfiesteria* é responsável pela grande mortandade de peixes ao longo da Costa Atlântica.

A maioria dos *fungos aquáticos*, ou *Oomycetes*, é de decompositores. Eles formam massas cotonosas (parecidas com algodão) sobre algas ou animais mortos, geralmente em água doce (Figura 12.14a). Assexuadamente, os oomicetos se assemelham aos fungos zigomicetos, pois produzem esporos em um esporângio (saco de esporos). Contudo, os esporos dos oomicetos, chamados de **zoósporos** (Figura 12.14b), têm dois flagelos; fungos não têm flagelos. Por causa da similaridade superficial com os fungos, os oomicetos foram previamente classificados com eles. Suas paredes celulares de celulose sempre sugeriram uma relação com as algas, e análises de DNA recentes confirmaram que os oomicetos estão mais próximos filogeneticamente das diatomáceas e dos dinoflagelados que dos fungos. Muitos dos oomicetos

terrestres são parasitas de plantas. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos inspeciona as plantas importadas busca de ferrugem branca e outros parasitas. Viajantes ou mesmo importadores de plantas não imaginam que uma pequena inflorescência ou propágulo pode carrear uma praga que é capaz de causar um prejuízo de milhões de dólares para a agricultura dos Estados Unidos.

P&R Na Irlanda, por volta de 1890, 1 milhão de pessoas morreram quando a safra de batatas do país foi destruída. A alga *Phytophthora infestans*, que causou a doença que dizimou as plantações de batatas, foi um dos primeiros micro-organismos a ser associado com uma doença. Atualmente, *Phytophthora* infecta soja, batata e cacau em vários lugares do mundo. A hifa vegetativa produz zoósporos móveis e hifas sexuais especializadas (veja a Figura 12.14). Todas as linhagens dos Estados Unidos são de uma linhagem sexual de cruzamento, chamada de A1. Na década de 1990, a outra linhagem sexual, A2, foi identificada nos Estados Unidos. Quando em contato, A1 e A2 se diferenciam para produzir gametas haploides que podem cruzar para formar um zigoto. Quando o zigoto germina, a alga resultante tem genes de ambas as linhagens parentais.

Na Austrália, *P. cinnamoni* infectou cerca de 20% de uma espécie de eucalipto. *Phytophthora* foi introduzida nos Estados Unidos na década de 1990 e causou uma ampla devastação nas culturas de frutas e vegetais. Quando as árvores de carvalho da Califórnia subitamente começaram a morrer em 1995, os cientistas da Universidade da Califórnia identificaram a causa dessa “morte súbita dos carvalhos” como sendo uma nova espécie, *P. ramorum*, que também infecta sequoias.

O papel das algas na natureza

As algas são uma parte importante de muitas cadeias alimentares aquáticas porque fixam o dióxido de carbono em moléculas orgânicas, que podem ser consumidas pelos quimio-heterotróficos. Utilizando a energia produzida na fotofosforilação, as algas convertem o dióxido de carbono da atmosfera em carboidratos. O oxigênio molecular (O_2) é um subproduto de sua fotossíntese. Os primeiros metros de muitos corpos de água contêm algas planctônicas. Como 75% da Terra são cobertos por água, a estimativa é de que 80% do O_2 da Terra sejam produzidos pelas algas planctônicas.

Variações sazonais nos nutrientes, na luz e na temperatura causam flutuações nas populações de algas; aumentos periódicos no número de algas planctônicas são chamados de **florescência de alga** (*blooms*). A fluorescência de dinoflagelados é responsável pelas marés vermelhas sazonais. Florescências de certas espécies indicam que a água na qual elas crescem está poluída porque essas algas desenvolvem-se nas altas concentrações de matéria orgânica que existem no esgoto e em dejetos industriais. Quando as algas morrem, a decomposição de um grande número de células, associadas com fluorescência de algas, diminui o nível de oxigênio dissolvido na água. (Esse fenômeno é discutido no Capítulo 27.)

Uma grande parte do petróleo mundial foi formada a partir de diatomáceas e outros organismos planctônicos que viveram há vários milhões de anos atrás. Quando esses micro-organismos morreram e foram enterrados por sedimentos, as moléculas orgânicas que eles continham não foram decompostas para re-

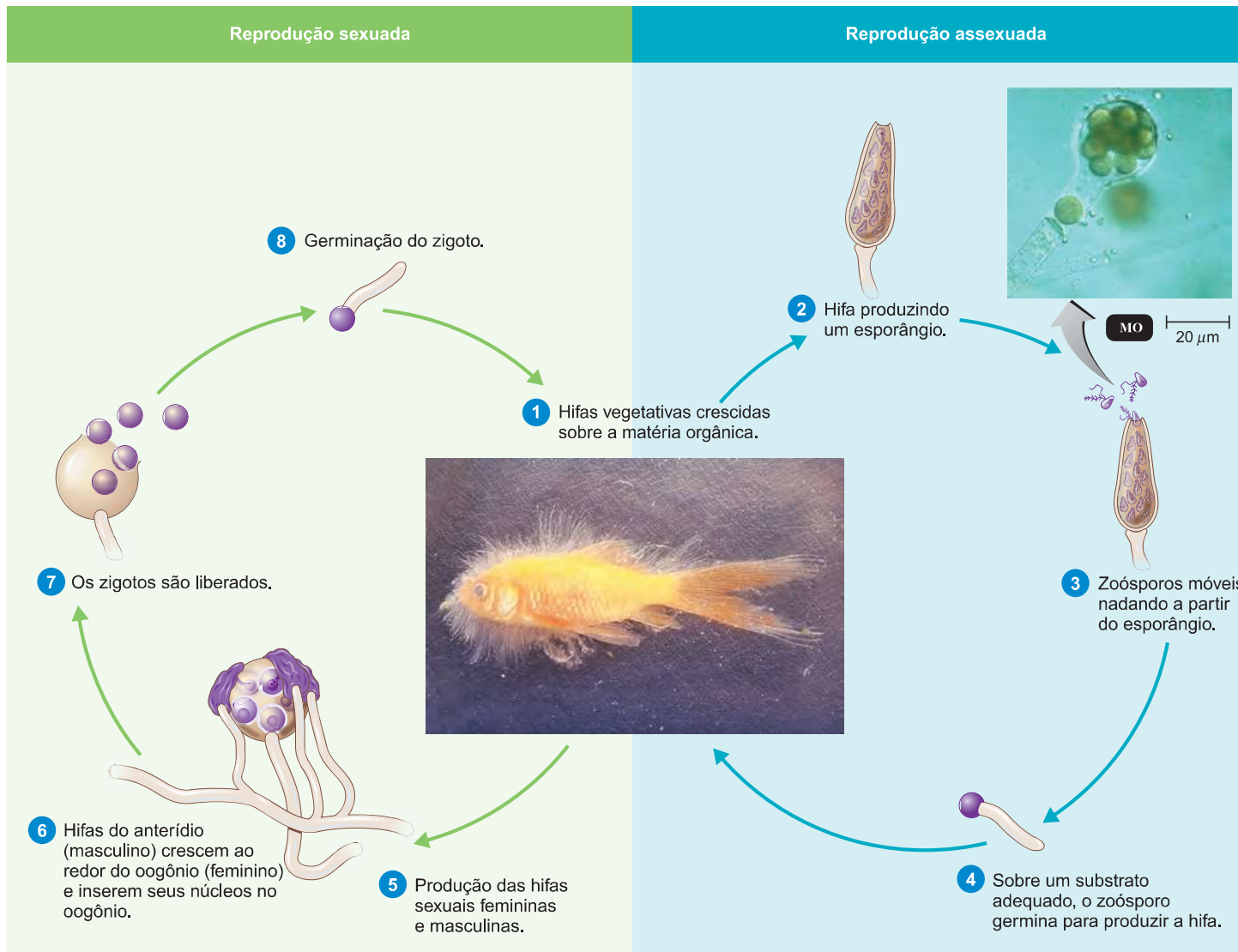


Figura 12.14 Oomicetos. Estas algas semelhantes a fungos são decompositores comuns em água doce. Algumas causam doenças em peixes e plantas terrestres. Note a massa cotonosa de *Saprolegnia ferax* sobre o peixe.

P Os oomicetos são mais relacionados com *Penicillium* ou com as diatomáceas?

tornarem ao ciclo do carbono como CO_2 . O calor e a pressão resultantes dos movimentos geológicos da Terra alteraram o óleo armazenado nas células, assim como as membranas celulares. O oxigênio e outros elementos foram eliminados, deixando um resíduo de hidrocarbonetos na forma de depósitos de petróleo e gás natural.

Muitas algas unicelulares são simbiotes em animais. O molusco gigante *Tridacna* desenvolveu órgãos especiais que abrigam dinoflagelados. Como o molusco vive em águas rasas, as algas proliferam nesses órgãos quando eles estão expostos ao sol. As algas liberam glicerol na corrente sanguínea dos moluscos, suprimindo as necessidades de carboidrato desses animais. Além disso, evidências sugerem que o molusco obtém proteínas essenciais pela fagocitose de algas velhas.

TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Como as algas diferem das bactérias? E dos fungos? **12-7**
- ✓ Liste a composição da parede celular e as doenças causadas pelas seguintes algas: diatomáceas, dinoflagelados, oomicetos. **12-8, 12-9**

Protozoários

OBJETIVOS DO APRENDIZADO

- 12-10** Listar as características que definem os protozoários.
- 12-11** Descrever as características mais importantes dos sete filos de protozoários discutidos neste capítulo e apresentar um exemplo de cada.
- 12-12** Diferenciar um hospedeiro intermediário de um hospedeiro definitivo.



Figura 12.15 Conjugação do protozoário ciliado *Paramecium*. A reprodução sexuada em ciliados ocorre por conjugação. Cada célula tem dois núcleos: um micronúcleo e um macronúcleo. O micronúcleo é haploide e é especializado para a conjugação. Um micronúcleo de cada célula migrará para a outra célula durante a conjugação. Ambas as células produzirão, portanto, duas células-filhas. Os cromossomos condensados são visíveis no micronúcleo.

P A conjugação resulta na formação de mais células?

Os protozoários são organismos unicelulares, eucarióticos quimio-heterotróficos. Entre os protozoários existem muitas variações da estrutura celular, como será observado. Os protozoários habitam a água e o solo. No estágio de alimentação e crescimento, ou **trofozoíto**, alimentam-se de bactérias e pequenas partículas nutrientes. Alguns protozoários fazem parte da microbiota normal dos animais. *Nosema locustae*, um patógeno de inseto, é vendido comercialmente como um inseticida não tóxico utilizado para matar gafanhotos. Devido ao fato de os protozoários serem específicos para os gafanhotos, eles não afetam os humanos ou os animais que se alimentam desses insetos. Formigas-de-fogo (*fire ants*) causam prejuízo de milhões de dólares à agricultura a cada ano nos Estados Unidos e podem causar picadas dolorosas. Os pesquisadores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos estão estudando um protozoário que reduz a produção de ovos por essas formigas. Existem cerca de 20.000 espécies de protozoários, e um número relativamente pequeno provoca doenças em humanos. No entanto, possuem um grande impacto econômico e na saúde. Por exemplo, a malária é a quarta causa de morte no mundo.

Características dos protozoários

O termo *protozoan* significa “primeiro animal”, que geralmente descreve sua nutrição semelhante a dos animais. Além de se alimentarem, os protozoários devem-se reproduzir, e espécies parasitas devem ser capazes de ir de um hospedeiro para outro.

Ciclo de vida

Os protozoários se reproduzem assexuadamente por fissão, brotamento ou esquizogonia. **Esquizogonia** é uma fissão múltipla; o núcleo se divide múltiplas vezes antes da divisão celular. Após muitos núcleos

serem formados, uma pequena porção do citoplasma se concentra ao redor de cada núcleo, e então a célula se separa em células-filhas.

A reprodução sexuada já foi observada em alguns protozoários. Os ciliados, como o *Paramecium*, se reproduzem sexualmente por **conjugação** (Figura 12.15), que é muito diferente do processo bacteriano de mesmo nome (veja a Figura 8.26, página 237). Durante a conjugação dos protozoários, duas células se fundem, e um núcleo haploide (o micronúcleo) de cada célula migra para a outra célula. Esse micronúcleo haploide se funde com o micronúcleo que está dentro da célula. As células parentais se separam, e cada uma se torna uma célula fertilizada. Depois, quando as células se dividem, elas produzem células-filhas com o DNA recombinado. Alguns protozoários produzem **gametas (gametócitos)**, células sexuais haploides. Durante a reprodução, os dois gametas se fundem para formar um zigoto diploide.

Encistamento. Sob certas condições adversas, alguns protozoários produzem uma cápsula protetora chamada de **cisto**. Um cisto permite que o organismo sobreviva na ausência de alimento, umidade ou oxigênio, quando as temperaturas não são adequadas, ou quando compostos tóxicos estão presentes. Um cisto também permite que uma espécie parasita seja capaz de sobreviver fora de um hospedeiro. Isso é importante, pois os protozoários parasitas podem precisar ser excretados de um hospedeiro para precisar chegar a um novo. O cisto formado nos membros do filo *Apicomplexa* é chamado de **oocisto** e é uma estrutura reprodutiva a partir da qual novas células são produzidas assexuadamente.

Nutrição

Os protozoários são em sua maioria heterotróficos aeróbicos, embora muitos protozoários intestinais sejam capazes de crescer em anaerobiose. Dois grupos contendo clorofila, dinoflagelados e euglenoides, frequentemente são estudados com as algas.

Todos os protozoários vivem em áreas com grande suprimento de água. Alguns protozoários transportam o alimento através da membrana plasmática. Contudo, alguns apresentam uma cobertura protetora, ou **película**, e necessitam de estruturas especializadas para obter o alimento. Os ciliados se alimentam por ondulação de seus cílios em direção a uma estrutura semelhante a uma boca aberta chamada de **citóstoma**. As amebas engolfam o alimento circundante envolvendo-o com pseudópodes e causando a fagocitose. Em todos os protozoários, a digestão ocorre em **vacúolos** envolvidos por membranas, e os dejetos podem ser eliminados através da membrana plasmática ou de um **poro anal** especializado.

Filos de protozoários de importância médica

A biologia dos protozoários será discutida neste capítulo. As doenças causadas pelos protozoários são descritas na Parte Quatro.

Os protozoários são um grupo grande e diverso. Os esquemas atuais de classificação das espécies de protozoários em filos são baseadas no sequenciamento do rRNA. Os pesquisadores começaram a organizar os grupos de protistas com base em sua história evolutiva, isto é, membros em um grupo derivados de um único ancestral. Atualmente, os seguintes grupos são filos de protistas. À medida que mais informações forem obtidas, alguns desses grupos podem ser classificados como reinos distintos, e outros podem ser agrupados com outros reinos pertencentes ao Domínio *Eukarya*.

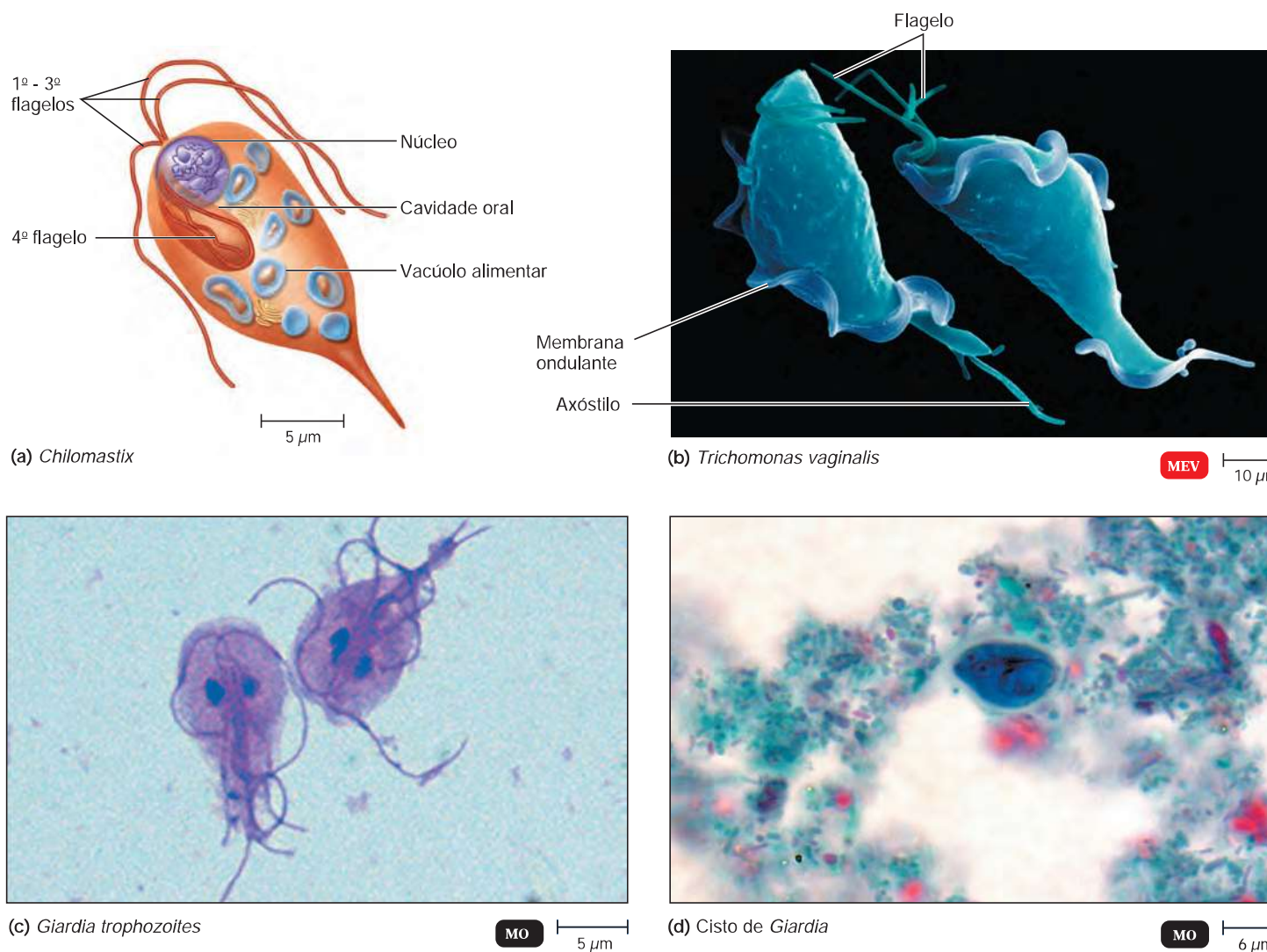


Figura 12.16 Archaezoa. (a) *Chilomastix*. Esse flagelado, encontrado no intestino humano, pode ser moderadamente patogênico. Os cistos sobrevivem por meses fora do hospedeiro humano. O quarto flagelo é usado para trazer o alimento para dentro da cavidade oral, onde os vacúolos alimentares são formados. **(b) *Trichomonas vaginalis*.** Esse flagelado provoca infecções no trato genital e urinário. Observe a pequena membrana ondulada. Esse flagelado não tem um estágio de cisto. **(c) *Giardia*.** O trofozóito desse parasita intestinal tem oito flagelos e dois núcleos proeminentes, dando-lhe uma aparência distinta. **(d)** O cisto de *Giardia* a protege do ambiente antes que ela seja ingerida por um novo hospedeiro.

P Como os arquezoanos obtêm energia sem a ajuda da mitocôndria?

Archaezoa

Os **Archaezoa** são eucariotos que não possuem mitocôndrias. Eles têm uma organela singular chamada de **mitossomo**. Os mitossomos aparentam ser remanescentes de mitocôndria, que estava presente em um ancestral de *archaezoa*. Muitos *Aarchaezoa* vivem em simbiose no trato digestório de animais. Os *Archaezoa* são tipicamente em forma de fuso, com flagelos projetados na extremidade frontal (**Figura 12.16a**). A maioria apresenta dois ou mais flagelos.

Um exemplo de um arquezoano parasita de humanos é o *Trichomonas vaginalis*, mostrado na **Figura 12.16b** e na Figura 26.1 na página 760. Como os outros flagelados, o *T. vaginalis* tem uma **membrana ondulante**, que consiste em uma membrana com uma borda ondulada e um flagelo na extremidade. O *T. vaginalis* não apresenta estágio de cisto e precisa ser transferido rapidamente de um hospedeiro para outro antes que a dessecação ocorra. O *T. vaginalis* é encontrado na vagina e no trato urinário masculino. Normalmente, esse pro-

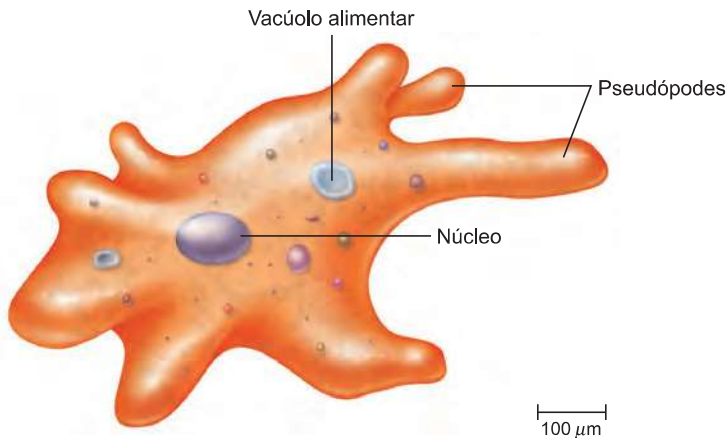
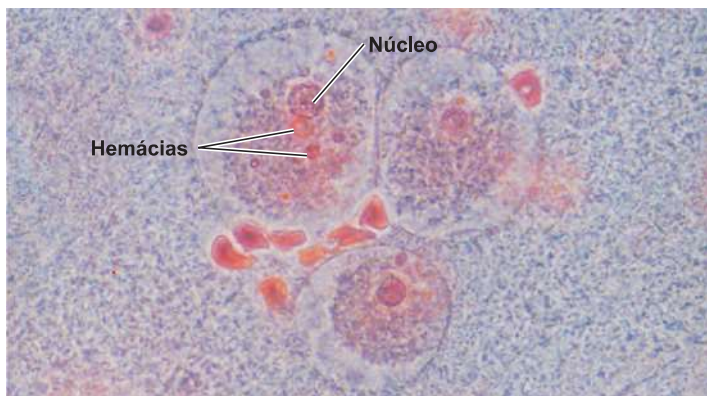
(a) *Amoeba proteus*(b) *Entamoeba histolytica*

Figura 12.17 Amoebozoa. (a) Para mover e engolfar o alimento, as amebas (como a *Amoeba proteus*) estendem estruturas citoplasmáticas chamadas de pseudópodos. Os vacúolos alimentares são formados quando os pseudópodos circundam o alimento e o trazem para dentro da célula. (b) *Entamoeba histolytica*. A presença de células vermelhas do sangue (hemácias) ingeridas é uma forma de diagnosticar a presença de *Entamoeba*.

P Quais são as diferenças entre a disenteria causada por amebas e a disenteria causada por bacilos?

tozoário é transmitido por relação sexual, mas também pode ser transmitido em banheiros ou por toalhas.

Outro arqueozoano parasita é a *Giardia lamblia*, algumas vezes chamada de *G. duodenalis*. Esse parasita (veja a Figura 12.16c e a Figura 25.17, página 730) é encontrado no intestino delgado de humanos e outros mamíferos, sendo excretado nas fezes na forma de cisto (Figura 12.16d), e sobrevive no ambiente até ser ingerido pelo próximo hospedeiro. O diagnóstico de giardíase, a doença causada por *G. lamblia*, frequentemente tem como base a identificação de cistos nas fezes.

Microspora

Microspora, como os *Archaezoa*, são eucariotos incomuns porque não possuem mitocôndrias. Microsporas não possuem mi-

crotúbulos (veja o Capítulo 4, página 98) e são parasitas intracelulares obrigatórios. Os protozoários microsporídios têm sido registrados desde 1984 como causa de várias doenças em humanos, incluindo diarreia crônica e ceratoconjuntivite (inflamação da conjuntiva perto da córnea), principalmente em pacientes com Aids.

Amoebozoa

Os *Amoebozoa*, ou amebas, movem-se estendendo projeções tipo lóbulos do citoplasma chamadas de **pseudópodos** (Figura 12.17a). Qualquer número de pseudópodos pode derivar de um lado da ameba, e o restante da célula deslizar para os pseudópodos.

Entamoeba histolytica é a única ameba patogênica encontrada no intestino humano. Aproximadamente 10% da população humana podem estar colonizados por essa ameba. Novas técnicas, incluindo análises de DNA e ligações tipo lectina, revelaram que as amebas que se acreditava serem *E. histolytica* são na verdade duas espécies distintas. A espécie não patogênica *E. dispar* é a mais comum. A *E. histolytica* invasiva (Figura 12.17b) causa disenteria amebiana. No intestino de humanos, *E. histolytica* utiliza as proteínas chamadas de lectinas para se ligar à galactose da membrana plasmática e causar lise celular. *E. dispar* não possui lectinas que se ligam à galactose. *Entamoeba* é transmitida entre humanos pela ingestão dos cistos que são excretados nas fezes das pessoas infectadas. *Acanthamoeba* crescendo na água, inclusive água potável, pode infectar a córnea e causar cegueira.

Desde 1990, *Balamuthia* tem sido relatada como a causa de abscessos cerebrais, chamados de encefalite amebiana granulomatosa, nos Estados Unidos e em outros países. A ameba quase sempre infecta pessoas imunocomprometidas. Como a *Acanthamoeba*, *Balamuthia* é uma ameba de vida livre encontrada na água e não é transmitida entre seres humanos.

Apicomplexa

Os *Apicomplexa* não se locomovem quando adultos e são parasitas intracelulares obrigatórios. Esses protozoários são caracterizados pela presença de um complexo de organelas especiais nos ápices (extremidades) de suas células (por isso o nome do filo). As organelas desses complexos apicais contêm enzimas que penetram os tecidos dos hospedeiros.

Apicomplexa apresenta um ciclo de vida complexo que envolve a transmissão entre vários hospedeiros. Um exemplo de um *Apicomplexa* é o *Plasmodium*, o agente causador da malária. Essa doença afeta 10% da população mundial, com cerca de 300 a 500 milhões de novos casos por ano. O ciclo de vida complexo do parasita dificulta o desenvolvimento de uma vacina contra a malária.

O *Plasmodium* cresce por reprodução sexuada no mosquito *Anopheles* (Figura 12.18). Quando um *Anopheles* carregando o estágio infectivo do *Plasmodium*, chamado de **esporozoíto**, pica um humano, os esporozoítos podem ser injetados. Os esporozoítos sofrem esquizogonia nas células do fígado e produzem milhares de progênies chamadas de **merozoítos**, os quais infectam as células vermelhas do sangue.

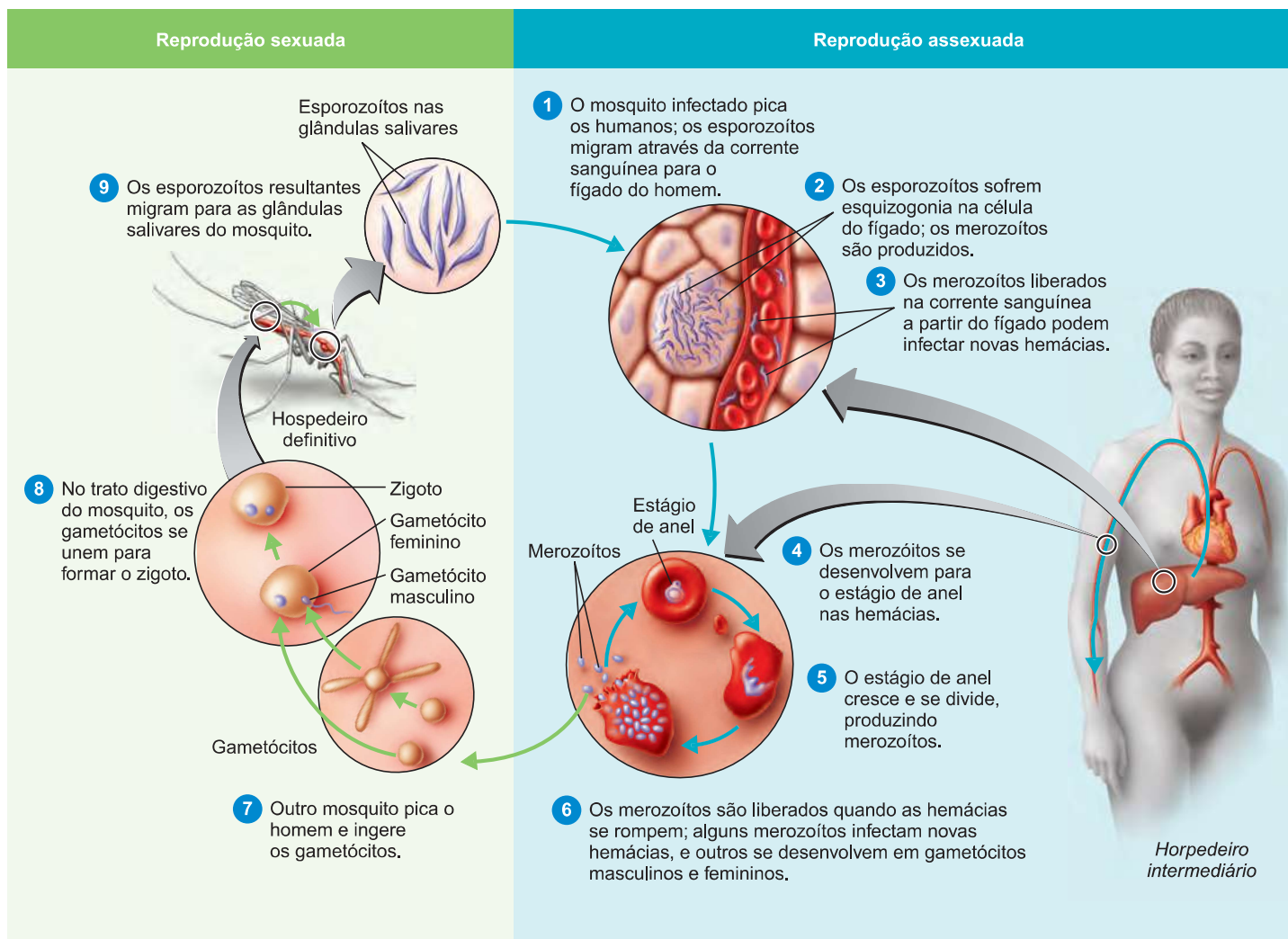


Figura 12.18 O ciclo de vida do *Plasmodium vivax*, o Apicomplexa que causa a malária. A reprodução assexuada (esquizogonia) do parasita ocorre no fígado e nas hemácias de um hospedeiro humano. A reprodução sexuada ocorre no intestino de um *Anopheles* após o mosquito ter ingerido os gametócitos.

P Qual é o hospedeiro definitivo do *Plasmodium*?

Os trofozoítos jovens assemelham-se a um anel no qual o núcleo e o citoplasma são visíveis. Essa fase é chamada de **estágio de anel** (veja a Figura 23.25b, página 664). As células vermelhas do sangue eventualmente se rompem e liberam mais merozoítos. Após liberados, os merozoítos liberam produtos, que causam febre e calafrios. A maioria dos merozoítos infecta novas hemácias e perpetua seu ciclo de reprodução assexuada. Contudo, alguns se desenvolvem em formas sexuais masculinas e femininas (gametócitos). Embora os gametócitos por si só não causem danos adicionais, eles podem ser colhidos pela picada de outro *Anopheles*, entrar no intestino do mosquito e começar seu ciclo sexual. A progênie pode então ser injetada em um novo hospedeiro humano pela picada do mosquito.

O mosquito é o **hospedeiro definitivo** porque abriga o estágio de reprodução sexuada do *Plasmodium*. O hospedeiro no qual o parasita se reproduz assexuadamente (nesse caso, nos humanos) é o **hospedeiro intermediário**.

A malária é diagnosticada em laboratório por observação microscópica de esfregaços de sangue para a presença de *Plasmodium* (veja a Figura 23.25, página 664). Uma característica peculiar da malária é que o intervalo entre os períodos de febre causada pela liberação dos merozoítos é sempre o mesmo para uma determinada espécie de *Plasmodium* e é sempre múltiplo de 24 horas. A razão e o mecanismo para tanta precisão têm intrigado os cientistas. Afinal, por que um parasita necessita de um relógio biológico? O desenvolvimento do *Plasmodium* é regulado por

temperatura corporal do hospedeiro, o que normalmente varia em um período de 24 horas. O parasita cronometra cuidadosamente para que os gametócitos estejam maduros à noite, quando os *Anopheles* estão se alimentando, para facilitar a transmissão para um novo hospedeiro.

Outro *Apicomplexa* parasita de hemácias é a *Babesia microti*, que causa febre e anemia em indivíduos imunossuprimidos. Nos Estados Unidos, ela é transmitida através da picada do carrapato *Ixodes scapularis*.

Toxoplasma gondii é outro *Apicomplexa* parasita intracelular de humanos. O ciclo de vida desse parasita envolve gatos domésticos. Os trofozoítos, chamados de **taquizoítos**, reproduzem-se sexuadamente e assexuadamente em um gato infectado, e os **oocistos**, cada um contendo oito esporozoítos, são excretados nas fezes. Se os oocistos são ingeridos pelos humanos ou outros animais, os esporozoítos emergem como trofozoítos, que podem se reproduzir nos tecidos do novo hospedeiro (veja a Figura 23.23, página 662). *T. gondii* é perigoso para mulheres grávidas, pois pode causar infecções congênitas no útero. O exame dos tecidos e a observação de *T. gondii* são usados para o diagnóstico. Os anticorpos podem ser detectados por ELISA e por testes indiretos de anticorpos fluorescentes (veja o Capítulo 18).

Cryptosporidium vive dentro das células que revestem o intestino delgado e pode ser transmitido para os humanos através das fezes de gado, cachorros e gatos. Dentro da célula hospedeira, cada *Cryptosporidium* forma quatro oocistos (veja a Figura 25.18, página 731), cada um contendo quatro esporozoítos. Quando os oocistos se rompem, os esporozoítos podem infectar novas células do hospedeiro ou ser liberados nas fezes. Veja o quadro na página 355.

Durante a década de 1980, epidemias de diarreia transmitidas pela água foram identificadas em todos os continentes exceto na Antártica. O agente causador foi erroneamente identificado como uma cianobactéria porque os surtos ocorreram durante os meses quentes, e o agente da doença se parecia com uma célula procariótica. Em 1993, o organismo foi identificado como um *Apicomplexa* similar ao *Cryptosporidium*. Em 2004, o novo parasita, chamado de *Cyclospora cayetanensis*, foi responsável por 300 casos de diarreia associados a ervilhas nos Estados Unidos e no Canadá.

Ciliophora

Os membros do filo *Ciliophora*, ou ciliados, possuem cílios que são similares aos flagelos, no entanto mais curtos. Os cílios são arranjados em filas precisas sobre a célula (Figura 12.19). Eles se movem em harmonia para propelar a célula em seu ambiente e direcionar partículas de alimento para a boca.

O único ciliado que é um parasita de humanos é o *Balantidium coli*, o agente causador de um tipo de disenteria severa, embora rara. Quando o hospedeiro ingere os cistos, eles entram no intestino delgado, onde os trofozoítos são liberados. Os trofozoítos produzem proteases e outras substâncias que destroem as células do hospedeiro. Eles alimentam-se das células e de fragmentos de tecidos do hospedeiro. Os cistos são excretados junto com as fezes.

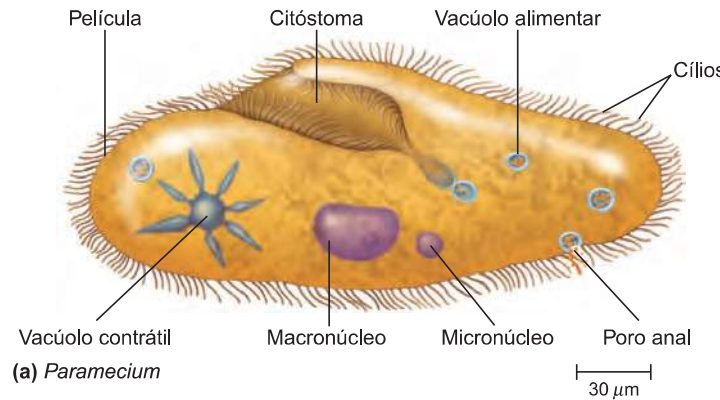


Figura 12.19 Ciliados. (a) O *Paramecium* é coberto com uma série de cílios. Eles possuem estruturas especializadas para ingestão (boca), eliminação de dejetos (poro anal) e regulação da pressão osmótica (vacúolos contráteis). O macronúcleo está envolvido com a síntese de proteínas e outras atividades celulares importantes. O micronúcleo funciona na reprodução sexuada. (b) A *Vorticella* fixa-se a objetos na água pela base de seu pedúnculo. O pedúnculo tipo mola pode se expandir, permitindo que a *Vorticella* se alimente em diferentes áreas. Os cílios deste organismo estão ao redor do citóstoma.

P Qual ciliado pode causar doença em humanos?

Os ciliados, os *Apicomplexa* e os dinoflagelados (página 343) podem ser colocados em seu próprio filo ou reino, chamado de **Alveolata**, pois possuem cavidades limitadas por membranas sob a superfície celular e sequências comuns de rRNA.

Euglenozoa

Dois grupos de células flageladas estão incluídos entre os *Euglenozoa* com base em sequências comuns de rRNA, mitocôndrias em forma de disco e ausência de reprodução sexuada.

Os **euglenoides** são fotoautotróficos (Figura 12.20). Eles possuem uma membrana plasmática semirrígida chamada de película.

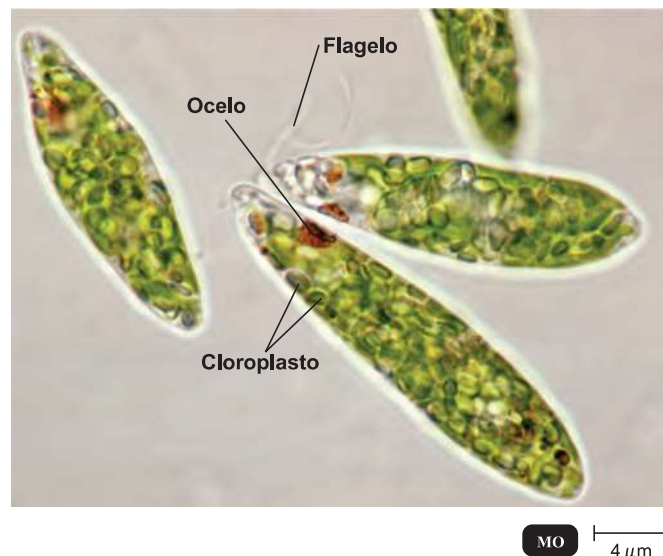
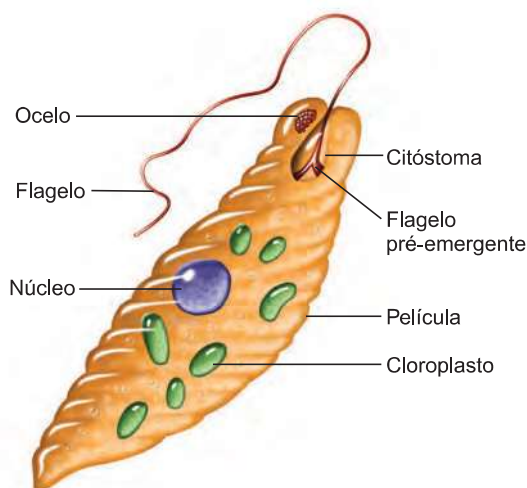


Figura 12.20 Euglena. Os euglenoides são fotoautotróficos. Anéis semirrígidos mantêm a película e permitem que a *Euglena* mude de forma.

P Por que a *Euglena* é classificada com os hemoflagelados?

e se movem por meio de um flagelo localizado na extremidade anterior. A maioria dos euglenoides também possui um *ocelo* vermelho na extremidade anterior. Essa organela contendo carotenoides percebe a luz e dirige a célula na direção apropriada usando um *flagelo pré-emergente*. Alguns euglenoides são quimio-heterotróficos facultativos. No escuro, eles ingerem matéria orgânica pelo citóstoma. Os euglenoides frequentemente são estudados com as algas porque podem realizar fotossíntese.

Os **hemoflagelados** (parasitas sanguíneos) são transmitidos através das picadas de insetos hematófagos e são encontrados no sistema circulatório do hospedeiro picado. Para sobreviver no fluido viscoso, os hemoflagelados possuem corpos longos e delgados e uma membrana ondulante. O gênero *Trypanosoma* inclui a espécie que causa a doença do sono africana, *T. brucei gambiense*, que é transmitida pela mosca tsé-tsé. *T. cruzi* (veja a Figura 23.22, página 661), o agente causador da doença de Chagas, é transmitido pelo barbeiro, inseto assim chamado porque pica a face (veja a Figura 12.32d, página 363). Após entrar no inseto, o tripanossoma multiplica-se rapidamente por esquizogonia. Se o inseto defeca enquanto está picando um humano, ele libera tripanossomas que podem contaminar a ferida causada pela picada.

A **Tabela 12.5** na página 354 cita alguns protozoários parasitas típicos e as doenças que eles causam.

TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Identifique três diferenças entre os protozoários e os animais. **12-10**
- ✓ Os protozoários possuem mitocôndrias? **12-11**
- ✓ Onde ocorre a reprodução sexuada do *Plasmodium*? **12-12**

Fungos gelatinosos

OBJETIVO DO APRENDIZADO

12-13 Comparar e diferenciar fungos gelatinosos celulares e plasmodiais.

Os **fungos gelatinosos** possuem características fúngicas e ameboides, contudo, estão mais próximos filogeneticamente das amebas. Eles foram colocados no filo *Amoebozoa*. Existem dois táxons de fungos gelatinosos: celular e plasmodial. Os **fungos gelatinosos celulares** são células eucarióticas típicas que se assemelham a amebas. No ciclo de vida dos fungos gelatinosos celulares (**Figura 12.21**), as células ameboides vivem e crescem ingerindo fungos e bactérias por fagocitose. Os fungos gelatinosos celulares são de interesse para os biólogos que estudam agregação e migração celular, pois, quando as condições estão desfavoráveis, um grande número de células ameboides se agrega e forma uma única estrutura. Essa agregação ocorre porque alguns indivíduos ameboides produzem AMP cíclico (cAMP), para onde outras amebas migram. Algumas células ameboides formam um pedúnculo; outras aglomeram-se na extremidade do pedúnculo para formar a cobertura do esporo, e a maioria diferencia em esporos. Quando os esporos são liberados sob condições favoráveis, eles germinam para formar amebas individuais.

Em 1973, um morador de Dallas, Estados Unidos, descobriu uma bolha vermelha pulsando em seu quintal. A mídia anunciou que uma “nova forma de vida” tinha sido encontrada. Para algumas pessoas, a “criatura” evocava recordações arrepiantes de velhos filmes de ficção científica. Antes que a imaginação fosse muito longe, os biólogos acalmaram todos os temerosos (ou mais esperançosos). A massa amorfa era meramente um fungo gelatinoso plasmodial, eles explicaram. Porém, o tamanho incomum

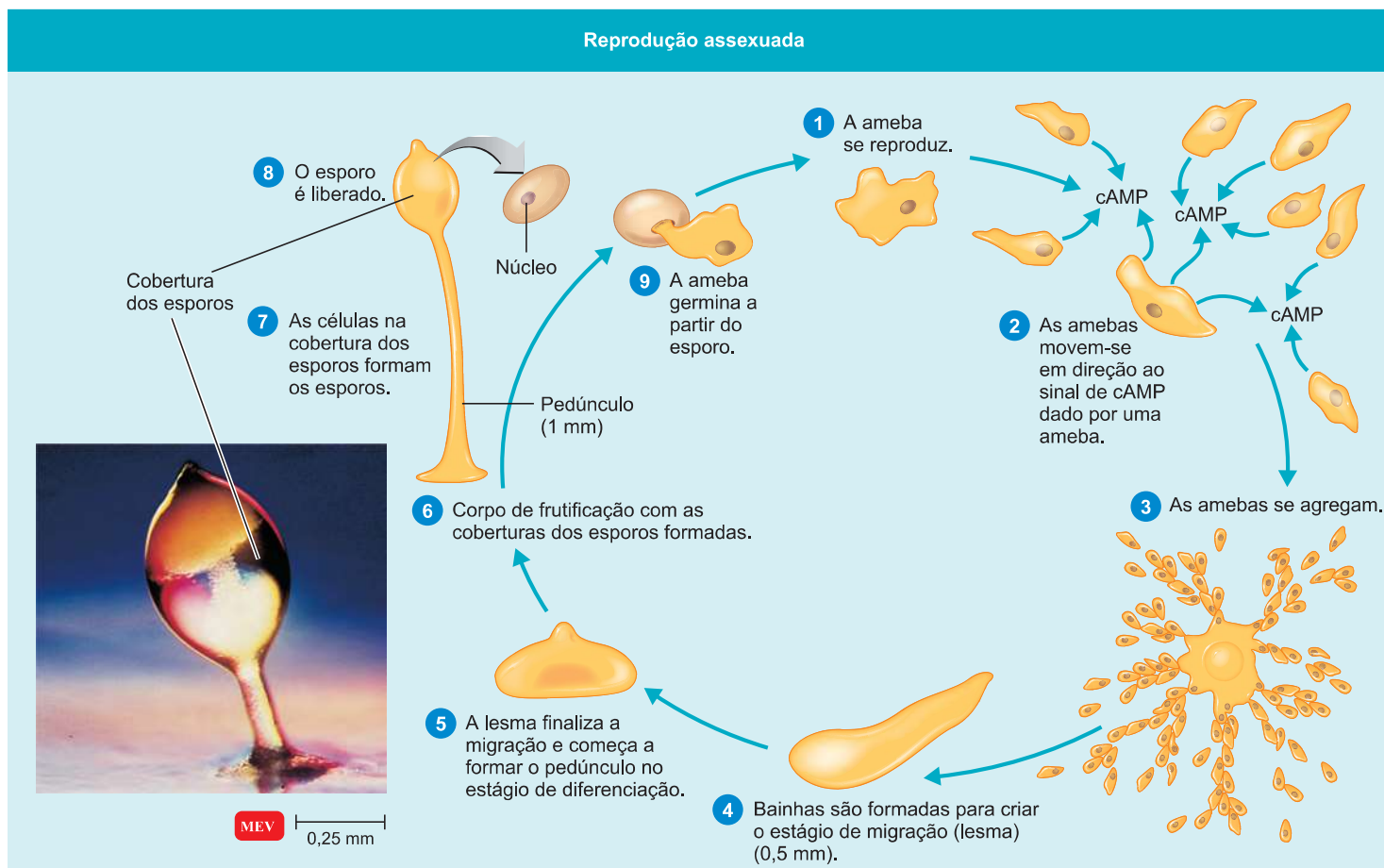


Figura 12.21 O ciclo de vida característico de um fungo gelatinoso celular. A micrografia mostra uma cobertura de esporo de *Dictyostelium*.

P Que características os fungos gelatinosos dividem com os protozoários? E com os fungos?

desse fungo gelatinoso – 46 cm de diâmetro – surpreendeu até mesmo os cientistas.

Os **fungos gelatinosos plasmodiais** foram relatados cientificamente pela primeira vez em 1729. Eles pertencem a um filo separado. Um fungo gelatinoso plasmodial existe como uma massa de protoplasma com muitos núcleos (ele é multinucleado). Essa massa de protoplasma é chamada de **plasmódio** (Figura 12.22). O plasmódio inteiro move-se como uma ameba gigante; ele engolfa detritos orgânicos e bactérias. Os biólogos descobriram que proteínas semelhantes a músculos formam microfilamentos, que são responsáveis pelos movimentos do plasmódio.

Quando os fungos gelatinosos plasmodiais são desenvolvidos em condições de laboratório, um fenômeno chamado de **fluxo citoplasmático** é observado, durante o qual o protoplasma dentro do plasmódio move-se e muda tanto de direção quanto de velocidade, de maneira que o oxigênio e os nutrientes sejam igualmente distribuídos. O plasmódio continua a crescer enquanto houver alimento e umidade suficiente para que possa prosperar.

Quando alimento e umidade estão em quantidades pequenas, o plasmódio se separa em vários grupos de protoplasmas; cada

um desses grupos forma um esporângio com pedúnculo, onde os esporos haploides (uma forma de descanso e resistência dos fungos gelatinosos) se desenvolvem. Quando as condições melhoram, esses esporos germinam, fundem-se para formar células diploides, e se desenvolvem em um plasmódio multinucleado.

TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Por que os fungos gelatinosos são classificados com as amebas e não com os fungos? **12-13**

Helminths

OBJETIVOS DO APRENDIZADO

12-14 Listar as características que distinguem os helmintos parasitas.

12-15 Fornecer uma razão para o elaborado ciclo de vida dos vermes parasitas.

12-16 Listar as características das duas classes de platelmintos e dar um exemplo de cada.

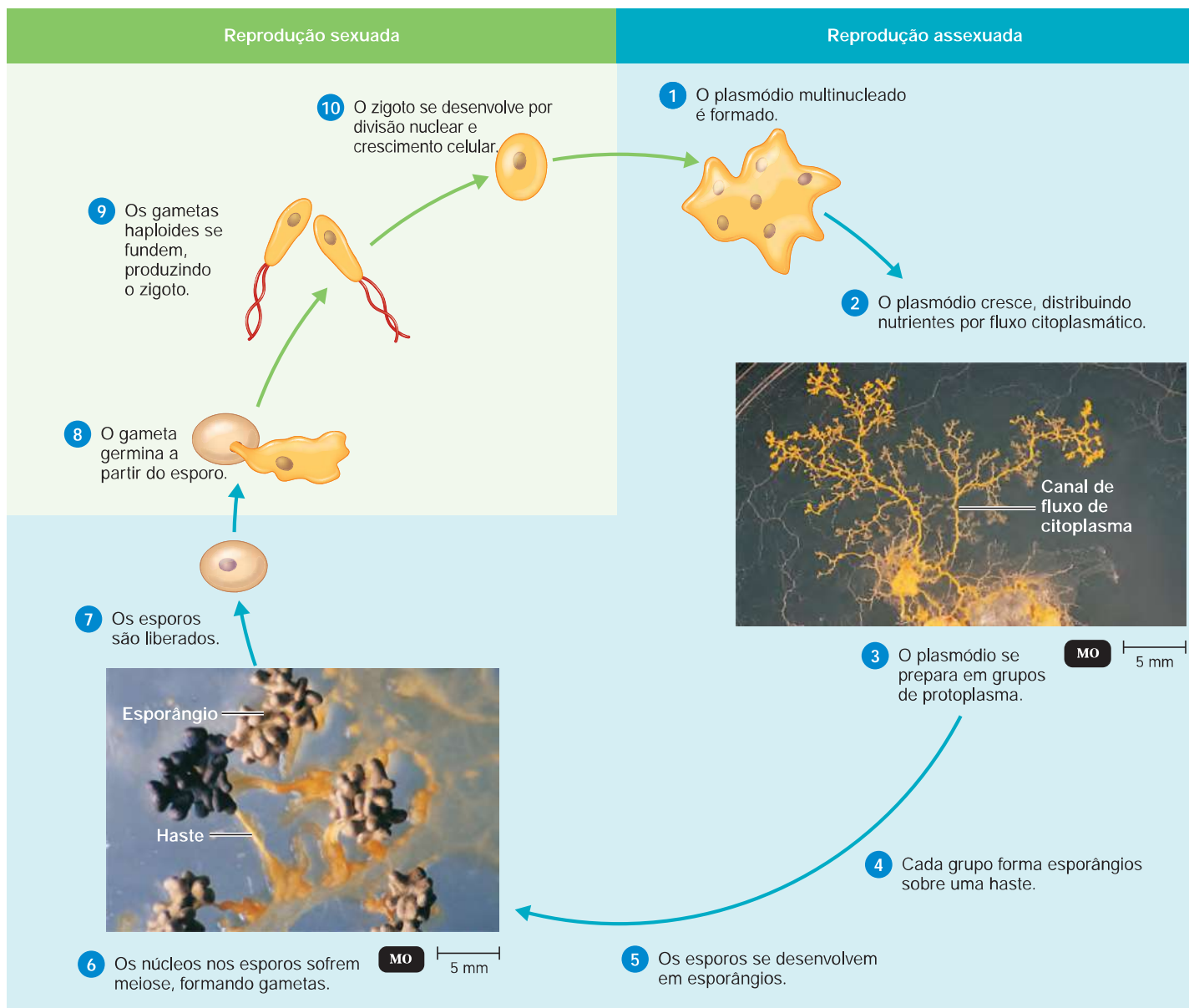


Figura 12.22 O ciclo de vida de um fungo gelatinoso plasmodial. Um *Physarum* é retratado nas fotomicrografias.

P Como um fungo gelatinoso celular difere de um acelular?

12-17 Descrever uma infecção parasítica na qual os humanos sejam o hospedeiro definitivo, o hospedeiro intermediário ou ambos.

12-18 Listar as características dos nematódeos parasitas e dar exemplos de ovos infectivos e larvas infectivas.

12-19 Comparar e diferenciar platelmintos e nematodas.

Muitos animais parasitas passam a vida inteira ou parte dela em humanos. A maior parte desses animais pertence a dois filis: Platelminintos (vermes achatados) e Nematoda (vermes redondos). Esses vermes são comumente chamados de **helmintos**. Existem também

espécies de vida livre neste filo, mas limitaremos nossa discussão a espécies parasitas. As doenças causadas pelos vermes parasitas são discutidas na Parte Quatro.

Características dos helmintos

Os helmintos são animais eucarióticos multicelulares que geralmente possuem os sistemas digestório, circulatório, nervoso, excretor e reprodutor. Os helmintos parasitas precisam ser altamente especializados para viver no interior de seus hospedeiros. As ger-

Tabela 12.5 Alguns protozoários parasitas importantes

Filo	Patógenos humanos	Características importantes	Doenças	Fonte de infecções humanas	Referência de figura/tabela	Referência de página
Archaezoa	<i>Giardia lamblia</i>	Dois núcleos, oito flagelos	Enterite por giárdia	Contaminação fecal de água potável	25.17	730
	<i>Trichomonas vaginalis</i>	Sem estágio de encistamento	Uretrite, vaginite	Contato com corrimento vaginal-uretral	Quadro 26.2	759
Microspora	<i>Nosema</i>	Desconhecida	Diarreia, ceratoconjuntivite, conjuntivite	Outros animais	-	-
Amoebozoa	<i>Acanthamoeba</i>	Pseudópodes	Queratite	Água	-	-
	<i>Entamoeba histolytica</i>		Disenteria amebiana	Contaminação fecal de água potável	25.19	732
	<i>E. dispar</i>					
	<i>Balamuthia</i>		Encefalite	Água	-	-
Apicomplexa	<i>Babesia microti</i>	Complexa	Babesiose	Animais domésticos, carapatos	-	666
	<i>Cryptosporidium</i>	Ciclos de vida podem exigir mais de um hospedeiro	Diarreia	Humanos, outros animais, água	25.18	731
	<i>Cyclospora</i>	-	Diarreia	Água	Quadro 25.5	734
	<i>Plasmodium</i>	-	Malária	Picada do mosquito <i>Anopheles</i>	12.18 23.25	349 664
	<i>Toxoplasma gondii</i>	-	Toxoplasmose	Gatos, carne bovina; congênito	23.23	662
Dinoflagelados	<i>Alexandrium</i> <i>Pfiesteria</i>	Fotossintéticos (veja a Tabela 12.4)	Paralisia por envenenamento por moluscos; ciguatera	Ingestão de dinoflagelados em moluscos, peixes	27.13	779
Ciliophora	<i>Balantidium coli</i>	Somente parasitas ciliados em humanos	Disenteria balantidiana	Contaminação fecal de água potável	-	-
Euglenozoa	<i>Leishmania</i>	Forma flagelada em flebotomíneos; forma ovoides em hospedeiros invertebrados;	Leishmaniose	Picada de flebotomíneo (<i>Phlebotomus</i>)	23.26	665
	<i>Naegleria fowleri</i>	Formas flageladas e ameboides	Meningoencefalite	Águas recreacionais	22.17	629
	<i>Trypanosoma cruzi</i>	Membrana ondulante	Doença de Chagas	Picada do <i>Triatoma</i> (barbeiro)	23.22	661
	<i>T. brucei gambiense</i> <i>T.b. rhodesiense</i>		Tripanossomíase africana	Picada da mosca tsé-tsé	22.16	629

realizações a seguir distinguem os helmintos parasitas de seus parentes de vida livre:

1. O sistema digestório *pode* estar ausente. Eles podem absorver nutrientes a partir dos alimentos, fluidos corporais e tecidos do hospedeiro.
2. Seu sistema nervoso é *reduzido*. Eles não necessitam de um sistema nervoso extenso, pois não precisam procurar por alimento ou reagir muito ao ambiente. O ambiente no interior de um hospedeiro é relativamente constante.
3. Seus meios de locomoção são ocasionalmente *reduzidos* ou *completamente ausentes*. Como são transferidos de hospedeiro

para hospedeiro, não precisam procurar ativamente por um habitat favorável.

4. Seu sistema reprodutor muitas vezes é complexo. Um indivíduo produz um grande número de ovos, pelos quais um hospedeiro ideal é infectado.

Ciclo de vida

O ciclo de vida dos helmintos parasitas pode ser extremamente complexo, envolvendo uma sucessão de hospedeiros intermediários para a conclusão de cada estágio **larval** (de desenvolvimento) do parasita e um hospedeiro definitivo para o parasita adulto.



A causa mais frequente da diarreia recreacional aquática

Neste quadro você encontrará uma série de questões que os microbiologistas se perguntam quando tentam diagnosticar uma doença. Tente responder cada questão antes de passar à próxima.

1. Uma menina de oito anos apresentou diarreia aquosa, vômitos ou cólicas abdominais uma semana após sua festa de aniversário.

Quais doenças são possíveis? (Dica: veja a página 730.)

2. O resultado da coloração álcool-ácido resistente das fezes da menina é mostrado na **Figura A**.

Qual é a doença?

3. Oocistos de *Cryptosporidium* são identificados por sua cor vermelha quando essa técnica de coloração é utilizada e, nesse caso, os esporozoítos são visíveis no interior do oocisto, apontado pela seta. Os oocistos são infecciosos quando imediatamente liberados nas fezes. Um acompanhamento de 12 pessoas que participaram da festa de aniversário mostrou que elas apresentaram diarreia aquosa, vômitos ou cólicas abdominais. A doença teve duração de 2 a 10 dias.

O que mais você precisa saber?

4. A festa de aniversário foi realizada em um parque aquático comunitário.

Como essa doença é transmitida?

5. A infecção por *Cryptosporidium* é transmitida pela rota oral-fecal e resulta da ingestão de oocisto de *Cryptosporidium* pelo consumo de água ou alimentos contaminados por fezes ou contato direto pessoa-pessoa ou animal-pessoa. A dose infectiva é baixa; estudos alimentares mostraram que a ingestão de somente 10 a 30 oocistos pode causar a infecção em pessoas saudáveis. Foi relatado que pessoas infectadas excretam 10^8 a 10^9 oocistos em uma única eva-

cuação e liberam oocistos até 50 dias após o término da diarreia.

O *Cryptosporidium* é a causa mais frequente de surtos de gastroenterites associados a águas recreacionais, mesmo em locais com água tratada. Tornou-se uma doença notificada em 1994 (**Figura B**).

Como surtos de *Cryptosporidium* podem ser prevenidos?

As espécies de *Cryptosporidium* são conhecidas por serem resistentes à maior parte dos desinfetantes químicos, como o cloro. As recomendações para reduzir o risco de infecção incluem o seguinte:

- Não nadar durante duas semanas após sofrer de diarreia.
- Evitar engolir água de piscina.

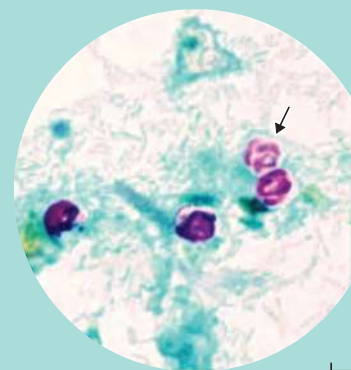


Figura A Coloração álcool-ácido resistente das fezes da paciente.

- Lavar as mãos após o uso de banheiros ou troca de fraldas.

Fonte: Adaptado de *MMWR* 56(29): 729-732, 27 de julho, 2007.

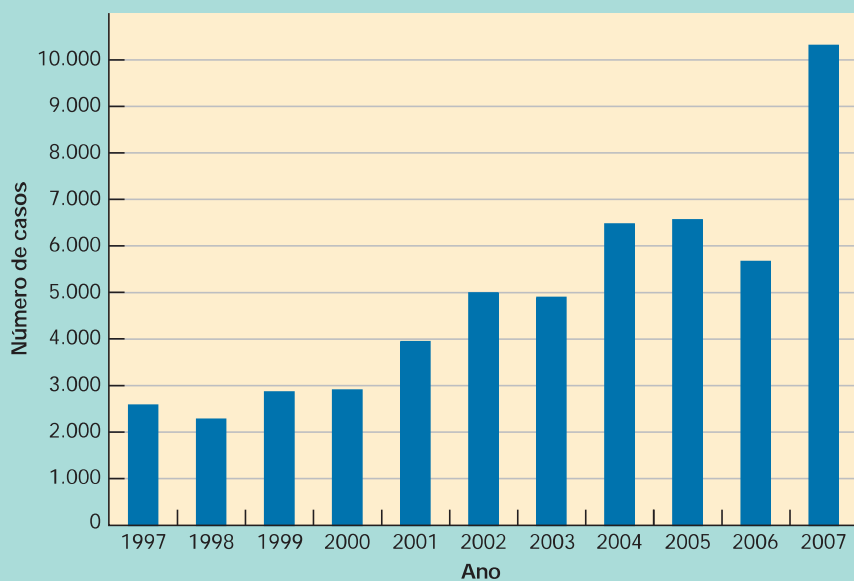


Figura B Casos notificados nos Estados Unidos.

Os helmintos adultos podem ser **dioicos**; órgãos reprodutores masculinos em um indivíduo e órgãos reprodutores femininos em outro. Nessas espécies, a reprodução ocorre somente quando dois adultos de sexos opostos estão no mesmo hospedeiro.

Os helmintos adultos também podem ser **monoicos** ou **hermafroditas** – um animal com órgãos reprodutores, masculinos e femininos. Dois hermafroditas podem copular e simultaneamente fertilizar um ao outro. Alguns tipos de hermafroditas se autofertilizam.

TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Por que as drogas utilizadas para tratar helmintos parasitas frequentemente são tóxicas ao hospedeiro? **12-14**
- ✓ Qual a importância do complicado ciclo de vida dos helmintos parasitas? **12-15**



Figura 12.23 Infecção por um platelminto parasítico. Um aumento na quantidade de trematodas *Ribeiroia* nos últimos anos tem causado a ocorrência de rãs com anomalias. Rãs com múltiplos membros foram encontradas de Minnesota a Califórnia nos Estados Unidos. A cercária do trematoda infecta os girinos. As metacercárias encistadas deslocam os membros em formação, acarretando o desenvolvimento anormal das patas. O aumento no número de parasitas pode estar de acordo com o escoamento de fertilizantes, o que aumenta o número de algas que servem de alimento para os caramujos, os hospedeiros intermediários do parasita.

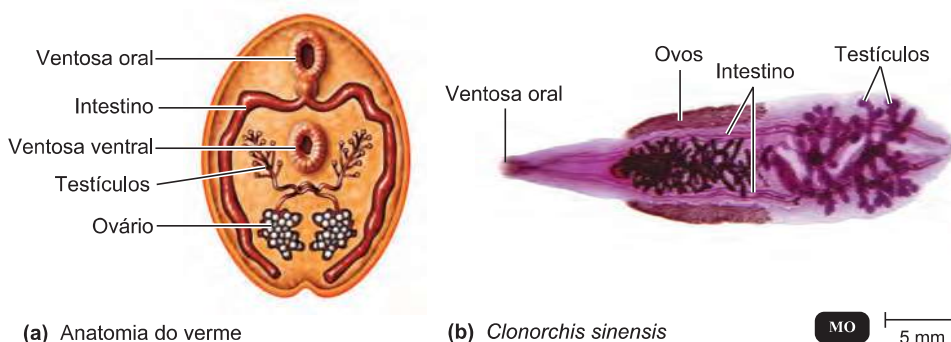
P Qual estágio com cauda do parasita vive em um caramujo?

Platelmintos

Os membros do filo Platelminthos, os **vermes achatados**, são achatados dorsoventralmente. As classes dos vermes achatados parasitas incluem os trematodas e os cestodas. Esses parasitas causam doenças ou distúrbios do desenvolvimento em uma variedade de animais (**Figura 12.23**).

Trematodas

Os trematodas frequentemente apresentam corpos achatados em forma de folha, com uma ventosa ventral e uma ventosa oral



(a) Anatomia do verme

(b) *Clonorchis sinensis*

(**Figura 12.24**). As ventosas fixam o organismo em um local. Os trematodas obtêm alimento ao absorvê-lo através de seu revestimento externo, denominado **cutícula**. Eles recebem nomes comuns de acordo com o tecido do hospedeiro definitivo em que o adulto vive (p. ex., verme do pulmão, do fígado, do sangue). O verme do fígado da Ásia, *Clonorchis sinensis*, é ocasionalmente observado em imigrantes nos Estados Unidos, mas não pode ser transmitido porque os hospedeiros intermediários não são encontrados nesse país.

Para exemplificar o ciclo de vida de um trematoda, vamos examinar o verme do pulmão, *Paragonimus westermani*. Seus hospedeiros intermediários e, portanto, o próprio verme são encontrados no mundo inteiro, incluindo os Estados Unidos e o Canadá. O verme adulto vive nos bronquíolos dos seres humanos e de outros mamíferos e possui aproximadamente 6 mm de largura e 12 mm de comprimento. Os adultos hermafroditas liberam os ovos no interior dos brônquios. Como a saliva que contém os ovos frequentemente é engolida, os ovos em geral são excretados nas fezes do hospedeiro definitivo. Para o ciclo de vida continuar, os ovos precisam alcançar um corpo d'água. Uma série de etapas ocorre para garantir que os vermes adultos possam maturar nos pulmões de um novo hospedeiro. O ciclo de vida é mostrado na **Figura 12.25**.

Em um diagnóstico laboratorial, a saliva e as fezes são examinadas microscopicamente à procura de ovos do verme. A infecção é o resultado da ingestão de lagostins mal cozidos, e a doença pode ser prevenida pelo cozimento completo do lagostim.

As cercárias do verme do sangue *Schistosoma* não são ingeridas. Em vez disso, elas escavam a pele do hospedeiro humano e entram no sistema circulatório. Os adultos são encontrados em determinadas veias abdominais e pélvicas. A doença esquistossomose é um importante problema de saúde mundial; ela será discutida no Capítulo 23 (página 666).

Cestodas

Os cestodas, ou **tênias**, são parasitas intestinais. Sua estrutura é mostrada na **Figura 12.26**. A cabeça, ou **escólex** (plural: escólexes), possui ventosas para a adesão do parasita na mucosa intestinal do hospedeiro definitivo; algumas espécies também possuem pequenos ganchos para se fixarem. As tênias não ingerem os tecidos de seus hospedeiros; na verdade, elas não possuem sistema digestório. Para obter nutrientes no intestino delgado, elas absorvem o alimento através de sua cutícula. O corpo consiste em segmentos denominados **proglótides**. As proglótides

Figura 12.24 Trematodas. (a) Anatomia geral de um verme adulto, mostrado em corte transversal. As ventosas oral e ventral prendem o trematoda no hospedeiro. A boca é localizada no centro da ventosa oral. Os trematodas são hermafroditas; cada animal contém tanto testículos quanto ovários. (b) O verme do fígado da Ásia, *Clonorchis sinensis*. Observe o sistema digestório incompleto. Violentas infestações podem bloquear os ductos biliares no fígado.

P Por que o sistema digestório dos vermes achatados é chamado de "incompleto"?

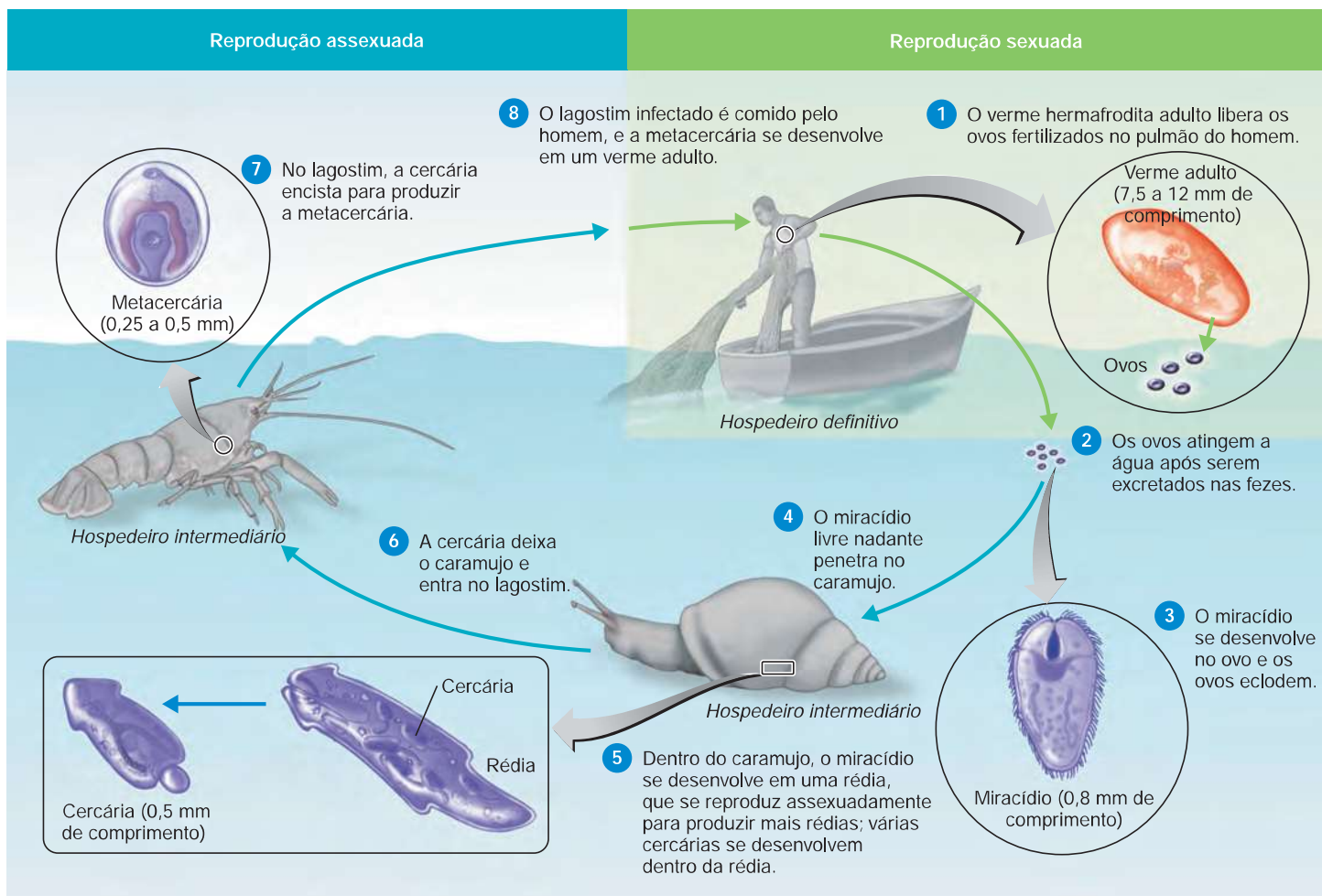


Figura 12.25 O ciclo de vida do verme do pulmão *Paragonimus westermani*. O trematoda se reproduz sexuadamente no homem e assexuadamente no caramujo, seu primeiro hospedeiro intermediário. As larvas encistam no segundo hospedeiro intermediário, um lagostim, e infectam o homem quando ingeridas. Veja também o ciclo do *Schistosoma* na Figura 23.27 (página 667).

P Qual a importância desse ciclo de vida complexo para o *Paragonimus*?

são continuamente produzidas pela região do pescoço do escólex enquanto este estiver vivo e aderido. Cada proglótide madura contém os órgãos reprodutores masculino e feminino. As proglótides maduras que contêm os ovos são as mais afastadas do escólex. As proglótides maduras são essencialmente bolsas de ovos, e cada uma delas é infectiva para o hospedeiro intermediário apropriado.

Humanos como hospedeiros definitivos. Os adultos da *Taenia saginata*, a tênia do gado, vivem em humanos e podem chegar a 6 m de comprimento. O escólex mede cerca de 2 mm de comprimento e é seguido por milhares de proglótides. As fezes de um indivíduo infectado contêm proglótides maduras, cada uma com milhares de ovos. À medida que as proglótides se movimentam em ziguezague para longe do material fecal, elas aumentam suas chances de serem ingeridas por um animal que esteja pastando. Após a ingestão pelo gado, as larvas saem dos ovos e perfuram a parede intestinal. As larvas migram para o músculo (carne), onde se encistam como

cisticercos. Quando os cisticercos são ingeridos por uma pessoa, tudo, com exceção do escólex, é digerido. O escólex ancora-se no intestino delgado e começa a produzir proglótides.

O diagnóstico da infecção por tênia em humanos tem como base a presença de proglótides maduras e ovos nas fezes. Os cisticercos podem ser detectados macroscopicamente na carne; sua presença é referida como “carne com sarampo”. A inspeção da carne de boi destinada ao consumo humano para detectar a presença de “sarampo” é uma maneira de se prevenir infecções por tênia. Outro modo de prevenção é evitar o uso de dejetos humanos sem tratamento como fertilizante em pastos.

Os seres humanos são os únicos hospedeiros definitivos conhecidos da tênia da carne de porco, *Taenia solium*. Os vermes adultos que vivem no intestino humano produzem os ovos, que são disseminados por meio das fezes. Quando os ovos são ingeridos por porcos, a larva do helminto encista nos músculos do animal; o homem se infecta quando ingere carne de porco m

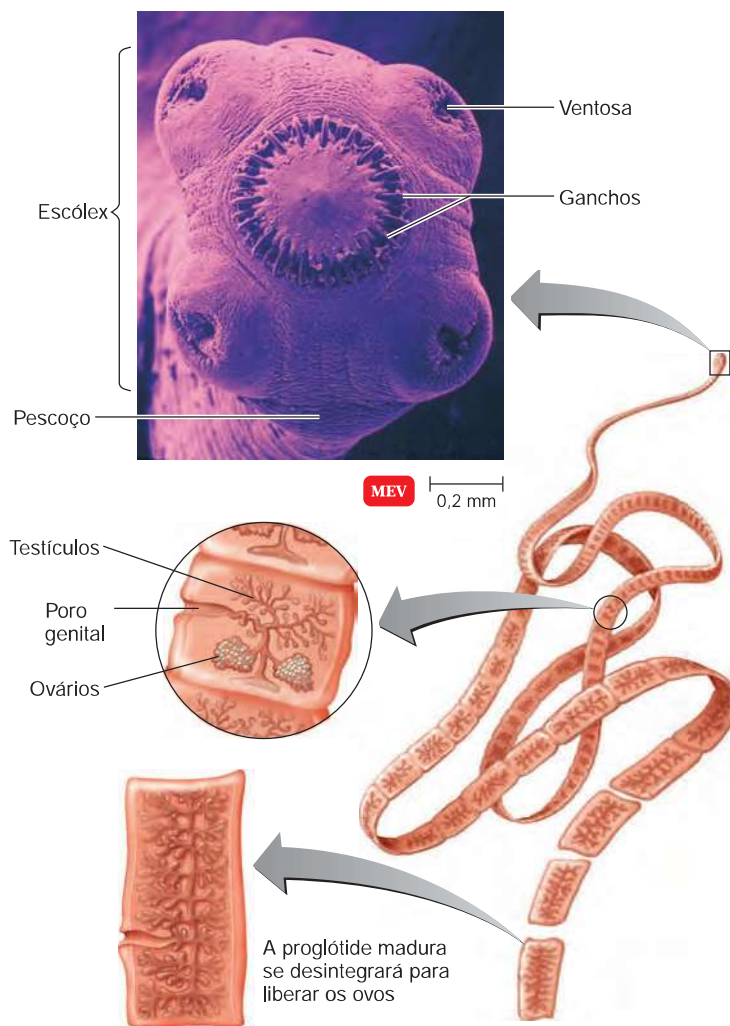


Figura 12.26 Anatomia geral uma tênia adulta. O escólex, mostrado na micrografia, consiste em ventosas e ganchos que se fixam aos tecidos do hospedeiro. O corpo aumenta em comprimento à medida que novas proglótides são formadas. Cada proglótide madura contém testículos e ovários.

P Quais as semelhanças entre cestodas e tênias?

cozida. O ciclo homem-porco-homem da *T. solium* é comum na América Latina, Ásia e África. Nos Estados Unidos, entretanto, *T. solium* praticamente não existe nos porcos; o parasita é transmitido de homem para homem. Os ovos liberados por uma pessoa e ingeridos por outra eclodem, e as larvas encistam no cérebro e em outras partes do corpo, causando a cisticercose (veja a Figura 25.22, página 733). O indivíduo infectado com as larvas de *T. solium* serve como um hospedeiro intermediário. Cerca de 7% das poucas centenas de casos notificados nos últimos anos nos Estados Unidos foram adquiridos por pessoas que nunca estiveram fora do país. Elas podem ter sido infectadas por meio do contato com pessoas que tenham nascido ou viajado para outros países.

Humanos como hospedeiros intermediários. Os humanos são os hospedeiros intermediários do *Echinococcus granulosus*, mostra-

do na Figura 12.27. Cães e coiotes são os hospedeiros definitivos dessa pequena (2 a 8 mm) tênia.

- 1 Os ovos são excretados com as fezes.
- 2 Os ovos são ingeridos por veados, ovelhas ou humanos. O homem também pode ser infectado pela contaminação das mãos com fezes de cães ou a saliva de um cão que tenha se lambido.
- 3 Os ovos eclodem no intestino delgado do hospedeiro humano, e as larvas migram para o fígado ou os pulmões.
- 4 A larva se desenvolve em um **cisto hidático**. O cisto contém “cápsulas” nas quais milhares de escólecies podem ser produzidos.
- 5 O hospedeiro humano representa o final do trajeto para o parasita, mas na natureza os cistos poderiam estar em um veado que poderia ser comido por um lobo.
- 6 Os escólecies são capazes de se aderir no intestino do lobo e produzir proglótides.

O diagnóstico de cistos hidáticos frequentemente é realizado somente em autópsias, embora o raio X seja capaz de detectá-los (veja a Figura 25.21, página 733).

TESTE SEU CONHECIMENTO

✓ Diferencie *Paragonimus* de *Taenia*. 12-16

Nematodas

Os membros do filo Nematoda, os **vermes redondos**, são cilíndricos e afilados em cada uma das extremidades. Eles possuem um sistema digestório completo, consistindo de uma boca, um intestino e um ânus. A maior parte das espécies é dioica. Os machos são menores que as fêmeas e possuem uma ou duas **espículas** robustas em sua extremidade posterior. As espículas são usadas para guiar o esperma ao poro genital feminino.

Algumas espécies de nematodas são de vida livre no solo e na água, e outras são parasitas de plantas e animais. Alguns nematodas passam o ciclo de vida inteiro, do ovo ao adulto maduro, em um único hospedeiro.

As infecções por nematodas em humanos podem ser divididas em duas categorias: aquelas em que o ovo é infectivo e aquelas em que a larva é infectiva.

Ovos infectivos para humanos

O verme oxiúro *Enterobius vermicularis* passa a vida inteira em um hospedeiro humano (Figura 12.28). Os vermes oxiúros adultos são encontrados no intestino grosso. A partir desse órgão, a fêmea migra para o ânus para depositar seus ovos na região perianal. Os ovos podem ser ingeridos pelo hospedeiro ou por outra pessoa por meio de vestuário ou roupa de cama contaminados. Infecções por vermes oxiúros são diagnosticadas pelo método de fita adesiva de Graham. Um pedaço de fita adesiva transparente é colocado na região perianal, de modo que os ovos, depositados anteriormente, possam ficar colados na fita. A fita é então examinada microscopicamente para a presença dos ovos.

Ascaris lumbricoides é um nematoda grande (30 cm de comprimento) que infecta mais de um bilhão de pessoas no mundo inteiro (Figura 25.24, página 736). Trata-se de um organismo dioico que

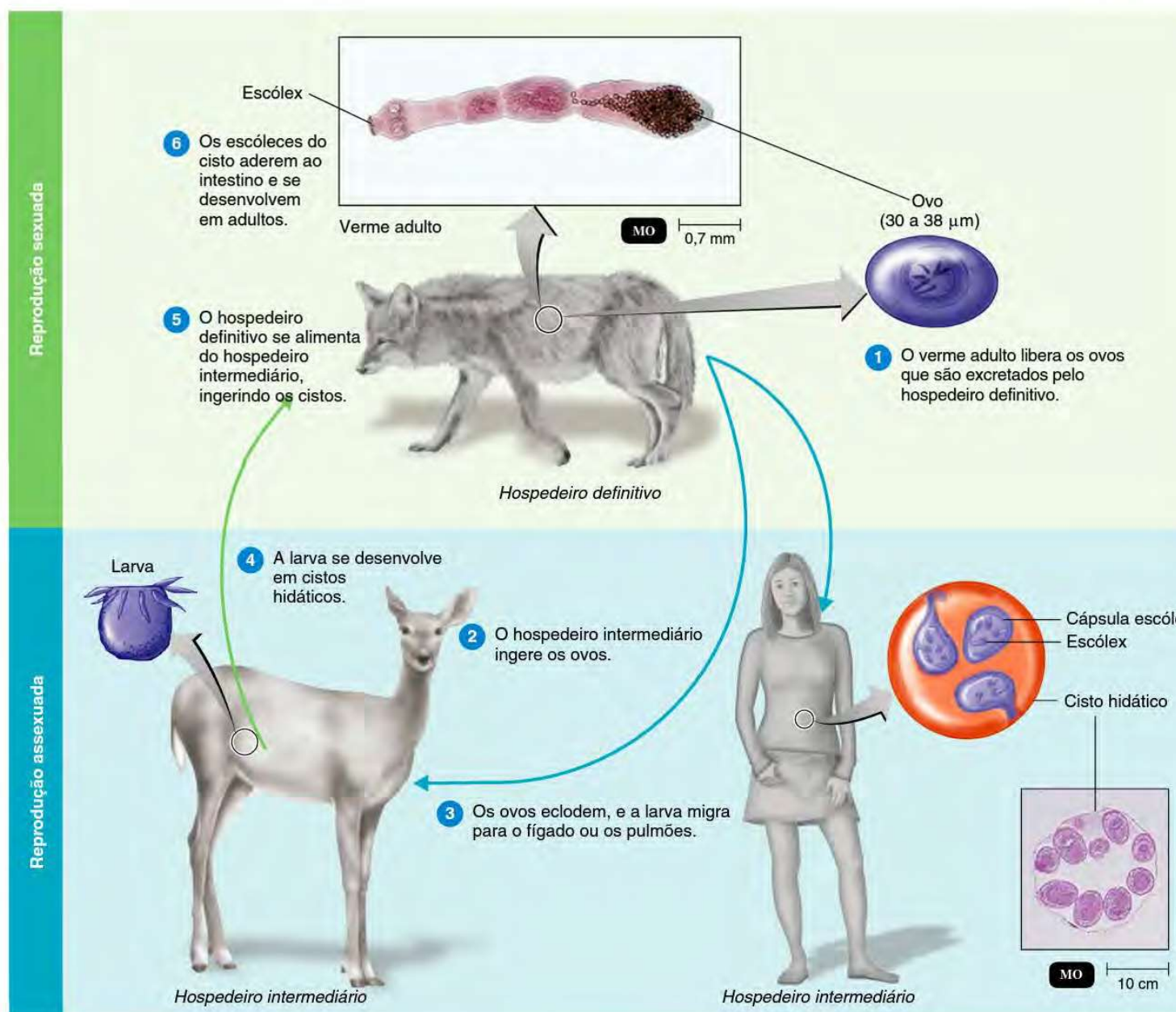


Figura 12.27 Ciclo de vida do verme *Echinococcus granulosus*. Este pequeno verme é encontrado no intestino de cães, lobos e raposas. O adulto da espécie mais intimamente relacionada, *Echinococcus multilocularis*. A fotomicrografia mostra um cisto hidático. O parasita pode completar seu ciclo de vida somente se o cisto for ingerido por um hospedeiro definitivo que se alimenta do hospedeiro intermediário.

P Por que não contaminar um ser humano é um benefício para o *Echinococcus*?

apresenta **dimorfismo sexual**, isto é, os vermes machos e fêmeas diferem na aparência, sendo o macho menor e apresentando uma cauda enrolada. O *Ascaris* adulto vive exclusivamente no intestino delgado de seres humanos, alimentando-se principalmente de comida semidigerida. Os ovos, excretados junto com as fezes, podem sobreviver no solo por longos períodos antes de serem acidentalmente ingeridos por outro hospedeiro. Os ovos eclodem no intestino delgado do hospedeiro. As larvas então escavam uma saída do intestino e entram na corrente sanguínea. Elas são carregadas até os

pulmões, onde se desenvolvem. As larvas são posteriormente engolidas com a tosse e engolidas, retornando para o intestino delgado, onde os vermes tornam-se adultos.

O diagnóstico frequentemente é realizado quando os vermes adultos são excretados junto com as fezes. Os ovos do *Ascaris* podem permanecer no solo por 10 anos. As crianças são infectadas ao colocar as mãos ou brinquedos na boca. A prevenção da infecção em humanos é feita por meio de hábitos sanitários apropriados.

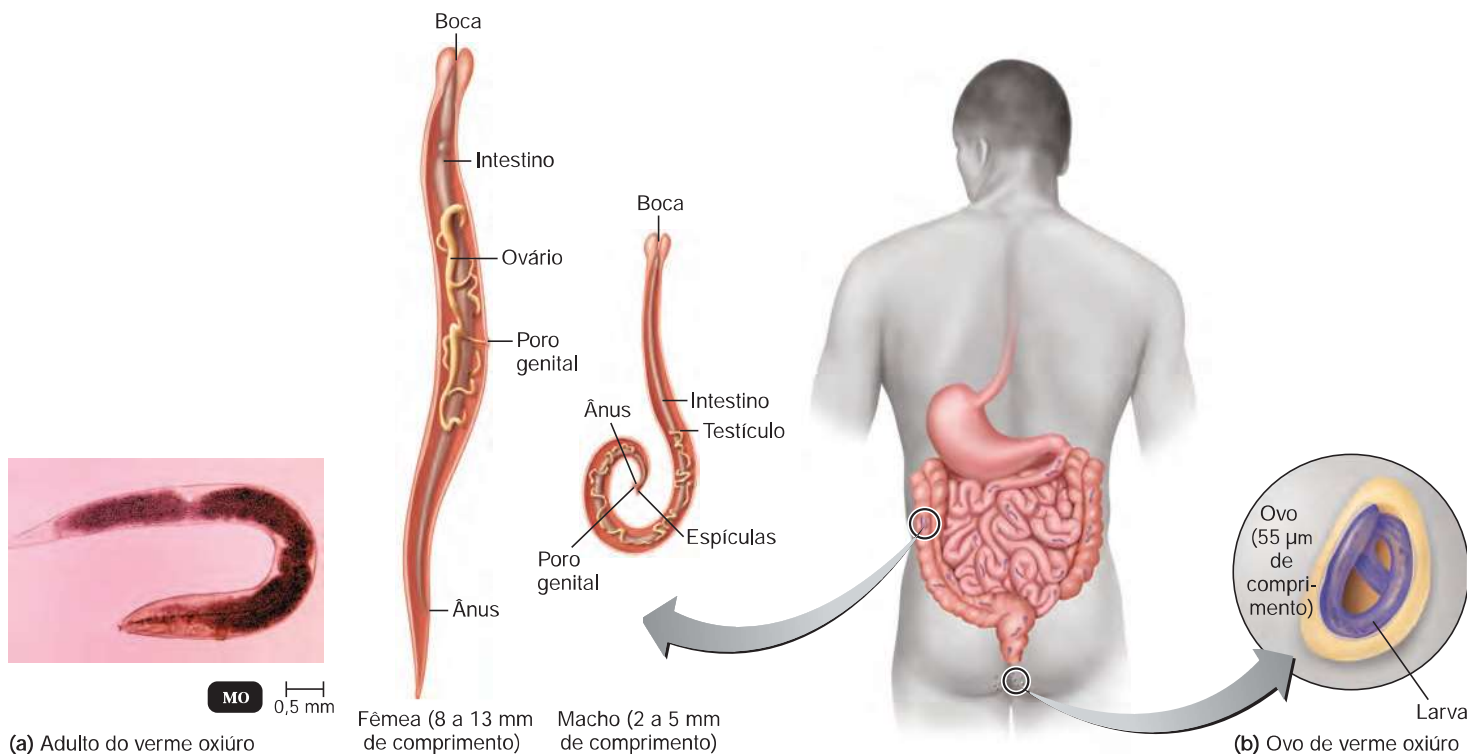


Figura 12.28 O verme oxiúro *Enterobius vermicularis*. (a) O verme oxiúro adulto vive no intestino grosso do homem. A maior parte dos vermes redondos é dioica, e a fêmea (à esquerda na fotomicrografia) é, na maioria das vezes, distintamente mais larga que o macho (direita). (b) Os ovos do verme oxiúro são depositados pela fêmea na região perianal, à noite.

P Os humanos são os hospedeiros definitivos ou intermediários dos vermes oxiúros?

Larvas infectivas para humanos

Os ancilóstomos adultos, *Necator americanus* e *Ancylostoma duodenale*, vivem no intestino delgado de seres humanos (Figura 25.23, página 736); os ovos são excretados nas fezes. As larvas se desenvolvem no solo, onde se alimentam de bactérias. A larva entra no hospedeiro por meio da penetração na pele. Ela então entra nas veias sanguíneas ou linfáticas, sendo transportada para os pulmões. A larva é expelida com a tosse, engolida e finalmente levada para o intestino delgado. O diagnóstico tem como base a presença de ovos nas fezes. As pessoas podem evitar as infecções por ancilóstomos pelo uso de calçados.

A triquinose é causada por um nematoda que o hospedeiro adquire ao ingerir larvas sob a forma de cistos na carne mal cozida de animais infectados (veja as páginas 736 e 737). O nematoda, *Dirofilaria immitis*, é propagado de hospedeiro a hospedeiro por meio de picadas de mosquitos *Aedes*. Ele afeta principalmente cães e gatos, mas pode infectar os pulmões de seres humanos. As larvas injetadas pelo mosquito migram para vários órgãos, nos quais amadurecem e tornam-se vermes adultos. O verme parasita

é denominado **verme do coração**, pois o estágio adulto frequentemente está localizado no coração do hospedeiro, podendo matá-lo por insuficiência cardíaca congestiva (Figura 12.29). A doença ocorre em todos os continentes exceto na Antártica. A bactéria *Wolbachia* parece ser essencial para o desenvolvimento de embriões do verme (veja o quadro no Capítulo 11, página 307).

Quatro gêneros de vermes redondos denominados *anisaquídeos*, ou vermes com movimentos em ziguezague, podem ser transmitidos ao homem por peixes e lulas infectados. As larvas anisaquídeas encontram-se nos mesentérios intestinais dos peixes e migram para o músculo quando o peixe morre. O congelamento ou completo cozimento do peixe mata as larvas.

A Tabela 12.6 lista os helmintos parasitas representantes de cada filo e classe e as doenças que eles causam.

TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Qual é o hospedeiro definitivo para o *Enterobius*? **12-17**
- ✓ Qual estágio da *Dirofilaria immitis* é infectante para cães e gatos? **12-18**

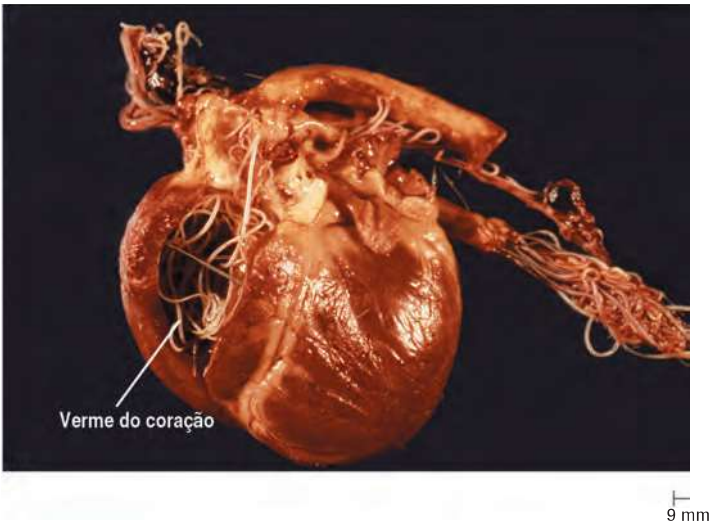


Figura 12.29 O verme do coração *Dirofilaria immitis*. Quatro adultos de *D. immitis* no ventrículo direito do coração de um cão. Cada verme possui 12 a 30 centímetros de comprimento.

P Em que os vermes redondos e os vermes achatados diferem?

✓ Você encontra um verme parasita na fralda de um bebê. Como poder saber se é uma *Taenia* ou um *Necator*? 12-19

Artrópodes como vetores

OBJETIVOS DO APRENDIZADO

- 12-20 Definir artrópode vetor.
- 12-21 Diferenciar um carrapato de um mosquito e identificar uma doença transmitida por cada um.

Os artrópodes são animais caracterizados por possuir corpos segmentados, esqueletos externos rígidos e patas articuladas. Com aproximadamente um milhão de espécies, esse é o maior filo do reino animal. Embora não sejam micróbios, descreveremos os artrópodes brevemente, pois alguns sugam sangue de seres humanos e de outros animais e podem transmitir doenças microbianas durante esse processo. Os artrópodes que transportam micro-organismos patogênicos são chamados de **vetores**. A sarna e a pediculose são doenças causadas por artrópodes (veja o Capítulo 2, páginas 602 e 603).

Classes representantes de artrópodes incluem:

Tabela 12.6		Representantes dos helmintos parasitas						
Filo	Classe	Parasitas humanos	Hospedeiro intermediário	Sítio no hospedeiro definitivo	Estágio de transmissão a humanos; métodos	Doença	Localização em humanos	Figura de referência
Platelmintos	Trematodas	<i>Paragonimus westermani</i>	Caramujos de água doce e lagostim	Humanos; pulmões	Metacercária no lagostim; ingestão	Paragonimíase (verme do pulmão)	Pulmões	12.25
		<i>Schistosoma</i>	Caramujos de água doce	Humanos	Cercárias; penetração na pele	Esquistossomose	Veias	23.27 23.28
	Cestodas	<i>Taenia saginata</i>	Gado	Humanos; intestino delgado	Cisticercos na carne de gado; ingestão	Teníase	Intestino delgado	-
		<i>Taenia solium</i>	Humanos; suínos	Humanos	Ovos; ingestão	Neurocisticercose	Cérebro; qualquer tecido	25.22
		<i>Echinococcus granulosus</i>	Humanos	Cães e outros animais; intestinos	Ovos de outros animais; ingestão	Hidatidose	Pulmões, fígado e cérebro	12.27; 25.23
Nematoda		<i>Ascaris lumbricoides</i>	-	Humanos; intestino delgado	Ovos; ingestão	Ascariíase	Intestino delgado	25.25
		<i>Enterobius vermicularis</i>	-	Humanos; intestino grosso	Ovos; ingestão	Oxiuríase	Intestino grosso	12.28
		<i>Necator americanus</i>	-	Humanos; intestino delgado	Larvas; penetração na pele	Ancilostomíase	Intestino delgado	25.24
		<i>Ancylostoma duodenale</i>	-	Humanos; intestino delgado	Larvas; penetração na pele	Ancilostomíase	Intestino delgado	25.24
		<i>Trichinella spiralis</i>	-	Humanos, suínos e outros mamíferos; intestino delgado	Larvas; ingestão	Triquinose	Músculos	25.26
		Anisaquídeos	Peixes marinhos e lula	Mamíferos marinhos	Larvas em peixes; ingestão	Anisaquíase (vermes do sashimi)	Trato gastrintestinal	-

Tabela 12.7 Artrópodes importantes como vetores para doenças humanas				
Classe	Ordem	Vetor	Doença	Figura de referência
Arachnida	Ácaros e carrapatos	<i>Dermacentor</i> (carrapato)	Febre maculosa das Montanhas Rochosas	–
		<i>Ixodes</i> (carrapato)	Doença de Lyme, babesiose, erliquiose	12.31
		<i>Ornithodoros</i> (carrapato)	Febre recorrente	–
Insecta	Piolhos	<i>Pediculus</i> (piolho de humanos)	Tifo epidêmico, febre recorrente	12.32a
	Pulgas	<i>Xenopsylla</i> (pulga de rato)	Tifo murino endêmico, praga	12.32b
	Moscas	<i>Chrysops</i> (mosca de veado)	Tularemia	12.32c
		<i>Aedes</i> (mosquito)	Dengue, febre amarela, verme do coração	12.29
		<i>Anopheles</i> (mosquito)	Malária	12.30
		<i>Culex</i> (mosquito)	Encefalite arboviral	–
		<i>Glossina</i> (mosca tsé-tsé)	Tripanossomíase africana	–
	Insetos sugadores	<i>Triatoma</i> (barbeiro)	Doença de Chagas	12.32d

■ Aracnídea (oito patas): aranhas, ácaros, carrapatos.
■ Crustácea (quatro antenas): caranguejos, lagostim.
■ Insecta (seis patas): abelhas, moscas, piolhos.

A **Tabela 12.7** lista os artrópodes que são vetores importantes e as **Figuras 12.30, 12.31 e 12.32** ilustram alguns deles. Esses insetos e carrapatos residem em animais somente quando estão se alimentando. Uma exceção a essa regra é o piolho, que passa a vida inteira em seus hospedeiros e não pode sobreviver por muito tempo longe deles.

Alguns vetores são apenas mecanismos de transporte para patógenos. Por exemplo, as moscas domésticas depositam seus ovos em matéria orgânica em decomposição, como fezes. Durante esse processo, a mosca pode captar um patógeno em suas patas ou corpo e transportá-lo para nossos alimentos.

Alguns parasitas multiplicam-se em seus vetores. Quando isso acontece, os parasitas podem se acumular nas fezes ou na saliva do



Figura 12.30 Mosquito. Uma fêmea de mosquito sugando o sangue da pele humana. Os mosquitos transmitem vários patógenos de pessoa a pessoa, incluindo os vírus da febre amarela e do Oeste do Nilo.

P Quando um vetor também é um hospedeiro definitivo?

vetor. Um grande número de parasitas pode então ser depositado no hospedeiro enquanto o vetor estiver se alimentando. A espiroqueta que causa a doença de Lyme é transmitida por carrapatos dessa maneira (veja o Capítulo 23, página 651), e o vírus do Oeste do Nilo é transmitido da mesma forma por mosquitos (veja o Capítulo 22, página 626).

Conforme discutido anteriormente, o *Plasmodium* é um exemplo de parasita que necessita que seu vetor também seja o hospedeiro definitivo. O *Plasmodium* pode reproduzir-se sexualmente somente no intestino de um mosquito *Anopheles*. O *Plasmodium* é introduzido no interior de um hospedeiro humano junto com a



Figura 12.31 Carrapato. *Ixodes pacificus* é o vetor da doença de Lyme na costa oeste dos Estados Unidos.

P Por que os carrapatos não são classificados como insetos?

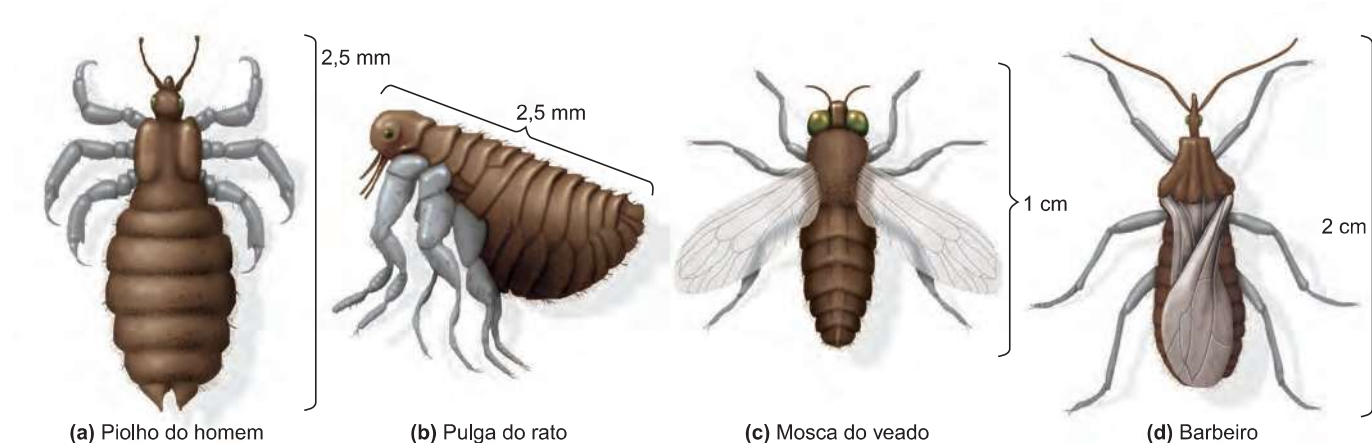


Figura 12.32 Artrópodes vetores. (a) O piolho do homem, *Pediculus*. (b) A pulga do rato, *Xenopsylla*. (c) A mosca do veados, *Chrysops*. (d) O barbeiro, *Triatoma*.

P Dê o nome de um patógeno transportado por cada um desses vetores.

saliva do mosquito, que atua como um anticoagulante, mantendo o fluxo sanguíneo.

Para eliminar doenças transmitidas por vetores (como a tripanossomíase africana), os programas de saúde focalizam a erradicação dos vetores.

TESTE SEU CONHECIMENTO

- ✓ Os vetores podem ser divididos em três principais tipos, de acordo com os papéis que desempenham para o parasita. Liste os três tipos de vetores e a doença transmitida por cada um. **12-20**
- ✓ Suponha que você tenha visto um artrópode em seu braço. Como você pode determinar se ele é um carrapato ou uma pulga? **12-21**

RESUMO PARA ESTUDO

Fungos (p. 330-339)

1. Micologia é o estudo dos fungos.
2. O número de infecções fúngicas graves está aumentando.
3. Os fungos são aeróbicos ou anaeróbicos facultativos quimio-heterotróficos.
4. A maioria dos fungos é decompositora; alguns são parasitas de plantas e animais.

Características dos fungos (p. 331-333)

5. O talo de um fungo consiste em filamentos de células denominados hifas; uma massa de hifas é chamada de micélio.
6. Leveduras são fungos unicelulares. Para se reproduzir, as leveduras que realizam fissão se dividem simetricamente, enquanto as leveduras que realizam brotamento dividem-se assimetricamente.
7. Os brotos que não se separam da célula parental formam pseudo-hifas.
8. Os fungos dimórficos patogênicos são leveduriformes a 37°C e filamentosos a 25°C.
9. Os fungos são classificados de acordo com o rRNA.
10. Esporangiósporos e conidiósporos são produzidos assexuadamente.
11. Esporos sexuais geralmente são produzidos em resposta a circunstâncias especiais, muitas vezes durante mudanças ambientais.
12. Os fungos são capazes de crescer em ambientes ácidos, com pouca umidade e aeróbicos.

13. Eles são capazes de metabolizar carboidratos complexos.

Filos de fungos de importância médica (p. 333-335)

14. Os zigomicetos possuem hifas cenocíticas e produzem esporangiósporos e zigósporos.
15. Os ascomicetos possuem hifas septadas e produzem ascósporos e frequentemente conidiósporos.
16. Os basidiomicetos possuem hifas septadas e produzem basidiósporos; alguns produzem conidiósporos.
17. Os fungos teleomórficos produzem esporos sexuais e assexuais; fungos anamórficos produzem somente esporos assexuais.



Doenças causadas por fungos (p. 335-339)

18. Micoses sistêmicas são infecções fúngicas que afetam muitos tecidos e órgãos.
19. As micoses subcutâneas são infecções fúngicas que ocorrem abaixo da pele.
20. Micoses cutâneas afetam tecidos contendo queratina, como cabelo, unhas e pele.
21. Micoses superficiais são localizadas nos fios de cabelo e nas células superficiais da pele.

22. Micoses oportunistas são causadas por fungos que normalmente não são patogênicos.
23. Micoses oportunistas podem infectar qualquer tecido. No entanto, geralmente são sistêmicas.

Efeitos econômicos dos fungos (p. 339)

24. *Saccharomyces* e *Trichoderma* são utilizados na produção de alimentos.
25. Fungos são utilizados para controle biológico de pragas.
26. A deterioração causada por fungos em frutas, grãos e vegetais é mais comum que a deterioração desses produtos causada por bactérias.
27. Muitos fungos causam doenças em plantas.

Líquens (p. 339, 340)

1. Um líquen é uma associação mutualística entre uma alga (ou cianobactéria) e um fungo.
2. O processo de fotossíntese realizado pela alga fornece carboidratos para os líquens; o fungo fornece um suporte.
3. Os líquens colonizam habitats que são inadequados para o crescimento individual das algas ou dos fungos.
4. Os líquens podem ser classificados com base em sua morfologia como crustosos, foliosos ou fruticosos.

Algas (p. 340-345)

1. As algas são unicelulares, filamentosas ou multicelulares (talos).
2. A maioria das algas vive em ambientes aquáticos.

Características das algas (p. 341, 342)

3. As algas são eucarióticas, e a maioria é fotoautotrófica.
4. O talo das algas multicelulares geralmente consiste em uma haste, uma estrutura de fixação e lâminas folhosas.
5. As algas se reproduzem assexuadamente por divisão celular e fragmentação.
6. Muitas algas se reproduzem sexuadamente.
7. Algas fotoautotróficas produzem oxigênio.
8. As algas são classificadas de acordo com suas estruturas e pigmentos.

Filos selecionados das algas (p. 342-344)

9. As algas marrons podem ser coletadas para extração da alga.
10. As algas vermelhas crescem em regiões mais profundas do oceano em comparação com outras algas.
11. As algas verdes possuem celulose e clorofila *a* e *b* e reserva de amido.
12. As diatomáceas são unicelulares e possuem parede celular de pectina e sílica; algumas produzem neurotoxina.
13. Os dinoflagelados produzem neurotoxinas que causam envenenamento paralisante por moluscos e ciguatera.
14. Os oomicetos são heterotróficos; eles incluem decompositores e patógenos.



O papel das algas na natureza (p. 344, 345)

15. As algas são os produtores primários na cadeia alimentar aquática.
16. As algas planctônicas produzem a maioria do oxigênio molecular da atmosfera terrestre.
17. O petróleo representa os restos fósseis de algas planctônicas.

18. Algas unicelulares são simbioses em animais como *Tridacna*.

Protozoários (p. 345-351)

1. Os protozoários são unicelulares, eucarióticos e quimio-heterotróficos.
2. Os protozoários são encontrados no solo e na água e como parte da microbiota normal de animais.

Características dos protozoários (p. 346)

3. A forma vegetativa é chamada de trofozoíto.
4. A reprodução assexuada é por fissão, brotamento ou esquizogonia.
5. A reprodução sexuada é por conjugação.
6. Durante a conjugação ciliada, dois núcleos haploides se fundem para produzir o zigoto.
7. Alguns protozoários podem produzir um cisto para proteção durante condições ambientais adversas.
8. Os protozoários possuem células complexas com uma película, um citostoma e um poro anal.

Filos de protozoários de importância médica (p. 346-351)

9. Os *Archaezoa* não possuem mitocôndrias, mas possuem flagelos; esse filo inclui os gêneros *Trichomonas* e *Giardia*.
10. Os *microsporídios* não possuem mitocôndrias e microtúbulos; os microsporídios causam diarreia em pacientes com Aids.
11. Os *Amoebozoa* são as amebas; eles incluem os gêneros *Entamoeba* e *Acanthamoeba*.
12. Os *Apicomplexa* possuem organelas apicais para penetrar no tecido do hospedeiro; eles incluem os gêneros *Plasmodium* e *Cryptosporidium*.
13. Os *Ciliophora* se locomovem por meio de cílios; *Balantidium coli* é o ciliado parasita de humanos.
14. Os *Euglenozoa* movimentam-se por meio do batimento dos flagelos e não ocorre reprodução sexuada; eles incluem o gênero *Trypanosoma*.



Fungos gelatinosos (p. 351, 352)

1. Os fungos gelatinosos celulares assemelham-se a amebas e ingerem bactérias por fagocitose.
2. Os fungos gelatinosos plasmodiais consistem em uma massa multinucleada de protoplasma que engolfa restos orgânicos e bactérias à medida que eles se movem.

Helmintos (p. 352-361)

1. Os vermes achatados parasitas pertencem ao filo Platyhelminthes.
2. Os vermes redondos parasitas pertencem ao filo Nematoda.

Características dos helmintos (p. 353-355)

3. Os helmintos são animais multicelulares; alguns são parasitas de humanos.
4. A anatomia e o ciclo de vida dos helmintos parasitas são modificados para o parasitismo.
5. O estágio adulto de um helminto parasita é encontrado no hospedeiro definitivo.
6. Cada estágio larval de um helminto parasita requer um hospedeiro intermediário.
7. Os helmintos podem ser monoicos ou dioicos.

9. A maioria dos nematodas é dioica. O que esse termo significa? A qual filo os nematodas pertencem?

Múltipla escolha

1. Quantos filos estão representados na seguinte lista de organismos: *Echinococcus*, *Cyclospora*, *Aspergillus*, *Taenia*, *Toxoplasma*, *Trichinella*?
a. 1 b. 2 c. 3 d. 4 e. 5

Utilize as seguintes opções para responder as questões 2 e 3:

- (1) Metacercária.
(2) Rédia.
(3) Adulto.
(4) Miracídio.
(5) Cercaria.

2. Coloque os estágios abaixo em ordem de desenvolvimento, iniciando pelo ovo.
a. 5, 4, 1, 2, 3. d. 3, 4, 5, 1, 2.
b. 4, 2, 5, 1, 3. e. 2, 4, 5, 1, 3.
c. 2, 5, 4, 3, 1.
3. Se um caramujo é o primeiro hospedeiro intermediário de um parasita com estes estágios, qual estágio será encontrado no caramujo?
a. 1 b. 2 c. 3 d. 4 e. 5
4. Quais das seguintes afirmativas a respeito das leveduras são verdadeiras?
(1) As leveduras são fungos.
(2) As leveduras podem formar pseudo-hifas.
(3) As leveduras reproduzem-se assexuadamente por brotamento.
(4) As leveduras são anaeróbicas facultativas.
(5) Todas as leveduras são patogênicas.
(6) Todas as leveduras são dimórficas.
a. 1, 2, 3, 4. d. 1, 3, 5, 6.
b. 3, 4, 5, 6. e. 2, 3, 4.
c. 2, 3, 4, 5.
5. Qual dos seguintes eventos segue a fusão celular em um ascomiceto?
a. Formação do conidióforo.
b. Germinação do conidiósporo.
c. Abertura do asco.
d. Formação do ascósporo.
e. Liberação do conidiósporo.
6. O hospedeiro definitivo do *Plasmodium vivax* é:
a. Humano. c. Um esporócito.
b. *Anopheles*. d. Um gametócito.
7. As pulgas são o hospedeiro intermediário da tênia *Dipylidium caninum*, e os cães são o hospedeiro definitivo. Qual estágio do parasita pode ser encontrado na pulga?
a. Larva cisticercoide. c. Escólex.
b. Proglótide. d. Adulto.

Utilize as seguintes alternativas para responder as questões 8 a 10:

- a. *Apicomplexa*. c. Dinoflagelados.
b. *Ciliophora*. d. *Microspora*.

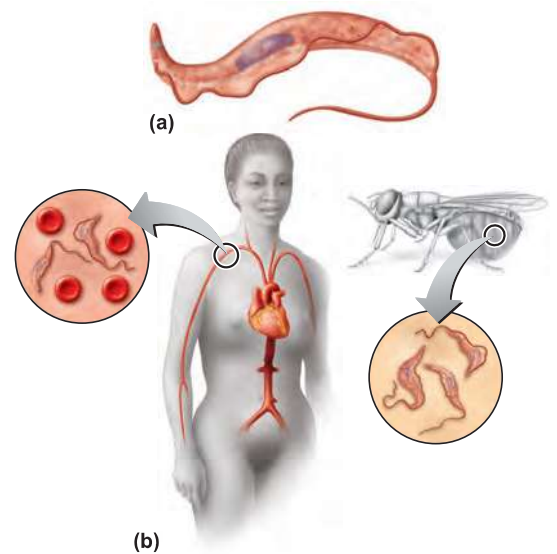
8. Esses são parasitas intracelulares obrigatórios que não possuem mitocôndrias.
9. Esses são parasitas sem motilidade com organelas especiais para penetração no tecido do hospedeiro.
10. Esses organismos fotossintéticos podem causar paralisia por envenenamento de moluscos.

Pensamento crítico

1. O tamanho da célula é limitado por sua razão superfície/volume; isto é, se o volume torna-se muito grande, o calor interno não pode ser

dissipado e os nutrientes e resíduos não podem ser transportados de maneira eficiente. Como os fungos plasmodiais conseguem contornar a regra de superfície/volume?

2. O ciclo de vida do verme *Diphyllbothrium* do peixe é similar ao da *Taenia saginata*, exceto que o hospedeiro intermediário é o peixe. Descreva o ciclo de vida e o modo de transmissão para o homem. Por que é mais provável que peixes de água doce sejam fonte de infecção por tênias do que peixes marinhos?
3. *Trypanosoma brucei gambiense* – parte (a) na figura a seguir – é o agente causador da tripanossomíase africana (doença do sono africana). A qual filo ele pertence? A parte (b) mostra um ciclo de vida simplificado para *T. b. gambiense*. Identifique o hospedeiro e o vetor desse parasita.



Aplicações clínicas

1. Uma menina desenvolveu complicações generalizadas. Um exame de TC revelou uma lesão simples no cérebro consistente com um tumor. A biópsia da lesão mostrou um cisticerco. A paciente vive na Carolina do Sul, nos Estados Unidos, e nunca viajou para fora do estado. Que parasita causou essa doença? Como a doença é transmitida? Como ela pode ser prevenida?
2. Um fazendeiro na Califórnia, nos Estados Unidos, desenvolveu uma febre baixa, mialgia e tosse. Um exame de raio X do tórax revelou um infiltrado no pulmão. O exame microscópico do escarro revelou células redondas em brotamento. Na cultura do escarro cresceram micélios e artroconídios. Qual é o mais provável organismo causador dos sintomas? O que está causando a doença no homem? Como essa doença é transmitida? Como ela pode ser prevenida?
3. Um adolescente na Califórnia reclamou de febre persistente, calafrios e dores de cabeça. Uma amostra de sangue revelou células em forma de anel no interior das hemácias. Ele foi tratado com sucesso com primaquina e cloroquina. O paciente vive perto do Rio San Luis Rey e não possui história de viagens ao exterior, transfusão sanguínea ou uso de drogas intravenosas. Que doença é esta? Como foi adquirida?