



Zoologia de Invertebrados e Parasitologia

Zoologia de Invertebrados e Parasitologia

Silvana de Cássia Paulan

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Danielly Nunes Andrade Noé
Grasiele Aparecida Lourenço
Isabel Cristina Chagas Barbin
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Fernanda Müller de Oliveira Rovai

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)
Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)
Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)
Leticia Bento Pieroni (Coordenadora)
Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Paulan, Silvana de Cássia
P324z Zoologia de invertebrados e parasitologia / Silvana
de Cássia Paulan. – Londrina : Editora e Distribuidora
Educacional S.A., 2018.
200 p.

ISBN 978-85-522-0803-7

1. Zoologia de invertebrados - Parasitologia. I. Paulan, Silvana de Cássia. II. Título.

CDD 592

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 – Londrina – PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Protista, parazoa, radiata e nemertea _____	7
Seção 1.1 - Protista e parazoa _____	9
Seção 1.2 - Radiata _____	27
Seção 1.3 - Nemertea _____	42
Unidade 2 Filo Platyhelminthes, Pseudocelomados e Nematoda _____	55
Seção 2.1 - Platyhelminthes _____	57
Seção 2.2 - Aschelminthes; filo Priapulida e filo Entoprocta _____	71
Seção 2.3 - Nematoda _____	83
Unidade 3 Filo Annelida, Mollusca e Arthropoda _____	97
Seção 3.1 - Mollusca _____	99
Seção 3.2 - Annelida _____	115
Seção 3.3 - Arthropoda _____	130
Unidade 4 Filo Echinodermata _____	147
Seção 4.1 - Echinodermata: características gerais e classe Asteróidea _____	149
Seção 4.2 - Echinodermata: classe Ophiuroidea; classe Echinoidea e classe Concentricycloidea _____	163
Seção 4.3 - Echinodermata: classe Holothuroidea; classe Crinoidea e filogenia dos equinodermos _____	178

Palavras do autor

Os invertebrados estão envolvidos nos mais variados processos de todos os ecossistemas, seja produzindo, sintetizando e distribuindo nutrientes, polinizando plantas ou até mesmo drenando e aerando os solos. Porém, este grupo encontra-se em elevado risco de extinção devido, especialmente, à degradação e destruição de áreas naturais.

Estudar a zoologia de invertebrados é de fundamental importância para o monitoramento e consequente desenvolvimento de medidas de proteção e recuperação das populações em maior risco. Enquanto que o estudo sobre a parasitologia, uma vez que várias espécies de invertebrados são agentes etiológicos de diversas doenças em humanos e em outros animais, possibilitará o desenvolvimento de medidas de controle e prevenção, de testes diagnósticos e de tratamentos.

Assim, esta disciplina lhe permitirá adquirir competências relacionadas à capacidade de identificação dos diversos filos e classes de invertebrados, bem como de seus principais representantes, pelo estudo de suas características morfológicas. Por se tratar de uma disciplina que abrange diferentes áreas, como ecologia e saúde pública, nós o encorajamos a aprimorar suas competências e a enriquecer seu conhecimento por meio de estudos complementares, utilizando por meio de vídeos, artigos científicos e livros didáticos. Envolve-se neste mundo de surpreendente diversidade dos invertebrados!

A primeira unidade do livro lhe apresentará conteúdo sobre as características e o desenvolvimento dos protistas, bem como os principais protozoários responsáveis por parasitismo no homem e em outros animais, além das principais características de parazoários, radiatas e nemertinos.

Nasegundaunidade, o convidamos a conhecer os *platyhelminthes* e seus principais representantes parasitas, e também a aprender sobre as principais características do grupo dos asquelmintos e dos Filos *Priapulida* e *Entoprocta*.

Na terceira unidade, você transitará entre os ambientes aquático e terrestre ao explorar a imensa diversidade dos moluscos, dos anelídeos e dos artrópodes, conhecendo sua morfologia, classes e representantes.

Finalmente, você fará um mergulho no vasto mundo dos equinodermatas, na quarta unidade deste livro, aprendendo sobre as características que permitiram perfeita adaptação ao ambiente marinho, sobre o desenvolvimento e filogenia destes animais.

Esta disciplina auxiliará na compreensão da relação dos invertebrados com o ambiente em que habitam, essencial para sua sobrevivência, assim como dos que deles direta ou indiretamente dependem. Que este livro seja uma porta de entrada para um mundo cheio de descobertas e que o conduza e o estimule a buscar sempre por aprimoramento, enriquecendo sua formação como biólogo. Bons estudos!

Protista, parazoa, radiata e nemertea

Convite ao estudo

Caro aluno seja bem-vindo! A formação em Ciências Biológicas oferece muitas possibilidades de especialização e de trabalho, diante da diversidade de assuntos abordados durante a sua vida acadêmica. No estudo desta unidade, você se tornará apto a identificar as principais características morfológicas dos grupos protista, parazoa, radiata e nemertea, ao descrever o desenvolvimento destes animais, seus habitats e sua importância para o meio. Além disso, conhecerá também as principais espécies de protozoários parasitas e seus ciclos evolutivos.

A aceleração do aquecimento de massas de ar e de águas prejudica a captação de calor e gás carbônico pelos oceanos, principais aliados contra o aquecimento global. As consequências são, entre outras, a desestruturação da cadeia ecológica, dessalinização e aumento do nível do mar. Assim, o monitoramento da "saúde" dos mares é um importante alerta para que as estratégias de controle sejam colocadas em prática e para você se familiarizar com situações que poderá vivenciar em sua carreira profissional e praticar as habilidades adquiridas neste estudo, apresentamos a situação hipotética a seguir. Preparado?

A bióloga Clarice foi contratada pelo Instituto SOS Mar Azul para catalogar espécies de invertebrados marinhos no litoral do Estado do Rio de Janeiro, devido ao adoecimento de Alice, a bióloga responsável, diagnosticada com giardíase. Durante os mergulhos, Clarice fotografou e coletou espécimes de invertebrados para identificação oficial, mas mentalmente ela classificava-os de imediato. Mesmo catalogando medusas flutuantes, hidras, esponjas de diferentes tamanhos e cores,

platelmintos e algumas espécies de ctenóforos, com seus belos tentáculos, Clarice notou baixa diversidade. De volta ao laboratório, a bióloga se deparou com um erro de classificação ao identificar como platelminto um dos animais amostrados, considerando apenas a forma alongada e achatada do corpo. A correção foi possível diante de uma análise detalhada, observando uma probóscide (estrutura utilizada para a captura de alimentos) separada do trato digestivo, característica de representantes do filo Nemertea, associada à consulta da chave taxonômica, disponível no laboratório. Assim, o conhecimento sobre a morfologia é essencial para a correta classificação das espécies, mesmo quando do uso de chaves taxonômicas. Em adição, e para você "aquecer o motor", quais fatores devem ser considerados para se explicar a baixa diversidade de invertebrados observada por Clarice?

Como percebe, este é um tema de ampla abrangência. Vamos juntos explorar diferentes ambientes, conhecendo seus habitantes invertebrados com suas características morfológicas e suas estratégias de manutenção da espécie.

Seção 1.1

Protista e parazoa

Diálogo aberto

Como vimos, Alice, a bióloga responsável pela identificação de invertebrados marinhos, foi diagnosticada com giardíase. Assim, Clarice foi contratada para assumir este trabalho até que Alice se recupere. Surpresa e feliz com a proposta de trabalho, Clarice começou a refletir, na tentativa de relembrar as características e o ciclo de desenvolvimento deste protozoário. Você, na condição de biólogo especialista em protozoologia, pode auxiliar Clarice descrevendo os aspectos morfológicos de *G. lamblia* e seu desenvolvimento e, ainda, de que forma Alice pode ter se infectado por este parasita?

O comportamento investigativo nos impulsiona na busca por conhecimento sempre que nos deparamos com alguma questão desconhecida ou pela simples curiosidade do saber mais. Ao responder às questões supracitadas, você estará desenvolvendo este comportamento, um diferencial no seu preparo para uma carreira de sucesso!

Nesta seção, o convidamos a conhecer os protozoários, invertebrados unicelulares, entre os quais alguns são parasitas do homem e demais animais; e também os poríferos, que inicialmente não eram considerados animais devido ao seu aspecto morfológico. Vamos lá, rumo ao conhecimento!

Não pode faltar

Estrutura, fisiologia e evolução dos protistas

Por muitos anos os protozoários foram classificados como um reino à parte, o protozoa, contendo diversos filos. Posteriormente, todos os organismos eucariotos unicelulares e semelhantes a animais e algas unicelulares foram reunidos ao reino Protista, criando uma nova unidade taxonômica parafilética (que possui

ancestral comum pertencente não apenas ao grupo em questão, mas também a demais grupos) e densa.

A evolução dos protistas relaciona-se com a evolução da célula eucariótica, sendo, provavelmente, os primeiros indivíduos com formato ameboide, capturando partículas alimentares por meio da fagocitose. Esta hipótese explica a existência de mitocôndrias na maioria das espécies e de cloroplastos em alguns flagelados, como veremos mais adiante.

No decorrer do processo evolutivo, alterações em algumas espécies, como perda do cloroplasto, tornando-as heterótrofos secundários (não produzem seu alimento, dependendo de compostos orgânicos presentes no meio), e do flagelo, tornando-os ameboides secundários, contribuíram para a enorme diversidade destes animais unicelulares quanto à simetria, complexidade estrutural e à adaptação a diferentes condições ambientais. Um exemplo de adaptação dos protozoários às adversidades ambientais é o processo de encistamento, desenvolvido por algumas espécies parasitas e de água doce, na qual um envelope espesso é secretado ao redor do organismo, mantendo-o inativo e protegido.

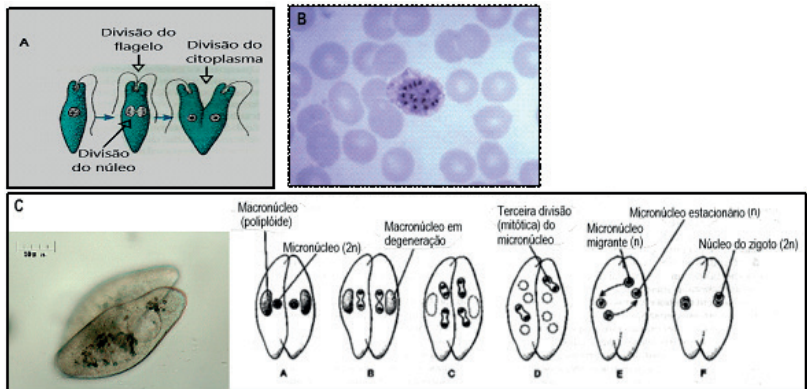
A única característica comum a todos os protozoários é a constituição unicelular. A partir disto, algumas espécies possuem citoesqueleto formado pelo epiplasma (malha de proteínas filamentosas), microtúbulos e vesículas, enquanto outras apresentam exoesqueleto secretado sobre a superfície externa.

É também diversa a forma de nutrição, que pode ser por fotoautotrofismo (quando o organismo é capaz de produzir seu próprio alimento por fotossíntese) ou por heterotrofismo, em que as partículas alimentares são digeridas pelos vacúolos. Contudo, durante a ingestão de partículas ocorre entrada de água que, se não controlada, pode prejudicar o organismo. Para este controle, os protozoários realizam a osmorregulação, ou seja, o transporte ativo de íons através da membrana celular, por um complexo formado pelo vacúolo contrátil e pelo espongioma (conjunto de vesículas menores ou túbulos). Já em protozoários que possuem parede celular e ausência de vacúolos, esse controle ocorre por pressão hidrostática.

De modo geral, a reprodução dos protozoários é assexuada por multiplicação celular, denominada fissão. A fissão binária (Figura 1.1A) é a forma mais comum, gerando indivíduos idênticos e de igual tamanho aos parentais por meio de divisão mitótica nuclear seguida da citocinese (divisão citoplasmática), enquanto que na fissão múltipla (ou esquizogonia) (Figura 1.1B) o núcleo se divide várias vezes antes da citocinese, dando origem a vários novos indivíduos. A esquizogonia é comum entre protozoários Sporozoea e Sarcodina. Outra forma de reprodução assexuada é o brotamento, em que os indivíduos gerados são menores que os parentais, passando por crescimento até atingir o tamanho adulto.

Algumas espécies podem também se reproduzir de forma sexuada, restabelecendo o número diploide dos cromossomos, como por autogamia, em que a multiplicação e fusão dos núcleos gaméticos (micronúcleos) formam o zigoto dentro do organismo; por singamia, quando os gametas se fundem para a formação do zigoto; e conjugação (Figura 1.1C), que ocorre pelo emparelhamento de dois organismos, seguido de divisão mitótica e troca dos micronúcleos.

Figura 1.1 | Principais tipos de reprodução em protozoários



Principais tipos de reprodução em protozoários. A) Fissão binária em protozoário flagelado. Note a divisão do núcleo por mitose, seguido da divisão do flagelo e do citoplasma. B) Esquizogonia de *Plasmodium* spp. formados a partir de consecutivas divisões mitóticas nucleares, culminando com a citocinese. C) Conjugação em *Paramecium*.

Fonte: A: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 209); B: <<https://pixnio.com/es/ciencia/imagenes-microscopia/la-malaria-plasmodium/frotis-de-sangre-micrografia-inmadura-vivax-esquizogonia-cromatina-masas-magnificado-1125x>>. Acesso em: 29 ago. 2017. C: <<https://www.flickr.com/photos/giuseppegavo/4937792231>>. Acesso em: 29 ago. 2017 e Ruppert, Fox e Barnes (1996, p. 61).

Protozoários flagelados, ameboides, formadores de esporos e ciliados

Protozoários flagelados

Os protozoários flagelados pertencem ao filo Sarcomastigophora, subfilo Mastigophora e são ainda divididos em fitoflagelados (classe Phytomastigophorea), que normalmente apresentam cloroplastos e são semelhantes às plantas, e zooflagelados (classe Zoomastigophorea), que não possuem cloroplastos e são heterótrofos, semelhantes aos animais. Nestas espécies, o principal órgão locomotor é o flagelo, que atua como um propulsor, empurrando ou arrastando o animal. Alguns ainda apresentam ramificações laterais nos flagelos (mastigonemas), que também auxiliam na locomoção pelo seu efeito hidrodinâmico.

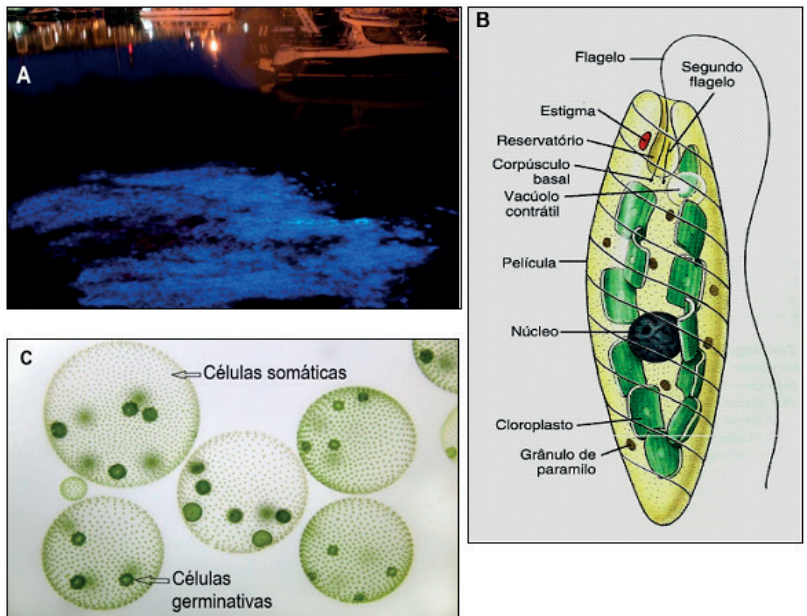
Os fitoflagelados são geralmente de vida livre e produtores de plâncton em ambiente marinho e de água doce. Entre os mais interessantes estão os dinoflagelados, com corpo ovoide, assimétrico e dois flagelos, estando um em espiral ou enrolado ao corpo nu ou coberto por placas de celulose ou valvas. Alguns possuem cromatóforos marrons ou amarelos, enquanto outros são luminescentes, como o *Noctiluca* (Figura 1.2A), promovendo a bioluminescência planctônica.

As euglenófitas habitam água doce e marinha, como o gênero *Euglena* (Figura 1.2B), autótrofo com corpo alongado e recoberto por uma membrana, da qual logo abaixo há uma película de fibras proteica e microtúbulos. Elas possuem um flagelo longo, que se estende a partir de um reservatório, e outro curto, que termina dentro do reservatório, com um cinetossomo na base de cada flagelo e também um estigma ocelar vermelho, com provável função fotorreceptora, e podem encistar quando em condições ambientais desfavoráveis. O gênero *Paranema* compreende espécies heterótrofas que capturam suas presas por pseudópodes, ingerindo-as pelo citóstoma.

Algumas espécies podem formar colônias, com a limitação celular feita pela secreção de parede glicoproteica, como os gêneros *Pleodorina* e *Volvox* (Figura 1.2C), este último apresentando múltiplos flagelos curtos, compondo colônia esférica e oca, com cada célula

(zooide) apresentando cloroplasto e estigma vermelho. O trabalho é dividido entre os zooides, de modo que as células somáticas são em maior número e responsáveis pela alimentação e locomoção, enquanto que as germinativas, responsáveis pela reprodução, são menos numerosas. Ademais, espécies de *Volvox* apresentam, além da reprodução por fissão binária, reprodução sexuada com a fecundação do macronúcleo pelo micronúcleo para a formação do zigoto, contido numa carapaça espinhosa que o protegerá até que as condições ambientais permitam seu desenvolvimento.

Figura 1.2 | Exemplos de protozoários fitoflagelados



A) Fenômeno de bioluminescência pelo dinoflagelado *Noctiluca* spp.; B) Ilustração esquemática de *Euglena* spp.; C) Colônia esférica característica de *Volvox* spp.

Fonte: A: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Noctiluca_scintillans.jpg>. B: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 211); C: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mikrofoto.de-volvox-8.jpg>>. Acessos em: 29 ago. 2017.



Assimile

Apesar de sua importante função na produção primária oceânica por compor grande parte do plâncton marinho, dinoflagelados, como dos gêneros *Gymnodinium*, *Gonyaulax*, provocam um fenômeno marinho conhecido como maré vermelha. Este evento ocorre quando condições

e fatores ambientais promovem o crescimento desordenado destas populações, que podem ser vistas como extensas manchas marrom, amarela ou verde na água, dependendo do pigmento predominante nos organismos. Em consequência, elevadas concentrações de toxinas se acumulam causando a morte de diversos animais, como a ocorrida em 1972 nas costas de Nova Inglaterra e Flórida, resultando em prejuízos econômicos, pela contaminação de mariscos ostras, e ambientais, pela morte de pássaros e peixes e demais animais.

Em relação ao grupo dos zooflagelados, a nutrição é saprozoica (absorção de substâncias inorgânicas já decompostas) ou heterotrófica e a reprodução assexuada ocorre por fissão binária, enquanto que a sexuada ocorre de diferentes formas e é ainda pouco conhecida em alguns grupos. Eles habitam variados meios, como água doce, salobra, solos e sangue/órgãos de seus hospedeiros, compreendendo espécies de importância para a saúde pública e veterinária, como as pertencentes ao filo Kinetoplastida, que recebe este nome devido a uma massa de DNA no interior da mitocôndria, o cinetoplasto. Representantes da família Trypanosomatidae possuem um flagelo livre e outro em forma de corpo basal, como as espécies de *Leishmania* e *Trypanosoma* (Figura 1.3. A e B), cujo desenvolvimento ocorre parte no intestino de insetos vetores e parte em células de vertebrados, sendo responsáveis por diversas doenças em humanos e animais, especialmente em regiões tropicais e subtropicais.

Algumas espécies, entretanto, possuem múltiplos flagelos que podem se associar a organelas fibrilares e microtúbulos, formando o sistema mastigonte. A maioria das espécies multiflageladas é simbiote, entretanto, há espécies parasitas, como o *Trichomonas vaginalis* que se desenvolve no trato urogenital de humanos, causando vaginite em mulheres. Outro exemplo são as espécies do gênero *Giardia*, parasitas intestinais de diversos mamíferos, além de aves, répteis e anfíbios, e que possui duas formas evolutivas: o trofozoíto, com quatro pares de flagelos e corpo em formato de pêra, assimétrico e contendo dois núcleos, além do disco adesivo e os corpos medianos (formato de vírgula) na face ventral; e o cisto, com formato oval ou elipsoide contendo dois núcleos e variado número de fibrilas.

Figura 1.3 | Ilustração de protozoários tripanossomatídeos

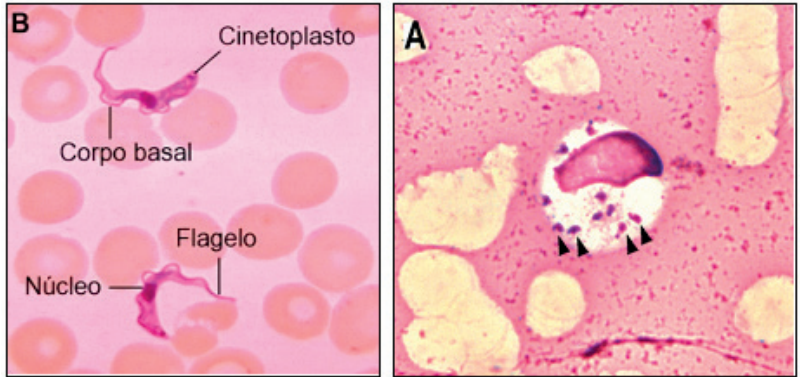


Ilustração dos tripanossomatídeos. A) Macrófago parasitado por formas amastigotas de *Leishmania* spp. (setas); B) Esfregaço de sangue contendo formas promastigotas de *Trypanosoma* spp.

Fontes: A: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leishmania_donovani_01.png>. B: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trypanosoma_sp._PHIL_613_lores.jpg>. Acessos em: 29 ago. 2017.

Protozoários amebóides

Também pertencente ao filo Sarcomastigophora, o subfilo Sarcodina compreende os protozoários amebóides, que possuem corpo irregular, revestido por uma membrana celular, e se locomovem por pseudópodes (prolongamentos citoplasmáticos). Alimentam-se de algas e demais protozoários por fagocitose e seu principal representante é a *Amoeba proteus* (superclasse Rhizopoda), encontrada em vegetação de lagos com águas rasas e limpa. Porém, espécies como *Entamoeba histolytica* vivem em intestinos de humanos e outros animais, podendo penetrar a parede intestinal e causar severa disenteria. A transmissão ocorre pela ingestão de alimentos ou água contaminados por dejetos humanos, baratas e moscas.

Alguns amebóides possuem uma carapaça cobrindo a membrana celular, como os foraminíferos (classe Granuloreticulosea), formada por carbonato de cálcio, sílica, silte e demais materiais. Eles se alimentam de presas capturadas por meio de pseudópodes formados entre as aberturas da carapaça, e seu desenvolvimento envolve fissões múltiplas e alternância de geração (haploide e diploide). A Figura 1.4 ilustra alguns representantes do subfilo Sarcodina.

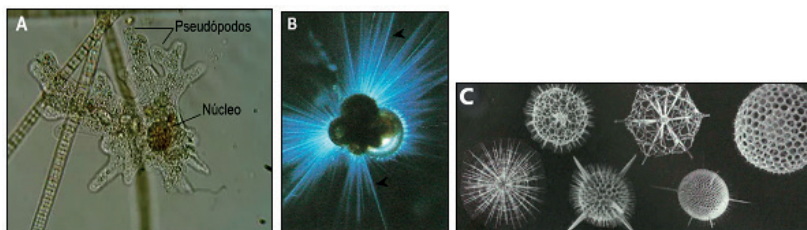
Os heliozoários (superclasse Actinopoda) possuem axópodos (prolongamentos finos em forma de agulha) em sua carapaça, corpo arredondado dividido em córtex (porção ectoplasmática externa) e medula (parte interna endoplasmática contendo muitos núcleos) e podem viver em colônias, então conhecidos como radiolários.



Exemplificando

Durante milhões de anos o piso oceânico tem sido constituído de carapaças de foraminíferos e radiolários mortos, formando vasas ricas em sílica e calcário. Condições ambientais propiciaram a fossilização destes animais, formando rochas silicosas e extensos depósitos de calcário, expostos por processos de elevação do piso oceânico e geológico. A identificação de fósseis de foraminíferos e radiolários é importante para a análise do extrato rochoso para a prospecção de petróleo.

Figura 1.4 | Representantes do subfilo Sarcodina (protozoários ameboides)



Representantes do subfilo Sarcodina (protozoários ameboides). A) *Amoeba* spp., detalhe para a projeção dos pseudópodos; B) Foraminífero com axópodes (setas) estendidos a partir da carapaça; C) Diferentes tipos de carapaças de radiolários (classe Polycystinea).

Fontes: A: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amoeba.png>>. Acesso em: 29 ago. 2017; B e C: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 214-215).

Protozoários formadores de esporos

Pertencentes ao filo Apicomplexa, que recebe este nome devido a um conjunto de organelas que formam o complexo apical, os protozoários formadores de esporos não possuem flagelos, cílios ou pseudópodos e vivem dentro das células de seus hospedeiros vertebrados ou invertebrados. A função do complexo apical ainda é incerta, mas pode estar relacionada à entrada do parasita na célula-hospedeira, auxiliado por demais organelas como roptrias e micronemas.

O desenvolvimento destes protozoários, em alguns casos, necessita de um hospedeiro invertebrado e inclui processos

assexuais e sexuais, com a produção de esporos (oocistos) infecciosos e resistentes às adversidades ambientais.

A classe Sporozoea é a mais importante, compreendendo as subclasses Gregarina, Piroplasmia e Coccidia, esta última de importância médica e veterinária.

Protozoários ciliados

O filo Ciliophora contém o maior número de protozoários ecto e endocomensais ou parasitas, que habitam os ambientes marinho e de água doce. O sistema infraciliar, composto por cinetossomos associados às fibrilas, é característica comum a todos os ciliados, assim como a presença de cílios que podem revestir todo o corpo (Figura 1.5A), promovendo uma corrente de água necessária para a reprodução, locomoção, osmorregulação e excreção. A locomoção em algumas espécies é facilitada pela formação de cirros, estruturas rígidas formadas pela fusão de cílios.

Os cílios possuem morfologia idêntica à dos flagelos, sendo composta pelo axonema (conjunto de nove pares de microtúbulos que circundam um par central). Ainda, a cada par de microtúbulo encontram-se ligadas tríades de microtúbulos, formando um tubo denominado corpúsculo basal (cinetossomo). É o movimento ciliar que impulsiona o alimento pela citofaringe, porém, no gênero *Didinium*, a presa é imobilizada pela liberação de toxicistas e ingerida com o auxílio de estrutura em forma de probóscide.

Diferentemente dos demais protozoários, os ciliados possuem dois núcleos, sendo um vegetativo e relacionado com a síntese de RNA e DNA (macronúcleo) e outro reprodutivo (micronúcleo), relacionado com a síntese de DNA (Figura 1.5 B). A reprodução assexuada ocorre por fissão binária transversal e a sexuada nunca envolve a formação de gametas livres, sendo realizada por conjugação. Neste processo, o micronúcleo se divide por meiose, havendo degeneração deles, resultando em apenas um micronúcleo que irá se dividir por mitose, formando um par idêntico. Um dos micronúcleos permanece no organismo e o segundo migra para o

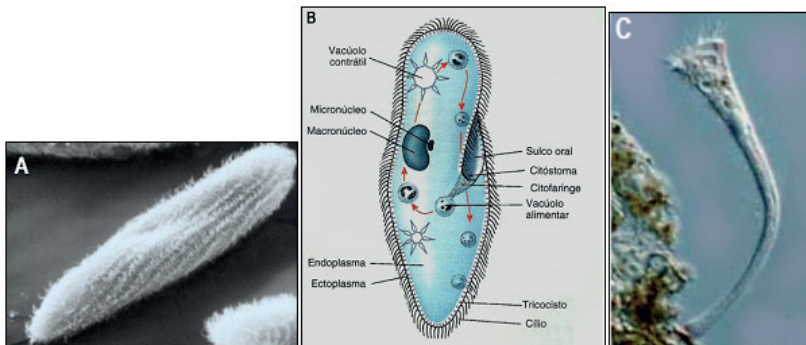
organismo oposto. Feito a troca, os núcleos gaméticos se fundem, dando origem ao zigoto, e os organismos se separam.

Algumas espécies podem apresentar reprodução por autogamia, em que o processo nuclear ocorre igual à conjugação, porém, sem que haja troca entre dois indivíduos.

Uma provável forma de defesa contra predadores é atribuída à presença de tricocistos, organelas ejetadas como uma longa haste. Alguns ainda possuem mucicistos, que excretam material mucoide para a formação de cistos ou de camada protetora.

Os ciliados suctórios apresentam discrepâncias morfológicas, como fase larval de vida livre e fase adulta sésil, em forma de pedúnculo (Figura 1.5C) e possuem tentáculos com os quais capturam e paralisam o alimento, sugando seu citoplasma através do tentáculo preensor.

Figura 1.5 | Protozoários ciliados



Protozoários ciliados. A) *Paramecium* spp. com o corpo completamente revestido por cílios; B) Esquema geral de um ciliado, destaque para o macronúcleo e micronúcleo; C) Forma adulta sésil do ciliado *Stentor* spp.

Fontes: A e C: Brusca e Brusca (2007, p. 136). B: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 219).

Ainda, algumas espécies são parasitas de peixes de água doce, como o *Trichophrya*, e de intestinos de alguns mamíferos, como o *Allantosoma*. Outras são simbiontes, vivendo como comensais, podendo causar danos ao hospedeiro, como o *Balantidium coli* que habita o intestino de humanos e outros mamíferos, causando grave disenteria.

Protozoários que parasitam o homem e outros animais

Como vimos, inúmeras espécies de protozoários são agentes etiológicos de diversas doenças em humanos e demais animais, dentre eles os tripanossomatídeos *Leishmania* e *Trypanosoma*.

A leishmaniose é transmitida pela picada de fêmeas de flebotomíneo infectadas, inoculando as formas promastigotas de *Leishmania* spp., que serão fagocitadas por macrófagos. No interior dos macrófagos ocorrerá a diferenciação para a forma amastigota (aflagelada), que se multiplicará e migrará para novas células e, dependendo da espécie, órgãos como o fígado, baço, linfonodos, pele e mucosas podem ser danificados. O ciclo biológico do protozoário continua quando o hospedeiro infectado é picado pelo flebotomíneo, que ingere amastigotas presentes na corrente sanguínea. No trato digestório do vetor, os protozoários se diferenciam em promastigotas metacíclicas, prontos para infectar outros hospedeiros.

Protozoários multiflagelados também podem ser parasitas, como o já mencionado *Trichomonas vaginalis* e a espécie *Giardia lamblia*, cuja transmissão ocorre pela ingestão de cistos presentes em águas ou alimentos contaminados. Estes cistos são ativados ao passarem pelo meio ácido estomacal humano, liberando os trofozoítos ao alcançar as porções intestinais do duodeno e jejuno. A colonização da mucosa intestinal pelos trofozoítos resulta em alterações parciais ou totais das microvilosidades, comprometendo a capacidade de absorção e o ciclo de desenvolvimento se completa com o desprendimento dos trofozoítos da parede intestinal, para a formação de novos cistos que serão eliminados pelas fezes.

Entre as espécies de protozoários formadores de esporos, destacamos o gênero *Plasmodium*, responsável pela malária em humanos. Os esporozoítos são inoculados por meio da picada de determinados mosquitos e transportados até as células do fígado pela corrente sanguínea, onde se desenvolverão em trofozoítos. Após reprodução por esquizogonia, as células-filhas (merozoítos) invadem novas células hepáticas. Em poucos dias, os merozoítos iniciam a infecção de hemácias, quando ocorrerão novos ciclos de esquizogonia. Os eventos de liberação e reinvasão de hemácias, em conjunto com

os produtos metabólicos liberados, causam febre e calafrios, sintomas típicos da malária. Algumas hemácias infectadas podem ser ingeridas pelos mosquitos, durante o repasto sanguíneo, e no interior do intestino deste vetor os gametócitos masculino e feminino podem se unir, formando o zigoto, que dará origem a inúmeros esporos, prontos para infectar um novo hospedeiro vertebrado.

Origem e evolução dos metazoários

A origem dos metazoários é um dos problemas questionados e estudados por zoólogos, culminado em diferentes teorias. Entre elas, a teoria flagelada colonial se sustenta devido à ocorrência de espermatozoides flagelados em todos os metazoários e de células monociliadas em metazoários inferiores, sugerindo deriva a partir de uma colônia de flagelados oca e esférica e com células monoflageladas na superfície externa. Algumas características conduziram à elaboração de outras teorias, como a de surgimento a partir de uma forma sincicial multinucleada e até mesmo a partir de diferentes ancestrais (origem polifilética).

Recentemente, a disponibilização de tecnologias como as de sequenciamento massivo de DNA tem auxiliado novas descobertas, como a publicada em 2016 por um grupo de cientistas que sugere que um ctenóforo (água-viva-de-pente), animal com maior complexidade, é o organismo mais antigo de que se tem notícia (CERQUEIRA, 2017).

Este debate parece ainda estar longe de uma resposta conclusiva, porém, o inquestionável é que a diferenciação celular, característica principal dos metazoários, propiciou o agrupamento de células semelhantes dando origem aos tecidos epitelial e conjuntivo, o qual pode assumir função esquelética, quando se tem a presença de fibras ou outros componentes, como sílica e carbonato de cálcio.

Filo Porifera

Este filo compreende as esponjas, os animais multicelulares existentes mais primitivos. Desprovidos de órgãos e de sistemas

nervoso e locomotor, estes invertebrados possuem tecido conjuntivo bastante desenvolvido, no qual ocorrem várias funções. Suas células apresentam independência, semelhante a uma colônia de protozoários, e estão embebidas numa matriz gelatinosa (mesogleia) contendo células ameboides, fibrilas, espículas de carbonato de cálcio ou sílica e colágeno, que possibilitam a sustentação e a forma do corpo.

Entre os tipos celulares que compõem as esponjas estão os pinacócitos, células achatadas que formam o tecido epitelial (pinacoderme); os miócitos, mais flexíveis e presentes ao redor de ósculos e poros, auxiliando na regulação da entrada de água; os coanócitos, que possuem flagelos que auxiliam no fluxo da água e auxiliam na captura de partículas alimentares; os arqueócitos, ameboides responsáveis pela digestão de partículas alimentares e que podem se diferenciar em esclerócitos, para a secreção de espículas, em espongiócitos, que secretam fibras de espongina e em colêncitos, que secretam colágeno. O colágeno é também secretado por células distintas, denominadas lofócitos.

A maior parte das espécies vive em águas marinhas rasas, ocupando diversos substratos, como rochas, corais e até areia macia, abrigando uma variedade de invertebrados comensais. Apresentam tamanhos diversos, forma assimétrica na maioria dos indivíduos e variedade de cores, cuja razão ainda incerta sugere proteção contra a radiação solar ou para inibir predadores.

Como são sésseis, dependem das correntes de água através de seu sistema de canais para capturar alimento e oxigênio e eliminar dejetos corpóreos. O fluxo de água ocorre pela entrada em poros menores, denominados óstios, saindo por poros maiores e em menor número, denominados ósculos. A Figura 1.6 ilustra os tipos de estruturas das esponjas, que são: **asconoides**, que compreende esponjas da classe Calcarea, com corpo tubular e pequeno, com óstios presentes na espongiocela (cavidade revestida por coanócitos), e um único ósculo; **siconoides**, com representante das classes Calcarea e Hexactinellida, também com corpo tubular e ósculo único, porém, a parede do corpo é mais espessa e contém canais radiais forrados por coanócitos e que terminam na espongiocela, que, por sua vez, é revestida por células epiteliais; **leuconoides**, que

compreende esponjas com maior tamanho das classes Calcarea, Hexactinellida e Demospongiae, possuindo numerosos ósculos devido à presença de câmaras flageladas associadas.



Refleta

O debate acerca do organismo mais antigo que possa ter sido o ancestral comum às demais espécies é realizado há décadas pelos biólogos evolucionistas. Considerando aspectos morfológicos, uma esponja é estabelecida como ancestral para muitas espécies, incluindo a nossa. Você concorda que os aspectos morfológicos são suficientes para que seja alcançada uma resposta definitiva sobre a origem ancestral comum às espécies?

Figura 1.6 | Ilustração esquemática dos tipos de estruturas apresentadas pelas espécies de poríferos

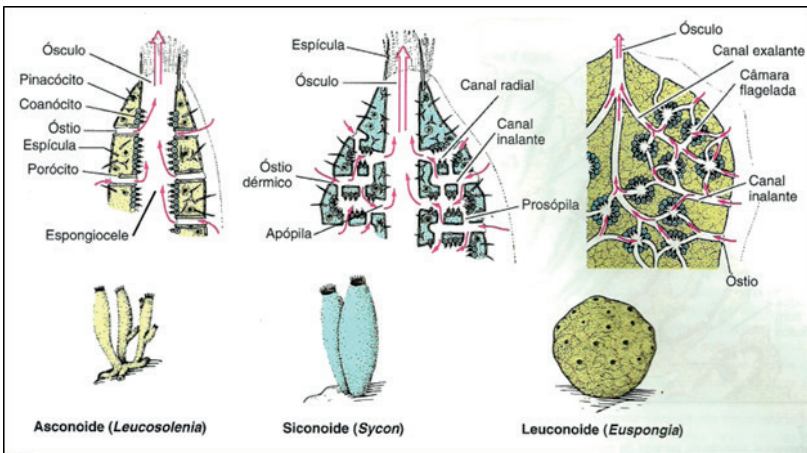


Ilustração esquemática dos tipos de estruturas apresentadas pelas espécies de poríferos. Os componentes esqueléticos, os canais para o fluxo de água e as câmaras revestidas por coanócitos determinam a complexidade de cada estrutura, desde a mais simples, asconóide, com formato tubular e ósculo único, passando pela siconóide, que apresenta canais interligados para a corrente de água, até a mais complexa, leuconóide, que possuem diversos ósculos e câmaras revestidas por coanócitos para a absorção de nutrientes.

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 231).

A reprodução assexuada ocorre por brotos externos, que se destacam para formar novas colônias; pela regeneração seguida de fragmentação; e por brotos internos e gêmulas que persistem às condições ambientais adversas. Já a reprodução sexuada ocorre pela

captura de espermatozoides através dos coanócitos e condução até os oócitos para a formação do zigoto, que permanecerá dentro do corpo recebendo os nutrientes necessários. A fecundação pode também ocorrer no meio externo, quando da liberação tanto de espermatozoides quanto de oócitos no meio, que se unirão para a formação do zigoto. A larva (parenquimula), resultante do zigoto, é livre-natante e dará origem a uma nova esponja.



Pesquise mais

Acessando o link a seguir, você aprenderá mais sobre os poríferos, que nos conduz a uma viagem no tempo (ver de 00:12-00:25). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5eUjipbdyFLM>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

Conheça diversidade de poríferos na costa nordeste do Brasil lendo o seguinte artigo:

SARMENTO, F.; CORREIA, M. D. Descrição de parâmetros ecológicos e morfológicos externos dos poríferos no recife de coral da Ponta Verde, Maceió, Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**. v. 4, n. 2, p. 215-226, 2002. ISSN: 1517-6770.

Sem medo de errar

Compreendidos os principais aspectos dos protozoários, você pode auxiliar a bióloga Clarice a compreender os aspectos morfológicos e o desenvolvimento do protozoário multflagelar *Giardia lamblia*, comentando também como Alice se infectou, tornando-se impossibilitada de realizar o trabalho sobre a classificação dos invertebrados da costa carioca.

O gênero *Giardia*, parasitas intestinais de diversos mamíferos, além de aves, répteis e anfíbios, possui duas formas evolutivas: o trofozoíto, com quatro pares de flagelos e corpo em formato de pêra, assimétrico e contendo dois núcleos, além do disco adesivo e os corpos medianos (formato de vírgula) na face ventral; e o cisto, com formato oval ou elipsoide contendo dois núcleos e variado número de fibrilas.

O protozoário *G. lamblia* é transmitido pela ingestão de cistos presentes em água ou alimentos contaminados. Os cistos sofrem ativação ao passarem pelo meio ácido estomacal, liberando os trofozoítos ao alcançar o intestino. Então, os trofozoítos iniciam a colonização da mucosa, destacando-se, posteriormente, para a formação de cistos que serão liberados pelas fezes, finalizando o ciclo de desenvolvimento.

Portanto, o descuido de Alice por ingerir alimentos mal limpos ou água de procedência duvidosa, resultou nesta infecção por giardíase.

Avançando na prática

Comprovando a natureza animal dos poríferos

Descrição da situação-problema

Apesar de ter sido contratada para realizar a classificação de invertebrados habitantes da costa do Rio de Janeiro, Clarice trabalha como professora de Biologia para alunos do ensino médio. Por se preocupar em passar conhecimento aos alunos da melhor maneira, a bióloga viu neste trabalho temporário uma ótima oportunidade de montar um material didático extra sobre os poríferos para expor aos seus alunos. Seu objeto é mostrar que, apesar de sésseis e com morfologia discrepante da maioria das espécies, os poríferos são organismos vivos e pertencentes ao diverso grupo dos animais.

Clarice considerou a possibilidade de coletar fragmentos de alguns indivíduos, visto que podem se regenerar sem consequências, e realizar cortes para observação com o auxílio de lupas, porém, a escola não dispõe dos materiais necessários para uma aula prática, o que inviabiliza esta alternativa. Diante dos conhecimentos por você adquiridos ao estudar o filo Porifera, qual solução você poderia indicar para que Clarice consiga desenvolver um material didático que cumpra o objetivo de demonstrar a natureza animal das esponjas?

Resolução da situação-problema

Uma vez que os poríferos geram correntes de água, rica em oxigênio e nutrientes, através de canais pelo corpo do animal, auxiliado e mantido pelo movimento flagelar de coanócitos prontos para captar alimento, uma solução clássica e sem danos ao animal ou ao ambiente é o uso de corante inócuo. Ao escolher o indivíduo que usará para gravar seu vídeo, Clarice deve aplicar, com o auxílio de uma seringa, um corante inócuo ao redor da base da esponja. Em poucos segundos, será possível registrar o corante penetrando pelos poros do animal e saindo pelo ósculo, colorindo todo o interior da espongiocela.

Faça valer a pena

1. Os protozoários, apesar de unicelulares, apresentam vasta complexidade e elevado potencial adaptativo. Ocupam diversos nichos e habitats e muitas espécies possuem organelas especializadas. Algumas destas organelas são utilizadas para classificar os protozoários em grupos distintos, como os flagelos em protozoários sarcomastigophora; o complexo apical em apicomplexa e cílios em indivíduos ciliophora.

Assinale a alternativa que contenha outras características pertencentes aos protozoários sarcomastigophora, ciliophora e apicomplexa, respectivamente.

- a) Cirros; lobópodes; produção de esporos.
- b) Mastigonema; produção de esporos; cirros.
- c) Mastigonema; sistema infraciliar; produção de esporos.
- d) Cirros; sistema infraciliar; mastigonema.
- e) Lobópodes; produção de esporos; sistema infraciliar.

2. A eficiência reprodutiva é essencial para a sobrevivência das espécies, seja animal ou vegetal. Os protozoários, de modo geral, apresentam processo de reprodução assexuada, entretanto, algumas espécies também podem apresentar reprodução sexuada. Entre os diferentes processos, pode ocorrer a (I) divisão múltipla do núcleo antes da divisão do citoplasma; (II) formação de um novo indivíduo a partir de um parental, porém com menor tamanho; (III) troca de gametas entre indivíduos emparelhados.

Analisar a afirmativa e assinalar a alternativa contendo a nomenclatura correta de cada um dos processos reprodutivos descritos de I a III, respectivamente.

- a) Esquizogonia; singamia; brotamento.
- b) Brotamento; singamia; conjugação.
- c) Conjugação; esquizogonia; brotamento.
- d) Esquizogonia; brotamento; conjugação.
- e) Conjugação; brotamento; esquizogonia.

3. O corpo é tubular e possui apenas um ósculo. A entrada da água ocorre pelos óstios, passando por canais radiais, revestidos por coanócitos, presentes na espessa parede corporal. Os coanócitos auxiliam no fluxo contínuo de água e na captura de partículas alimentares, que serão digeridas pelos arqueócitos. Os canais radiais desembocam na espongiocela revestida por células epiteliais, através de inúmeros poros por onde a água é eliminada. Qual das alternativas indica o invertebrado descrito no texto?

- a) Esponja siconoide.
- b) Esponja asconoide.
- c) Esponja leuconoide.
- d) Esponja demospongiae.
- e) Esponja-de-banho.

Seção 1.2

Radiata

Diálogo aberto

Como vimos na seção anterior, a bióloga Clarice se sentia privilegiada por poder apreciar colônias de esponjas, consideradas os animais multicelulares existentes mais primitivos. Sua arquitetura única e suas cores dão um toque especial ao ambiente, pensava Clarice. De perto era possível observar os óstios, poros nos quais são inalados os nutrientes, e o ósculo, abertura na parte superior, que elimina a água da qual foram extraídos os nutrientes. Em outro local, pequeninas hidras sésseis, presas em seus substratos, movimentando seus tentáculos para a captura de alimento, enquanto ao redor medusas flutuavam como num balé. Como você descreveria, de acordo com o ciclo de desenvolvimento da classe Hydrozoa, o fato de formas tão discrepantes pertencerem a uma mesma espécie? Tratando-se de invertebrados e, portanto, não possuem tecidos de sustentação como ossos e cartilagem, como os cnidários mantêm sua forma corporal?

Nesta seção, apresentaremos a você os animais que compõem os filos Cnidaria e Ctenofora, descrevendo suas principais características morfológicas e fisiológicas, como também a taxonomia e sua relação com o meio. Assim, você se tornará apto a responder às questões expostas e muitas outras.

Empolgado para continuar seu aprendizado sobre os invertebrados? Então, respire fundo e mãos à obra!

Não pode faltar

Filo cnidaria: estrutura, fisiologia e reprodução

Aspectos gerais

O filo Cnidaria apresenta elevada diversidade, com aproximadamente 11.000 espécies existentes, sendo que a maioria

habita ambientes marinhos. Tal fato deve-se, em grande parte, a características como a tendência de formar grandes colônias por reprodução assexuada e a alternância de geração, ou seja, ciclos de vida que apresentam formas adultas diferentes.

No desenvolvimento embrionário ocorre a formação do arquêntero (intestino primitivo) durante a gastrulação, que precede a formação da blástula. São animais diploblásticos, possuindo os folhetos germinativos ectoderme, que compõe a parede externa da gástrula e dá origem ao epitélio superficial e ao sistema nervoso; e endoderme, que forma o epitélio intestinal e seus derivados. A parede corporal é formada pela epiderme, pela gastroderme (epitélio interno) e pela mesogleia, que pode variar desde uma lâmina basal fina e acelular até um tecido gelatinoso, fibroso ou espesso, contendo ou não células mesenquimais (Figura 1.7).

A epiderme é composta por células epiteliomusculares, que formam a maior parte da superfície e estão associadas à mesogleia e à miofibrilas contráteis; intersticiais, que dão origem a todos os tipos celulares; cnidócitos, presentes em toda a superfície da epiderme e nos tentáculos, e são exclusivas de cnidários. Possuem estruturas denominadas cnidos, sendo os nematocistos os mais comuns, com formato de cordão que, quando disparados, perfuram e injetam toxinas paralisantes na presa; secretoras de muco, localizadas na epiderme; receptoras e nervosas, sendo que as células receptoras são numerosas nos tentáculos, dão origem aos processos neuronais e possuem um cílio sensorial. Já as células nervosas localizam-se na base da epiderme e na gastroderme, formando uma rede irregular que se concentra, particularmente, ao redor da boca. Os tipos celulares estão ilustrados na Figura 1.7.

A troca gasosa ocorre por toda a superfície do corpo, como também a eliminação de detritos (amônia), gerados durante a digestão, que inicia de forma extracelular, dentro da cavidade gastrovascular (celêntero) em que células enzimático-glandulares lançam enzimas proteolíticas que dissolvem o tecido da presa. O líquido formado é absorvido pelas células da gastroderme, onde a digestão se finaliza intracelularmente.

Figura 1.7 | Ilustração da composição da parede corporal de um cnidário polipoide

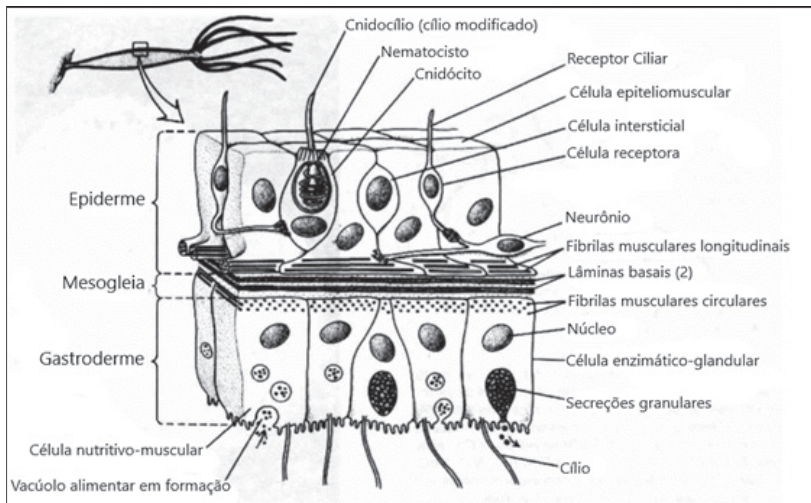


Ilustração da composição da parede corporal de um cnidário polipoide. Destaque para os diferentes tipos celulares que compõem a parede corporal.
 Fonte: Ruppert, Fox e Barnes (1996, p. 106).

Como dito inicialmente, os cnidários apresentam formas adultas distintas, o polipoide e o medusoide. O pólipoc ocorre em espécies de todas as classes de cnidários, possui forma tubular e a maioria com tamanho pequeno e simetria radial. São sésseis e se fixam ao substrato pelo disco pedal adesivo. Na extremidade superior e circundada por tentáculos se localiza a boca numa estrutura elevada (hipóstoma), em hidrozoários, ou num disco oral plano, em antozoários. A faringe possui um ou vários sulcos ciliados (sifonoglíficos) que conduzem a água para o celêntero, não compartimentalizada em hidrozoários.

As colônias são formadas por reprodução assexuada, sendo polimórficas em hidrozoários, constituídas por gastrozooides, que capturam o alimento; por dactilozooides, que garantem a defesa da colônia; e por gonozooides, responsáveis pela reprodução.

Em relação à forma medusoide, são livres, não formam colônias e não ocorrem apenas na classe Anthozoa. Além disso, possuem forma de sino, com a parte superior revestida pela epiderme (exumbrela),

e a parte inferior é revestida pela gastroderme (subumbrela), com a boca localizada no centro, em uma estrutura chamada manúbrio. O celêntero possui quatro canais radiais revestidos pela gastroderme e que se unem ao canal anelar, localizado ao redor da margem da umbrela. Os tentáculos ricos em cnidócitos se estendem a partir da margem, formando a vela, capturando animais planctônicos e peixes.

As medusas possuem, ainda, ocelos, células receptoras pigmentadas, e estatocistos, cujo estímulo parece inibir a contração muscular, auxiliando na estabilidade corporal da medusa.



Assimile

Classificação do filo Cnidaria

Classe Hydrozoa: compreende organismos conhecidos como hidras, são solitários ou coloniais, apresentando as formas polipoide (assexuada) e medusoide (sexuada) e vivem em ambientes marinho e de água doce. A forma medusoide pode estar ausente em algumas espécies. Exemplos: gêneros *Hydra*; *Obelia*; *Physalia*; *Tubularia*.

Classe Scyphozoa: os membros apresentam fase de pólipó reduzida ou ausente e são animais marinhos e solitários. As medusas não possuem véu e a mesogleia é aumentada. Exemplos: gêneros *Aurelia*; *Cassiopeia*; *Rhizostoma*.

Classe Cubozoa: seus representantes são marinhos e solitários, com a fase polipoide reduzida. Ainda, a forma medusoide é quadrada e sem véu. Exemplos: gêneros *Tripedalia*; *Carybdeia*; *Chironex*.

Classe Anthozoa: são todos polipóides marinhos, solitários ou coloniais e com fase medusoide ausente. Em adição, é dividida nas subclasses:

Zoantharia: cujos organismos possuem tentáculos não ramificados e mesentério aos pares. Seus principais representantes são as anêmonas-do-mar e os corais pétreos. Exemplos: gêneros *Tealia*, *Metridium*, *Anthopleura*;

Ceriantipatharia: compreende organismos com tentáculos não ramificados e mesentério não pareado. Seus principais representantes são os ceriantos e corais negros. Exemplos: gêneros *Cerinthus*, *Antipathes*, *Stichopathes*;

Alcyonaria: cujos membros possuem oito tentáculos e oito mesentérios não pareados, e seus principais representantes são os corais moles e corneus. Exemplos: gêneros *Alcyonium*, *Gorgonia*, *Tubipora*, *Plexaura*.

Fonte: adaptado de: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 258).

Filo Cnidaria: classes taxonômicas

Classe Hydrozoa

Compreende espécies marinhas e as únicas espécies de água doce. Possuem forma poliploide, medusoide ou ambas as formas durante seu desenvolvimento. Em comum, todas as espécies apresentam mesogleia acelular; gastroderme sem cnidócitos e gônadas epidérmicas. A forma corporal é sustentada pela água presente no celêntero, que atua como esqueleto hidrostático, e pela mesogleia, mais espessa na porção tubular e mais delgada nos tentáculos, que atua como esqueleto elástico.

Quando constituem colônias hidroides, os indivíduos podem apresentar uma camada quitinosa de sustentação no hidrocaule (região tubular do pólipo), circundada pela epiderme, denominada perissarco. Esta camada pode ainda cobrir a região da boca, formando a hidroteca, como ocorre em *Obelia* e *Campanularia*.

Os membros desta classe, representados na Figura 1.8A, podem ser hermafroditas ou dioicos (sexos separados) e, com exceção do que ocorre em *Aequorea*, todas as formas medusoides são geradas de forma sexuada. A fertilização dos ovos pelo esperma pode ocorrer no meio externo, na superfície do manúbrio ou no interior do corpo, originando uma larva planular que, após algumas horas ou dias, se fixará formando uma nova colônia. Nas espécies de água doce o estágio larval é ausente.

Apesar de algumas espécies apresentarem em seu ciclo de vida a geração de formas medusoides livre-natantes (gêneros *Obelia*, *Pennaria*, *Syncoryne*, entre outros), a maioria possui esta forma fixada no corpo do animal parental, atuando como um indivíduo sexualmente reprodutor, denominado de esporossaco.

Espécies como as pertencentes aos gêneros *Liriope* e *Aglaura* não apresentam a forma polipoide e a larva planular forma uma larva actinular, com formato hidroide e rastejante.

Membros das ordens Chondrophora e Siphonophora, pertencendo a este último o gênero *Physalia*, são conhecidos como caravela-do-mar. Trata-se de uma colônia constituída pelo pneumatóforo (flutuador em forma de saco e preenchido por gás semelhante ao ar) (Figura 1.8B). Ela possui tons de azul e cor de rosa e longos tentáculos carregados com nematocistos, causando envenenamento doloroso e bastante perigoso para nadadores. A reprodução ocorre por brotamento, e a nova geração permanece presa ao pneumatóforo.

O grupo dos hidrocorais, divididos nas ordens Milleporina, componente comum de recifes coralinos e com coloração amarelo-amarronzada, e Stylasterina, encontrada em mares temperados e tropicais, são poliploides com forma incrustante ou de crescimento vertical, com pólipos defensivos surgindo de poros no esqueleto, dando-lhes a denominação de corais-de-fogo.

Classes Scyphozoa e Cubozoa

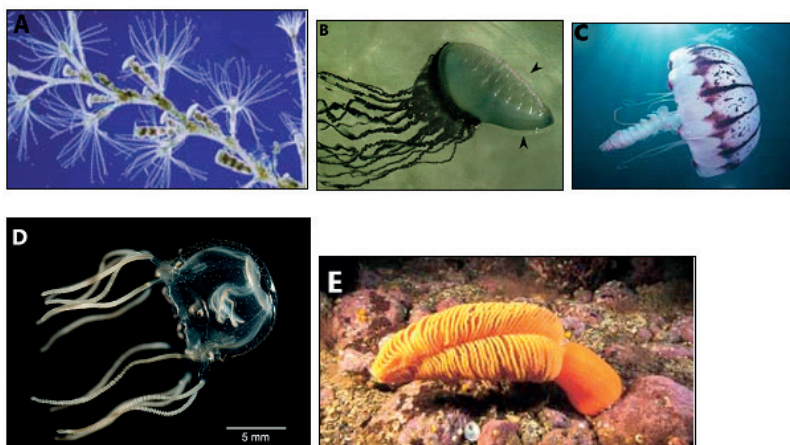
Essas são conhecidas como águas-vivas, com a forma medusoide dominante em seu ciclo de vida (Figura 1.8C e D), habitam águas costeiras e seus nematocistos podem causar lesões em banhistas na praia. O cubozoário *Chironex fleckeri*, conhecido como vespa-do-mar, possui tentáculos que podem atingir até dois metros e produzem toxinas altamente perigosas.

Os cifozoários não possuem vela e o manúbrio pode se estender em braços orais, contendo cnidócitos, que auxiliam na captura e ingestão das presas. O celêntero apresenta quatro bolsas, com septos contendo aberturas que auxiliam na circulação da água. A contração do sino é regulada pelos ropálios marginais, um aglomerado de neurônios e órgãos sensoriais localizados ao redor do sino.

Classe Anthozoa

Conhecidos como animais-flor, devido ao pólipo em forma de flor, os antozoários não apresentam forma medusoide e habitam águas profundas e rasas em mares polares e tropicais (Figura 1.8E). Os antozoários são divididos nas subclasses Zoantharia (ou Hexacorallia), que compreende as anêmonas-do-mar, os corais pétreos, entre outros; Ceriantipatharia, constituída por ceriantos e antipatários; e a subclasse Alcyonaria (ou Octocorallia) composta por corais moles e córneos, como os gorgônias.

Figura 1.8 | Cnidários representantes das classes Hydrozoa, Scyphozoa, Cubozoa e Anthozoa



Cnidários representantes das classes Hydrozoa, Scyphozoa, Cubozoa e Anthozoa. Hydrozoa: A) colônia de leptomedusa *Gonothyrea*; B) Colônia de caravela-do-mar *Physalia physalis* (as setas indicam o pneumatóforo); C) Scyphozoa: medusa *Pelagia*; D) Cubozoa: *Tripedalia cystophora*; E) Anthozoa: pena do mar, *Ptilosarcus*.
Fontes: A, B, D: Brusca e Brusca (2007, p. 220-221). C: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tripedalia_cystophora>. Acesso em: 4 set. 2017.

Pesquise mais

As anêmonas-do-mar exibem diversificada coloração e são encontradas nas regiões costeiras, especialmente em mares com águas mais quentes.

O texto indicado a seguir traz informações adicionais para seus estudos, com a descrição do grupo das anêmonas-do-mar e seus principais representantes na costa brasileira. Já o vídeo indicado possibilitará a

observação dos representantes do filo Cnidaria que você estudou ao longo desta seção:

GOMES, Paula Braga; MAYAL, Elga Miranda. Histórico dos estudos das Anêmonas-do-mar (CNIDARIA, ACTINIARIA) no Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 25, n. 1, 1997. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9fi6kGuNWtw>>. Acesso em: 13 set. 2017.

Corais zoantários

Conhecidos como corais verdadeiros ou pétreos, pertencem à ordem Scleractinia e vivem em taças calcáreas por eles secretadas, formando um exoesqueleto denominado teca. Apresentam celêntero dividido por septos em múltiplos de seis e tentáculos que circundam a boca, nos pólipos os celênteros são conectados pelo tecido que recobre toda a superfície do volumoso exoesqueleto.

Ceriantos e antipatários

Pertencem à subclasse Ceriantipatharia, sendo os ceriantos solitários que vivem em tubos construídos em sedimento mole com muco e organelas semelhantes a nematocistos (Figura 1.9A). Já os antipatários, também chamados de corais negros, possuem esqueleto córneo contendo espinhos, são coloniais e vivem fixados em substrato firme.

Corais alcionários

Considerados jardins submarinos por seus tons de amarelo, vermelho, laranja e roxo, os alcionários (Figura 1.9B), subclasse Octocorallia, possuem oito tentáculos e celêntero com oito septos completos não pareados. Eles são coloniais, e a comunicação entre os celênteros ocorre por meio dos solênios (tubos gastrodérmicos). O endoesqueleto é formado na mesogleia, aqui denominada de cenênquima, e constituído por espículas calcáreas, espículas fundidas, fibras córneas ou por uma combinação destes elementos.

Figura 1.9 | Ilustração de corais ceriantos, antipatários e alcionários

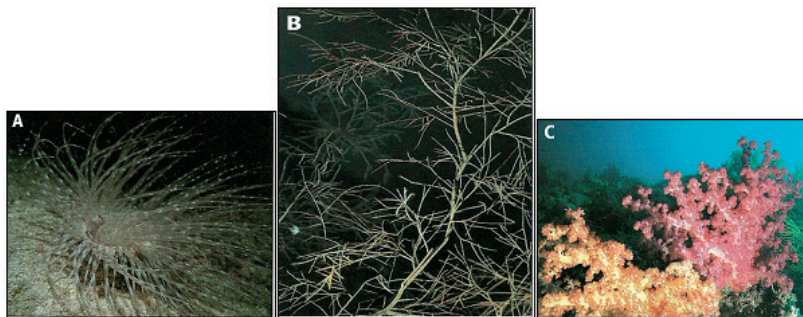


Ilustração de corais ceriantos, antipatários e alcionários. A) Ceriantário, com seus longos tentáculos marginais; B) Coral negro, colônia antipatária; C) Coral mole (*Dendronephthya* sp.), alcionário. Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 255-256).

Recifes coralinos

Presentes em águas rasas e tropicais são estruturas calcárias formadas principalmente por corais da ordem Scleractinia, responsáveis pela maior deposição de carbonato de cálcio e pelo limite de distribuição do recife, de acordo com as condições ambientais. Sua distribuição relaciona-se também com a intensidade de luz, havendo drástica diminuição das espécies em áreas mais profundas. Estas características permitiram o início de uma relação mutualística e vital entre os corais, que fornecem abrigo, luz e demais elementos para microalgas zooxantelas, que retribuem com matéria orgânica gerada no processo de fotossíntese.

Há três formas de recifes, de acordo com o substrato ao qual está inserido e sua estrutura: os recifes em franja, os mais comuns e que se projetam a partir do litoral em direção ao mar, circundando ilhas e terras continentais; recifes em barreira, que se separam da massa de terra pela formação de uma lagoa. O mais extenso recife em barreira possui mais de 1.600 quilômetros e se localiza da costa da Austrália; atóis, presentes em cumes de vulcões submersos, com formato circular ou oval formando lagoas na parte central e podendo emergir como pequenas ilhas.



Os recifes são importantes ecossistemas por abrigarem grande variedade de plantas e animais, com importância não apenas ecológica, mas também social e econômica (BRASIL, 2017), entretanto, ações humanas, como pesca predatória e processos que promovem o aquecimento global, estão afetando de forma irreversível a vida dos corais. A elaboração de ações governamentais é importante, contudo, a conscientização e mudança de hábitos da própria sociedade são essenciais. Por exemplo, você já se perguntou o porquê da proibição de se colher conchas de uma praia? Você pode indagar qual a relação disto com os recifes coralinos. A relação está no ato de retirar elementos importantes de seu meio natural, assim como os corais são retirados para a fabricação de souvenir e artesanatos.

Filo Ctenophora: estrutura e fisiologia

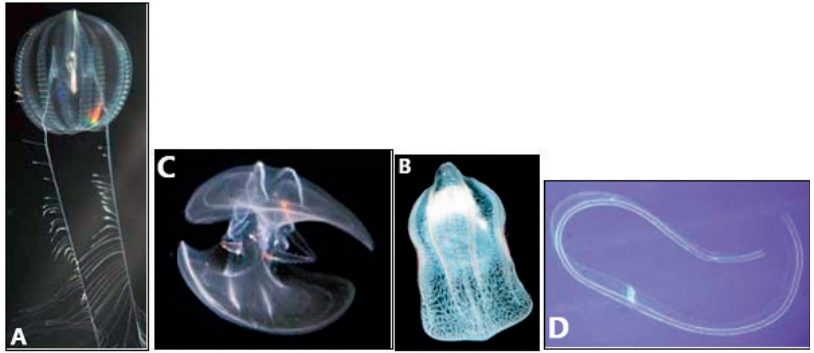
Os ctenóforos são conhecidos como nozes-do-mar e águas-vivas-de-pente e constituem um pequeno filo de animais de corpo transparente e gelatinoso que habita o ambiente marinho, constituindo a maior parte da biomassa planctônica. A Figura 1.10 ilustra exemplos de ctenóforos.

Notados por sua bioluminescência, possuem simetria radial e são diploblásticos, com aspectos semelhantes aos cnidários, como ausência de cavidade corporal entre o intestino e a parede do corpo e um sistema nervoso em rede.

A maior parte dos membros deste filo é livre-natante e, exceto pela espécie *Haeckelia rubra*, os ctenóforos não possuem nematocistos. Eles preferem águas calmas, nas quais podem permanecer com o corpo vertical e movem-se utilizando placas de pentes ciliados, com a boca direcionada para frente. Contudo, espécies do gênero *Cestum* utilizam também o movimento sinuoso do corpo para se locomover. Um tentáculo longo, ramificado e sólido se estende a partir de cada hemisfério aboral (distante da boca), sendo revestido pela epiderme contendo coloblastos (células adesivas). Os coloblastos possuem fibras com grânulos de material mucoide em sua extremidade, que se irradiam e se fixam na presa (demais animais planctônicos).

Canais birradiais surgem de uma cavidade estomacal central ligada à faringe longa, achatada e ciliada, que culmina na cavidade oral.

Figura 1.10 | Representantes do Filo Ctenofora



Representantes do Filo Ctenofora. A) *Pleurobrachia*, ordem Cydippida; B) *Beröe forskali*, ordem Beroida; C) *Mnemiopsis*, ordem Lobata; D) *Cestum*, ordem Cestida.
Fonte: Brusca e Brusca (2007, p. 270).

Filo Ctenophora: Reprodução

Os ctenóforos possuem grande poder de regeneração, podendo recuperar qualquer parte do corpo perdido e dando origem a um novo indivíduo a partir de fragmentos corporais. Processos de reprodução por fissão ou brotamento ainda não foram confirmados.

A maioria das espécies é hermafrodita, com os gametas sendo liberados pela boca e possibilidade de fertilização cruzada e autofertilização. Espécies que não apresentam o estágio larval (ordem Beroida) desenvolvem-se diretamente em adultos, porém com crescimento gradual.

A clivagem ocorre de forma total, birradial e bastante definida. A mesogleia e a musculatura originam de determinados micrômeros durante a gastrulação, havendo alguns autores que defendem que tais micrômeros sejam células da mesoderme, classificando os ctenóforos como animais triploblásticos. A gástrula se desenvolve na larva cidípídea, com estrutura ovoide ou esférica.



Exemplificando

O acentuado crescimento populacional da espécie *Mnemiopsis leidyi*, a partir da década de 1980, nos mares Negro e de Azov, provocou uma catástrofe econômica para o ramo da pesca, por se alimentarem de zooplâncton, pequenos crustáceos e ovos e larvas de peixes. Nas Américas, onde este ctenóforo foi introduzido pelas águas de lastro dos navios, o controle populacional é obtido pela introdução de predadores especializados.

Sem medo de errar

Você se recorda da descrição de Clarice durante seus mergulhos para catalogar espécies de invertebrados? Relembremos: “em outro local, pequeninas hidras sésseis, presas em seus substratos, movimentando seus tentáculos para a captura de alimento, enquanto ao redor medusas flutuavam como num *balé*.”

Agora que avançamos sobre as principais características dos radiatas, você está apto a solucionar a questão sobre o ciclo de desenvolvimento da classe Hydrozoa, na qual formas tão discrepantes pertencerem a um mesmo organismo. Ainda, tratando-se de invertebrados e, portanto, não possuidores tecidos de sustentação como ossos e cartilagem, como os cnidários mantêm sua forma corporal?

A classe Hydrozoa, assim como a maioria dos cnidários, apresenta desenvolvimento por alternância de geração, ou seja, em determinado momento podem desenvolver formas adultas, polipoides, que são sésseis e podem formar colônias hidroides. Possuem tentáculos com os quais imobilizam e conduzem a presa à boca, localizada na região superior, numa estrutura denominada hipóstomo; e medusoides, que são livre-natantes e não formam colônias. Possuem forma de sino, cuja parte superior se chama exumbrela e a parte inferior, subumbrela, contém a boca numa estrutura denominada manúbrio. Os tentáculos ao redor do corpo, na margem do sino, imobilizam e capturam o alimento, além de causar lesões em banhistas desavisados.

A forma corporal das hidras é mantida, principalmente, pela água presente no celêntero, ingerida durante a alimentação, que atua

como esqueleto hidrostático, e pela mesogleia, camada gelatinosa mais espessa na porção tubular (pedúnculo) e mais delgada nos tentáculos, atuando como esqueleto elástico.

Avançando na prática

Prejuízo no pesqueiro

Descrição da situação-problema

Você foi chamado para coordenar uma equipe para averiguar o motivo da considerável diminuição de peixes observada pelos pescadores na região do Rio Grande do Norte. Chegando ao local, os pescadores relataram o que vem acontecendo ao longo das últimas semanas. Vejamos o que disse o senhor Antônio Dias: "A gente sempre teve fartura de peixe nessa região. Nunca pudemos reclamar, mas de umas semanas para cá, os peixes estão sumindo! A quantidade não é mais a mesma. E quando puxamos as redes, sempre vem bastante pedaços de água-viva. Essa sim tem aos montes por aí. Elas estão afugentando nossos peixes". Imediatamente, você e sua equipe iniciam mergulhos para entender o que pode estar acontecendo. É então que você percebe que as águas-vivas mencionadas pelo senhor Antônio são, na verdade, ctenóforos diversos e abundantes! Diante desta observação, quais conclusões você pode destacar para a diminuição da quantidade de peixes no local? Estaria o senhor Antônio correto ao afirmar que as águas-vivas, que na verdade são ctenóforos, estão afugentando os peixes?

Resolução da situação-problema

Uma resposta plausível e imediata para a questão é que a presença abundante de ctenóforos pode estar causando um desequilíbrio do meio, pois estes animais se alimentam de plâncton e, quando este se encontra escasso, os ctenóforos, alimentam-se também de larvas de peixes e pequenos crustáceos. Portanto, é bastante provável que eles estejam se alimentando dos alevinos, causando a diminuição de peixes adultos, observada pelos pescadores.

Isto significa também que o senhor Antônio está incorreto ao afirmar que esses invertebrados estão “afugentando” os peixes, pois o que estão fazendo, na realidade, é se alimentando deles.

Faça valer a pena

1. Observe as sentenças a seguir:

- 1- Contém os cnidos, como os nematocistos que possuem formato de cordão e são disparados para injetar toxinas que paralisam a presa,
- 2- Consiste numa faringe ciliada e com vários sulcos, que conduzem a água para a cavidade gastrovascular (celêntero).
- 3- Estrutura formada por tentáculos que se estendem a partir da margem do sino, prontos para capturar o alimento.

De acordo com as descrições, as estruturas mencionadas referem-se a, respectivamente:

- a) Cnidócitos, Sifonoglifo, Vela.
- b) Cnidócitos, Vela, Subumbrela.
- c) Mesogleia, Vela, Subumbrela.
- d) Mesogleia, Cnidócitos, Subumbrela.
- e) Vela, Cnidócitos, Sifonoglifo.

2. Os recifes coralinos possuem algas microscópicas vivendo de forma mutualística nos celênteros. O fenômeno denominado “branqueamento dos recifes coralinos” é caracterizado pela perda ou morte destas algas, devido às alterações ambientais, muitas delas provocadas pela ação humana. Este fenômeno é um dos desastres naturais mais preocupantes.

A respeito deste fenômeno, leia atentamente as afirmativas:

I- A destruição de recifes compromete grande parte da cadeia alimentar marinha, pois eles servem de abrigo e locais de reprodução para várias espécies marinhas.

II- As microalgas, que vivem de forma mutualística em cnidários, fornecem matéria orgânica, devido à fotossíntese, e recebem em troca abrigo e elementos necessários para a fotossíntese.

III- Considerando que a relação seja mutualística, os corais não sobrevivem sem as algas em seu interior.

Assinale a alternativa que contenha a resposta correta:

- a) Somente as afirmativas I e II estão corretas.
- b) Somente as afirmativas II e III estão corretas.

- c) Todas as afirmativas estão corretas.
- d) Somente a afirmativa I está correta.
- e) Somente as afirmativas I e III estão corretas.

3. Mesmo sendo transparentes, provocamos lampejos nas águas calmas e noturnas dos oceanos. Desfilamos variados tamanhos e formatos. Meus tentáculos possuem células que irradiam fibras contendo muco em sua extremidade, prendendo meu alimento e em meu corpo há placas de pentes ciliados que promovem meu movimento. Entretanto, alguns de nós se locomovem também por movimentos sinuosos que realizam com o corpo. Carnívoros vorazes, predamos desde animais planctônicos a pequeninos peixes. Somos capazes de regenerar qualquer parte perdida de nosso corpo e nossas larvas, com formato ovoide ou esférico, resultam da reprodução sexuada.

Assinale a alternativa que apresenta o Filo ao qual pertencem esses animais e o nome correto da estrutura, do gênero e da forma larval, respectivamente, descritos nos trechos assinalados.

- a) Filo Ctenophora; nematocistos; *Ptilosarcus*; Cidipídea.
- b) Filo Ctenophora; coloblastos; *Haeckelia*; Planular.
- c) Filo Ctenophora; epteliomuscular; *Stomphia*; Cidipídea.
- d) Filo Ctenophora; nematocistos; *Stomphia*; Planular.
- e) Filo Ctenophora; coloblastos; *Cestum*; Cidipídea.

Seção 1.3

Nemertea

Diálogo aberto

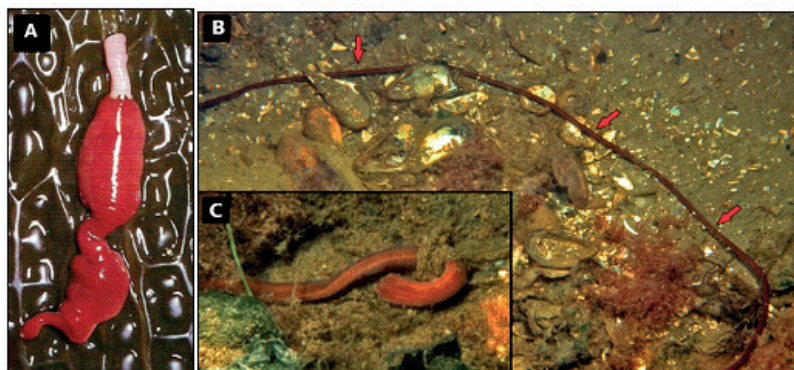
Nesta terceira seção, vamos explorar os curiosos nemertinos. Você se lembra de que Clarice se confundiu ao classificar como platelminto um indivíduo do Filo Nemertea? Isto aconteceu devido à semelhança corporal que alguns animais compartilham e que pode nos conduzir a uma incorreta classificação. Felizmente, este equívoco foi corrigido pela bióloga durante análise mais detalhada, na qual observou que a probóscide (órgão para a captura do alimento) do animal repousava livre no rincolece, um celoma especializado, separada do trato digestivo. Entretanto, esta é apenas uma das características deste pequeno filo. Quais outras características morfológicas você, como biólogo responsável pela identificação de invertebrados marinhos, acrescentaria para a classificação correta de um nemertino?

Não pode faltar

Estrutura e locomoção dos nemertinos

Composto pelas classes Enopla, que compreende espécies com probóscide armada com estilete e a boca abrindo em frente ao encéfalo; e Anopla, com espécies que possuem probóscide sem estilete e a boca abrindo abaixo ou posteriormente ao encéfalo, o Filo Nemertea possui organismos semelhantes aos vermes achatados. Entretanto, os nemertinos possuem corpo mais alongado, espesso e com tamanho variando entre milímetros (exemplo: *Amphiporus*, classe Enopla) a metros, como ocorre no gênero *Cerebratulus*, da classe Anopla. A extremidade anterior do corpo é pontiaguda ou espatular e alguns indivíduos são anelados, dando a aparência de possuírem o corpo segmentado. A Figura 1.11 ilustra espécies das classes que compõem o filo.

Figura 1.11 | Nemertinos representantes das classes Enopla e Anopla



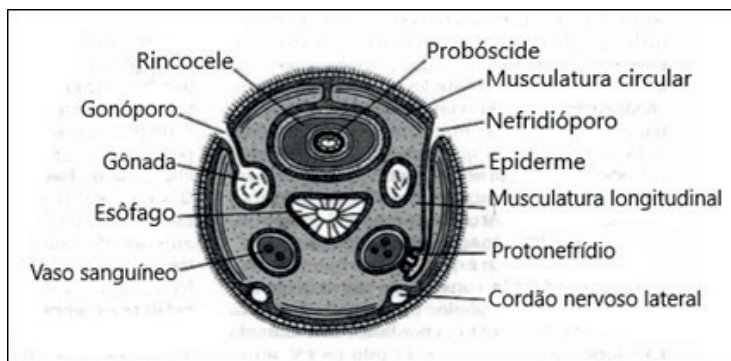
Nemertinos representantes das classes Enopla e Anopla. A) Enopla: *Amphiporus*. Detalhe para a probóscide (branca) inicialmente evertida; B) Anopla: *Lineus longissimus* (setas) e foto aumentada em C.

Fontes: A: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 281); B: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Nemertea>>. Acesso em: 15 set. 2017.

Muitos nemertinos possuem cor pálida, mas espécies de regiões mais profundas apresentam cores vibrantes em tons de vermelho, laranja ou amarelo. O corpo é recoberto por epiderme sem cutícula, contendo células ciliadas com microvilos. Abaixo da epiderme há a lâmina basal e uma camada de tecido conjuntivo contínuo ao do restante do corpo. A musculatura é composta por músculos lisos circulares e longitudinais, podendo haver também músculos dorsoventrais e radiais (Figura 1.12). Além disso, alguns nemertinos podem se movimentar por ondulações devido ao bom desenvolvido tecido muscular dorsoventral.

Os cílios epidérmicos promovem o deslizamento sobre um rastro de limo, secretado pelas glândulas cefálicas, enquanto escavadores, como dos gêneros *Carinoma*, *Cerebratulus* e *Zygeupolia* movem-se também por meio de peristaltismo (movimento por contrações musculares), em que a rincocela (celoma especializado), preenchida com o fluido do aparelho da probóscide, atua como um hidrôstato. Também há alguns indivíduos que protraem a probóscide, fixando-a sobre um substrato e puxando o corpo na direção da posição de fixação.

Figura 1.12 | Corte transversal do corpo de um nemertino



Corte transversal do corpo de um nemertino. Destaque para as camadas de tecido muscular circular e longitudinal abaixo da epiderme que reveste todo o corpo.

Fonte: Ruppert, Fox e Barnes (1996, p. 261).



Assimile

O pequeno Filo Nemertea, também chamado Rhynchocoela, compreende animais de corpo alongado e, geralmente, achatado, sendo também conhecidos como vermes-fita. São acelomados, apesar de indícios que apontam a ríncocele como um celoma verdadeiro. Podem ser encontrados em águas doces e em ambientes terrestres, mas a maioria é marinha. Apesar de algumas espécies habitarem regiões profundas, a maioria habita águas rasas, escavando tubos revestidos por muco na areia ou se abrigando em algas e rochas, ou ainda em relações ectossimbiotes (quando o organismo simbiote vive sobre o corpo de seu hospedeiro) em caranguejos, na cavidade do manto de moluscos ou no átrio de espécies de tunicados.

Sistema digestório, transporte interno e excreção dos nemertinos

Nutrição e sistema digestório

O aparelho da probóscide é a característica mais importante deste filo, cuja abertura ocorre por um poro que conduz ao ríncocele, um canal que se estende até o nível do cérebro. As paredes do ríncocele e da probóscide são semelhantes ao da parede corporal, devido à origem embrionária por invaginações ectodérmicas.

A probóscide é um longo tubo, geralmente enrolado, que repousa livre na ríncocele, uma cavidade celomática preenchida por fluido, ao contrário de outros animais que possuem este órgão interligado

ao trato digestivo. Sua região posterior é cega e fixada ao dorso da rincocela por meio do músculo retrator, e em alguns nemertinos pode ter um formato simples ou ramificado. Em membros da classe Enopla a probóscide tornou-se especializada, sendo armada com o estilete (farpa calcária) ancorado em sua parede por uma estrutura bulbosa secretada, denominada base. No local de fixação do estilete pode haver estiletos reservas para repor o principal, caso haja perda durante a alimentação.



Pesquise mais

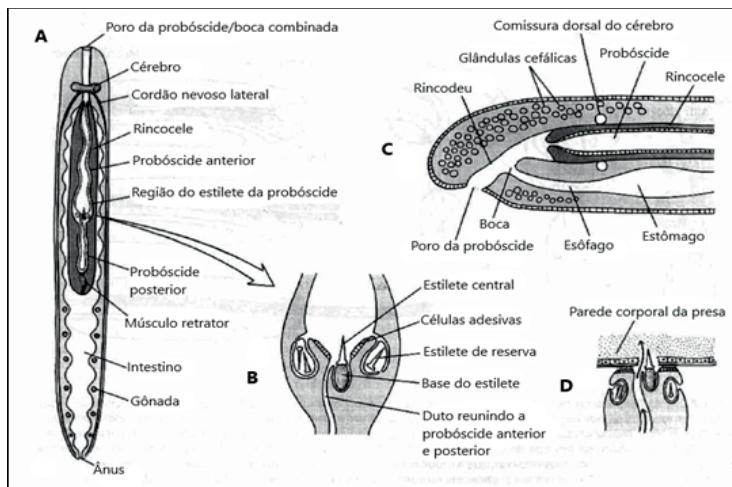
Conheça o histórico dos nemertinos no litoral brasileiro através do seguinte e-book (páginas 85-96):

AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H. **Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do litoral norte de São Paulo sudeste do Brasil**. Campinas : UNICAMP-IB, 2011. ISBN: 978-85-85783-24-2. Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/biblioteca/pubdigitais>>. Acesso em: 7 set. 2017.

Assista ao processo de eversão e retração da probóscide de um nemertino acessando ao vídeo: <<https://www.youtube.com/watch?v=ez4I514IBb8>>. Acesso em: 7 set. 2017.

A boca, localizada na região ventral anterior, conecta-se ao intestino anterior (composto pela cavidade bucal, esôfago e estômago glandular) que, por sua vez, se conecta ao intestino longo e contém divertículos laterais, abrindo-se ao ânus localizado na extremidade posterior do corpo. Entretanto, algumas poucas espécies armadas não possuem boca e o esôfago se abre no rincocel. Além disso, alguns bdelonemertinos (comensais) não possuem rincocel e a probóscide se abre na parede anterior do intestino. A Figura 1.13 ilustra a estrutura corporal dos nemertinos armados.

Figura 1.13 | Estrutura corporal de nemertino armado



Estrutura corporal de nemertino armado. Detalhe para os estiletes central e reservas (B) e para a abertura da boca anterior e logo abaixo do poro da proboscide (C).
 Fonte: Ruppert, Fox e Barnes (1996, p. 264).

Os nemertinos se alimentam de pequenos crustáceos e anelídeos, capturando-os com a proboscide que se everte pela pressão muscular causada pelo fluido contido na rincocelo. A proboscide se enrola no corpo da presa liberando toxinas que a imobilizam e, no caso de nemertinos armados, o estilete faz perfurações na presa, injetando secreção tóxica. Por fim, a presa imobilizada é trazida para a boca pela ação do músculo retrator ligado à proboscide.

A digestão se inicia de forma extracelular no intestino, onde o conteúdo absorvido pelo revestimento celular intestinal passa para a corrente sanguínea, e finaliza no interior de células fagocitárias. A excreção das partes não digeríveis é feita pelo ânus.

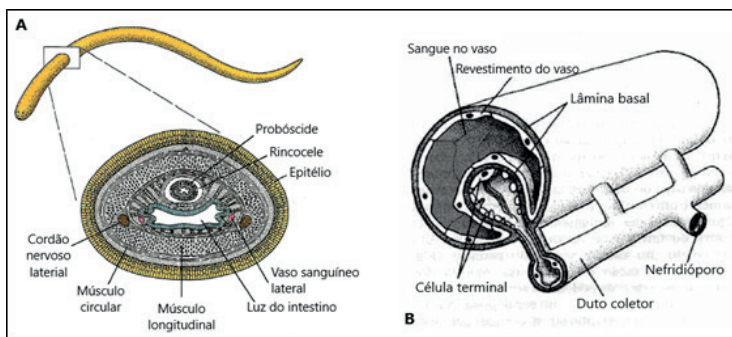
Os anelídeos deixam muco no substrato ao se locomoverem, que serve de rastro para nemertinos famintos. Esta técnica de secreção de muco para a locomoção é também realizada pelos nemertinos, servindo também de trilha para o retorno aos seus respectivos buracos. Algumas espécies de Carcinonemertes podem causar prejuízos econômicos por se alimentarem de ovos incubados de caranguejo.

Circulação, excreção e respiração

O sistema vascular dos nemertinos é fechado e simples, composto por um vaso dorsal e dois laterais conectados a vasos transversais (Figura 1.14A). O coração é ausente e o bombeamento do sangue, normalmente incolor e contendo corpúsculos nucleados, é realizado pela parede muscular dos vasos sanguíneos e pelo movimento corporal.

A respiração ocorre por toda a superfície corporal e o sistema excretor é composto por um ou mais protonefrídeos contendo várias células-flama (ou célula excretora terminal) ciliadas e com formato alongado, e um nefridiôporo em cada lado do intestino anterior (Figura 1.14B). As excretas são recolhidas do espaço parenquimático e do sangue pelas células-flama e conduzidas ao exterior, por meio dos nefridiôporos.

Figura 1.14 | Sistemas circulatório e excretor em nemertinos



Sistemas circulatório e excretor em nemertinos. A) Sistema circulatório. Destaque para os vasos sanguíneos dispostos nas laterais e próximos aos cordões nervosos e parede intestinal. B) Sistema excretor. Observe a célula terminal (célula-flama) ciliada que promove e passagem das excretas do sangue para o duto coletor, sendo eliminadas pelo nefridiôporo.

Fonte: A: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 282); B: Ruppert, Fox e Barnes (1996, p. 267).



Exemplificando

Os protonefrídios, que consistem em túbulos ramificados contendo um poro (nefridiôporo) numa extremidade e uma célula terminal na outra, são considerados análogos funcionais primitivos ao túbulo renal dos vertebrados. Nos invertebrados os protonefrídeos podem também auxiliar na osmorregulação, especialmente em espécies de água doce e terrestre.

Sistema nervoso dos nemertinos

Os nemertinos possuem um sistema nervoso formado pelo cérebro, composto por quatro gânglios que circundam a rincecele anterior ou o rinceodeu; por um par de cordões nervosos laterais e, frequentemente, por vários nervos longitudinais e um cordão dorsal. Estes animais podem suportar ambientes anóxicos devido à presença de hemoglobina nos cordões nervosos e no cérebro, provendo o oxigênio necessário.

Apresençadeórgãossensoriais, comoosórgãoscerebrais, constituídos de dois canais ciliados associados ao cérebro e que conduzem às fendas ou sulcos cefálicos, podem auxiliar na osmorregulação.

Reprodução, regeneração e desenvolvimento dos nemertinos

Os nemertinos tendem a se fragmentar quando expostos a situações de estresse, sendo capazes de se regenerar, com potencial variável, de acordo com a espécie. Algumas espécies, como a do gênero *Lineus*, podem se reproduzir de forma assexuada por meio da regeneração de partes fragmentadas. Em adição, a probóscide também pode se destacar do corpo, quando evertida durante a captura do alimento, sendo rapidamente regenerada.

Entretanto, a forma mais comum é a reprodução sexuada, com a maioria dos nemertinos dioicos e com sistema reprodutivo simples. Os gametas se desenvolvem de células precursoras que se agregam formando as gônadas, que se intercalam com os divertículos intestinais, formando uma fileira em cada lado do corpo. Após a maturação, os gametas são liberados na água ou dentro dos buracos, em cordões gelatinosos, para que ocorra a fertilização externa. O desenvolvimento é direto, ou seja, sem estágio larval, e a clivagem embrionária é em espiral. A rincecele deriva da mesoderme sendo, portanto, uma cavidade celômica, mas sem homologia aos demais filos. A única ordem que apresenta estágio larval é a dos heteronemertinos, cuja larva denominada pilídio possui formato de capacete e um conjunto de cílios apicais. Os pilídios são livre-natantes e passam por uma complexa metamorfose até se tornarem vermes jovens.

Filogenia dos nemertinos

Acredita-se que os nemertinos tenham origem em um ancestral acelomado, comum entre os platelmintos. Sendo assim, zoólogos acreditam que os nemertinos sejam os primeiros animais a possuir sistema sanguíneo, associado ao excretor, e celomados, mesmo esta estrutura tendo o formato de uma rincecele. Contudo, estudos em sistemática estrutural e molecular apontam os nemertinos como celomados derivados e não avançados, como se acreditava, devido a aspectos como ausência de parênquima, probóscide não relacionada a dos platelmintos, presença de epiderme ciliada e de protonefrídeos. Ainda, estudos envolvendo sequências de RNA ribossomal de platelmintos, nemertinos e outros animais celomados sugerem que os nemertinos sejam intimamente relacionados aos celomados e remotamente relacionados aos platelmintos.



Refleta

As técnicas que utilizam informações moleculares, como sequências de DNA e de RNA, demonstram que características morfológicas não são completamente suficientes para a classificação ou, principalmente, para a determinação filogenética de um indivíduo, assim como foi exposto no texto anteriormente, em que os nemertinos são considerados, filogeneticamente, mais relacionados aos animais celomados (por exemplo, um anelídeo, um cachorro, os seres humanos) do que aos platelmintos (também conhecidos como vermes achatados). Serão os resultados destas técnicas, por si só, superiores aos aspectos morfológicos e fisiológicos para a classificação e mesmo para o entendimento da evolução e origem das espécies?

Sem medo de errar

Vimos no início desta seção que Clarice classificou como platelminto um indivíduo do filo Nemertea, devido à semelhança corporal, porém, a bióloga percebeu seu equívoco ao observar que a probóscide repousava livre na rincecele e, portanto, separada do trato digestivo, característica dos nemertinos. Contudo, há outras características associadas a este filo e que você, agora, está apto a descrever.

Os nemertinos possuem o corpo revestido pela epiderme, sem cutícula, contendo células ciliadas e glandulares; o sistema digestório é completo, ou seja, possui boca e ânus; o sistema circulatório fechado possui dois ou três troncos longitudinais; a musculatura da parede corporal é composta por camadas de músculo circular e longitudinal, auxiliando no sistema locomotor, que também ocorre pelo deslizamento sobre uma trilha de muco secretada; são acelomados, apesar de haver indícios de que a rincocele seja um celoma verdadeiro; o sistema nervoso compreende quatro gânglios e cordões nervosos longitudinais conectados aos medianos dorsal e ventral; o sistema excretor é formado por dutos que se ramificam em células-flama; a respiração ocorre por toda a superfície corporal. Há várias outras características, porém, podemos dizer que estas são as de maior destaque.

Avançando na prática

Um verme extraterrestre

Descrição da situação-problema

Com a disponibilização e acesso à internet facilitado, atualmente, a maioria das pessoas tem contato com um montante de informações muitas vezes duvidosas ou mesmo ilegítimas. Maurício é professor de Biologia em uma escola de ensino básico e, na última aula, sua aluna Ana lhe trouxe, como ela mesma definiu, uma novidade alarmante: vermes extraterrestres habitam a Terra. A aluna assistiu a um vídeo que mostrava o verme rastejando sobre a areia de uma praia e, ao ser tocado, lançava uma gosma pegajosa e mortal, dizendo a população de caranguejos e colocando em risco os banhistas do local. O professor Maurício pediu então que a aluna mostrasse o referido vídeo para que pudesse analisar o conteúdo, suspeitando ser algo totalmente irreal e inventado, para diversão de seus autores. Entretanto, ao assistir ao vídeo, o professor percebeu tratar-se de um animal real: um nemertino. Considerando o conteúdo que você estudou sobre o Filo Nemertea, estão corretas as informações que o vídeo traz a respeito destes animais? Como você, sendo um professor, explicaria a verdadeira identidade da referida gosma pegajosa para a aluna?

Resolução da situação-problema

Inicialmente, como professor, é preciso informar ao aluno que o vídeo apresenta um animal verdadeiro, porém, não se trata de um extraterrestre, mas de um nemertino. Os nemertinos são popularmente conhecidos como vermes-fita e habitam ambientes marinhos, em sua maioria, mas também há espécies de água doce e terrestres. Entretanto, são animais completamente inofensivos para a saúde humana, uma vez que a "gosma pegajosa" é, na realidade, sua probóscide. A probóscide é um órgão especializado para a captura de alimento dos nemertinos e, como eles não possuem olhos, utilizam o tato para ejetar este órgão, o qual se enrolará no corpo da presa, imobilizando-a. Apesar de a probóscide ejetar toxinas que auxiliam na imobilização das presas, os nemertinos não conferem preocupação para os banhistas do local, pois são mortais apenas para demais invertebrados que lhes servem de alimento. Já em relação aos caranguejos o vídeo não está completamente equivocado, pois devido ao fato de os nemertinos se alimentarem também de ovos de caranguejo, em regiões em que a quantidade destes animais se eleva, pode ocorrer um desequilíbrio populacional de caranguejos.

Faça valer a pena

- 1.** Os nemertinos são considerados animais acelomados, mesmo apresentando uma cavidade com indícios de ser um celoma verdadeiro. Esta cavidade contém a probóscide, órgão utilizado essencialmente para a alimentação, mas que também pode ser utilizado para a locomoção. Assinale a alternativa que apresenta o nome correto da cavidade em questão.
a) Rincodeu.
b) Intestino anterior.
c) Esôfago.
d) Rincocele.
e) Boca.
- 2.** A excreção nos nemertinos ocorre com o auxílio de células que possuem um tufo de cílios apical e que auxiliam na remoção de dejetos, a partir do sistema circulatório para dutos que se encerram em poros, por onde o material é lançado para o meio externo.

Assinale a alternativa que contenha a identificação da célula e dos poros, respectivamente, citados na afirmação.

- a) Célula ciliar e nefrídios.
- b) Célula-flama e nefrídios.
- c) Célula terminal e ânus.
- d) Célula ciliar e ânus.
- e) Célula-flama e nefridióporo.

3. Trata-se de uma estrutura calcária e pontiaguda, que faz parte do aparelho da probóscide de algumas espécies de nemertino, que por esta razão, denominam-se nemertinos armados. Algumas vezes esta estrutura pode ser perdida, mas não tem problema, pois existem outras reservas para substituí-la.

De acordo com o texto, assinale a alternativa que contenha a qual estrutura se refere e qual sua principal função.

- a) Probóscide, captura de alimento.
- b) Célula-flama, excreção.
- c) Rincodeu, digestão.
- d) Estilete, perfuração do corpo da presa.
- e) Probóscide, perfuração do corpo da presa.

Referências

- AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H. **Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do litoral norte de São Paulo**, Sudeste do Brasil. Campinas: UNICAMP-IB, 2011. ISBN (e-book): 978-85-85783-24-2. Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/biblioteca/pubdigitais>>. Acesso em: 7 set. 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Recifes de coral**. 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha/recifes-de-coral>>. Acesso em: 5 set. 2017.
- BRUSCA, R.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2007. 968 p.
- CERQUEIRA, M. Novo estudo sugere que as esponjas não são os animais mais antigos do mundo. **Jornal Ciência**. 2016. Disponível em: <<http://www.jornalciencia.com/novo-estudo-sugere-que-as-esponjas-nao-foram-os-primeiros-animais-do-mundo/>>. Acesso em: 30 ago. 2017.
- GOMES, P. B.; MAYAL, E. M. Histórico dos estudos das anêmonas-do-mar (Cnidaria, Actiniaria) no Brasil. **Tropical Oceanography**, v. 25, n. 1, 1997.
- HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2004. 846 p.
- NEVES, D. P. **Parasitologia humana**. 11. ed. São Paulo: Atheneu, 2004. 494 p.
- RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996. 1029 p.
- SAMPEDRO, J. O ser humano provoca a sexta extinção em massa do planeta. **El País**, Madri, 24 jul. 2014. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2014/07/24/sociedad/1406224017_140906.html>. Acesso em: 29 ago. 2017.
- SARMENTO, F.; CORREIA, M. D. Descrição de parâmetros ecológicos e morfológicos externos dos poríferos no recife de coral da Ponta Verde, Maceió, Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Zociências**. v. 4, n. 2, p. 215-226, 2002.

Filo Platyhelminthes, Pseudocelomados e Nematoda

Convite ao estudo

Prezado aluno, bem-vindo a esta nova unidade de estudo! Uma das mais belas interações entre indivíduos de uma mesma população é a de ensino/aprendizagem. Para a espécie humana, essa interação inclui, além de questões básicas como alimentação e defesa, o ensino escolar. Neste aspecto, a formação em Ciências Biológicas confere ao profissional aptidão para a transmissão de conhecimento em diferentes áreas, como saúde pública e veterinária, conservação e planejamento ambiental e saneamento, seja para a comunidade ou para os alunos do ensino básico ao superior.

Nesta unidade, você aprenderá sobre os principais aspectos morfofisiológicos dos grupos de animais platelmintos, pseudocelomados e nematoides. Verá também que muitos deles podem causar doenças em humanos e outros animais, e conhecerá os ciclos de transmissão das principais espécies. O estudo deste conteúdo e a busca por informações adicionais, em fontes confiáveis, capacitará "você a se tornar um "disseminador de conhecimentos" competente. Sim, um bom professor deve saber transmitir os conteúdos de acordo com a necessidade de cada público, ajustando o linguajar e a informação, para que todos possam compreender e aprender de forma plena. E para você se familiarizar com situações que poderá vivenciar em sua carreira docente e praticar as habilidades adquiridas neste estudo, apresentamos a situação hipotética. Vamos começar?

Júlio é biólogo e professor no ensino superior e compreende bem a importância da transmissão para a população do conhecimento científico, gerado nas universidades. O professor desenvolve projetos de extensão em escolas de ensino básico,

como o intitulado "O Jeca não é assim. Ele está assim", no qual abordou sobre a ancilostomíase, uma doença conhecida como amarelão. Além do grande potencial das crianças de interiorizar e praticar o aprendizado, um caso em especial fez o professor refletir sobre o deficiente conhecimento das comunidades sobre questões biológicas. Trata-se de Miguel, durante uma exposição sobre nematomorfos, vermes filamentosos, o garoto, eufórico, relatou já conhecê-los: "Eles nascem da crina e da cauda dos cavalos! Já vi estes vermes no cocho de água dos animais lá do sítio!". A partir deste relato, Júlio decidiu criar um projeto voltado para a comunidade. E, por se tratar de uma comunidade ribeirinha (estabelecida às margens de um rio), o professor decidiu que o primeiro tema abordado será a esquistossomíase, conhecida como barriga-d'água ou esquistossomose. Contudo, é preciso cuidado sobre a escolha e forma de transmissão das informações para que todos as compreendam. Dessa forma, Júlio precisa estabelecer quais aspectos morfofisiológicos são essenciais para a compreensão básica do ciclo de transmissão do *Schistosoma mansoni*, para que os moradores se tornem aptos a reconhecer situações de risco e a tomar medidas preventivas no seu dia a dia.

Seção 2.1

Platyhelminthes

Diálogo aberto

Como vimos, o professor Júlio tem um grande desafio em mãos, que é criar projetos que levem à comunidade leiga informações biológicas e científicas, com o objetivo de aprimorar o padrão de vida local. O primeiro tema escolhido pelo professor foi a esquistossomíase, devido ao fato da comunidade ser ribeirinha e, portanto, com elevado risco de ocorrência dessa doença. O objetivo central é tornar a população capaz de reconhecê-la e de se proteger em situações de risco, compreendendo seu ciclo de transmissão. Entretanto, o professor Júlio precisa da sua ajuda para elaborar este projeto. Como você descreveria o ciclo de vida do *Schistosoma mansoni* e os principais meios de infecção humana?

A capacidade de transformar o linguajar científico em popular sem, entretanto, perder o profissionalismo, requer amplo e profundo conhecimento do assunto em questão. Ao discorrer sobre o ciclo de vida do tremátode *S. mansoni* e as principais características morfológicas de seu hospedeiro, você estará ampliando e reafirmando seu conhecimento. Isto aprimorará seu desempenho ao lecionar, seja para uma classe de alunos, seja para a comunidade de seu bairro ou cidade.

Nesta seção, apresentamos a você o Filo *Platyhelminthes*, popularmente conhecido como filo dos vermes achatados, dos quais várias espécies são agentes etiológicos e causam doenças no homem e demais animais. Assim, além dos principais aspectos morfológicos e fisiológicos de cada classe desse filo, você aprenderá também sobre o ciclo de vida das principais espécies parasitas. Vamos começar? Mãos à obra!

Não pode faltar

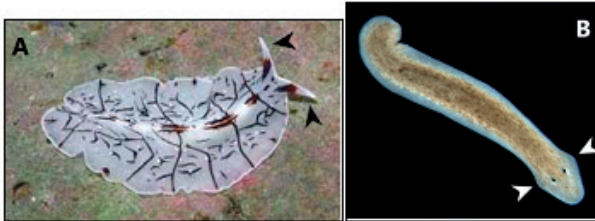
Os platelmintos são animais bilaterais triploblásticos acelomados e conhecidos como vermes chatos, por geralmente possuírem o corpo dorsoventralmente achatado, e provavelmente possuem ancestrais com características semelhantes às do filo *Cnidaria*,

devido à presença de estruturas como o parênquima mesodérmico, similar à mesogleia dos cnidários.

Classe turbellaria

Os turbelários, com formas ovais a alongadas e corpo dorsoventralmente achatado, possuem projeções na cabeça em forma de tentáculos dorsais ou marginais (Figura 2.1A) ou então aurículas laterais (Figura 2.1B). De maioria pequena, podem variar desde tamanhos microscópicos até 60 cm, como em *Rimacephalus arecepta*. Predominantemente de ambiente marinho, alguns ainda habitam regiões bentônicas de lagos, lagoas, correntes e fontes, ou terrestres, sob troncos e húmus de folhas. Eles possuem complexidade interna considerável e estão distribuídos em nove ordens, resumidas quanto às principais características na Tabela 2.1.

Figura 2.1 | Projeções típicas presentes em espécies de turbelários



Fonte: A) Polycladida *Eurylepta californica*. Setas indicam os tentáculos; B) Tricladida *Dugesia subtentaculata*. Setas indicam as aurículas.

Fonte: A) Brusca e Brusca (2007, p. 287). B). Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dugesia_subtentaculata_1.jpg>. Acesso em: 3 out. 2017.

O corpo é revestido por epiderme sincicial (no qual os limites celulares estão ausentes ou parcialmente presentes), sem cutícula, contendo cílios e microvilos. A sustentação corporal ocorre por filamentos de actina (teia terminal), entretanto, acelos e nemertodermatídeos possuem também radículas ciliares (fibras que ancoram os cílios). As fibras musculares são geralmente lisas, com a formação de musculatura longitudinal interna e circular externa e, em alguns turbelários grandes, musculatura diagonal e dorsoventral. A locomoção é diversa, podendo ser por movimento ciliar, rastejamento, ondulações corporais, retração ou extensão corporal, entre outros.

Tabela 2.1 | Principais características das ordens de turbelários

Ordem	Principais características
Nemertodermatida	- Sistema reprodutor arcoóforo; marinhos; pequenos; faringe simples (quando presente).
Acoela	- Sistema reprodutor arcoóforo; marinhos; pequenos; faringe simples (quando presente).
Catenulida	- Sistema reprodutor arcoóforo; maioria de água doce; pequenos; faringe simples.
Macrostomida	- Sistema reprodutor arcoóforo; marinhos e água doce; pequenos; faringe simples.
Polycladida	- Sistema reprodutor arcoóforo; marinhos; grandes; faringe dobrada ou pregueada.
Proseriata	- Sistema reprodutor neoóforo; marinhos; pequenos; faringe dobrada ou pregueada.
Tricladida	- Sistema reprodutor neoóforo; marinhos, água doce e terrestre; grandes (Planárias); faringe dobrada ou pregueada.
Rhabdocoela	- Sistema reprodutor neoóforo; marinhos e água doce; pequenos; faringe bulbosa.
Temnocephalida	- Sistema reprodutor neoóforo; água doce; pequenos (Ectossimbiontes); faringe bulbosa.

Fonte: adaptada de Ruppert, Fox e Barnes (1996, p. 210) e Brusca e Brusca (2007, p. 286-289).

Na epiderme existem várias células glandulares que promovem secreção de muco, adesão (em conjunto com cílios adesivos e ventosas musculares), entre outras funções. O muco, liberado na forma de bastão recoberto por uma membrana (rabdoide), dissolve-se na superfície. Entre os tipos de rabdoides, o mais comum é o rabdito, constituído por ultraestrutura em camadas.



Assimile

O parênquima dos turbelários é geralmente formado por células mesenquimais e matriz fibrosa. Nos acelos, a matriz é ausente, enquanto que nos catenulidas de água doce, a matriz dá origem à pseudocele, importante para o transporte interno e sustentação corporal. Entre as células que compõem o parênquima estão as de reposição epidérmica, que repõem células epidérmicas danificadas; neoblastos, importantes na cicatrização e regeneração; e célula parenquimal fixa, com provável função integradora na fisiologia dos turbelários.

O sistema digestório dos turbelários é tipicamente um saco cego, cuja boca serve para ingestão e egestão. A parede intestinal possui camada única, composta por células fagocitárias e glandulares, sendo ciliada apenas nas ordens macrostomida, catenulida e em alguns policládios, e podendo apresentar ramificações em turbelários maiores. São predominantemente carnívoros, e se alimentam de invertebrados, capturados pela probóscide com ponta adesiva ou armada com ganchos, ou pelo pênis armado com estilete e projetado através da boca. Entretanto, alguns acelos, policládios e macrostomídeos se alimentam principalmente de algas diatomáceas.

A respiração e a excreção (amônia) ocorrem por toda a superfície corporal e os nutrientes são transportados por difusão e ainda há um sistema de protonefrídios que realiza a osmorregulação dos turbelários. Em geral, o sistema nervoso consiste em um cérebro anelar subepidérmico, a partir do qual se estendem vários cordões nervosos pelo corpo, e ocelos (olhos em taça pigmentar) sensíveis à luz.



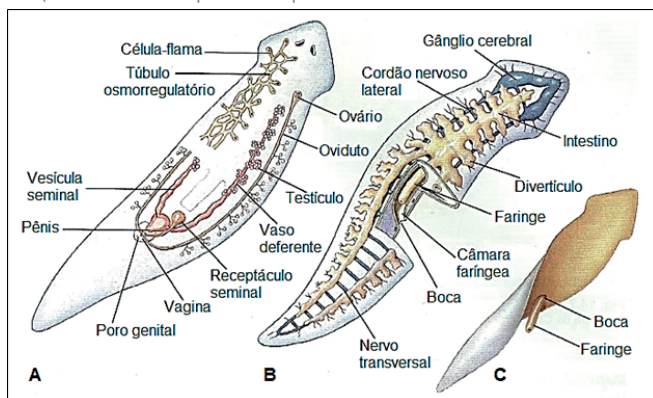
Exemplificando

Muitos organismos são utilizados como biomarcadores, indicando desequilíbrios no ambiente e até mesmo contaminação por patógenos. Neste artigo, você aprenderá que as planárias são utilizadas como bioindicadores da qualidade da água:

NOVAES, E. I., et al. Uso de planárias como bioindicadores de qualidade das águas utilizando análise de sobrevivência. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 32, n. 3, p. 379-389, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/140341>>. Acesso em: 4 out. 2017.

Muitos turbelários de água doce reproduzem-se por brotamento (por exemplo, nos gêneros *Catenula* e *Microstomum*), fissão transversal, denominada paratomia, ou por fissão múltipla, a arquitomia (por exemplo, planárias). A grande maioria é hermafrodita, com fertilização interna. Em relação ao tipo de aparelho reprodutor, os arcoóforos são mais primitivos, gerando ovos cuja gema é parte integral do citoplasma, enquanto que nos neoóforos o gameta feminino não possui vitelo, o qual é produzido no vitelário e conduzido pelos dutos vitelíneos até o zigoto. Os ovos migram pelo útero e são liberados através do poro genital. A parte masculina consiste em um ou mais testículos conectados a vários vasos eferentes, que se unem formando o vaso deferente. O vaso deferente conduz à vesícula seminal e, conseqüentemente, ao pênis papiliforme ou a um órgão copulatório, denominado de cirro. O desenvolvimento é direto, mas alguns policládios geram larvas, denominadas de plâncton. A Figura 2.2 ilustra a estrutura corporal geral dos turbelários.

Figura 2.2 | Estrutura corporal da planária



Fonte: A) Sistemas reprodutor e osmorregulador. Detalhe para células-flama e túbulos regulatórios necessários para a osmorregulação. B) Sistemas nervoso e digestório. Detalhe para a faringe estendida através da boca (C).

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 269).

Classe Trematoda

Os trematódes são distribuídos em duas subclasses, a Digenea (Figura 2.3 A e B), composta por organismos de importância médica e econômica, e a Aspidogastrea (Figura 2.3.C), sem tais importâncias.

Subclasse Digenea

Os digêneos são endoparasitas de peixes, anfíbios, répteis, mamíferos e aves, causando doenças debilitantes. O ciclo de vida possui pelo menos dois estágios, necessitando de um hospedeiro intermediário (caramujo gastrópodo) e um hospedeiro definitivo (vertebrados). Contudo, algumas espécies necessitam de um segundo hospedeiro intermediário, neste caso, artrópodes.

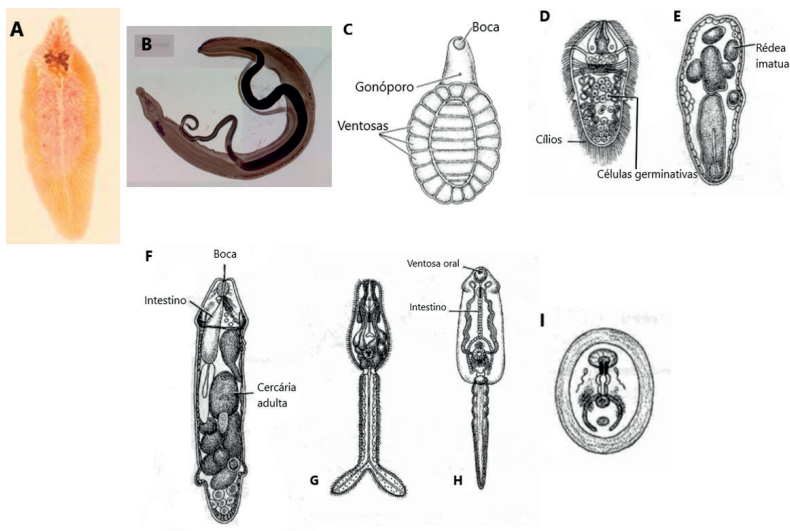
Possuem tamanho entre 0,2 cm e 6 cm e o corpo é revestido por um tegumento sincicial não ciliado, sobrepondo camadas de músculos diagonais, circulares e longitudinais. Uma ventosa oral circunda a boca e algumas espécies possuem também uma ventosa ventral. A faringe termina num esôfago curto que conduz ao intestino com fundo cego. Alimentam-se de restos celulares, muco, sangue, entre outros fluídos do hospedeiro, e a digestão é extracelular, sendo os resíduos eliminados através de nefrídeos, bem como o excesso de água. O sistema nervoso é igual ao dos turbelários, havendo também papilas sensoriais pela superfície corporal e, em algumas larvas, ocelos. O sistema reprodutor é semelhante ao dos turbelários neoóforos, e possuem dois testículos ramificados na parte masculina e um ovário, também ramificado, na parte feminina. O desenvolvimento ocorre em quatro estágios, em que após a liberação do ovo no ambiente, através das fezes do hospedeiro definitivo, a larva miracídio (Figura 2.3.D) eclode e nada até penetrar a epiderme de um caramujo gastrópodo, a qual se transforma num esporocisto (Figura 2.3.E) cujas células formarão as rédias (Figura 2.3.F). As rédias constituem-se de células germinais que darão origem às larvas cercarias (Figura 2.3.G e H) livre-natantes e que infectam novos hospedeiros. Em algumas espécies, como *Fasciola hepatica*, as cercarias podem encistar em vegetações aquáticas, formando a metacercária (Figura 2.3.I).

Subclasse Aspidogastrea

A característica distinta deste grupo é a presença de ventosa única e septada, disposta numa fileira longitudinal ou recobrimdo toda a região ventral (Figura 2.3.C). O trato digestivo é composto por um ceco intestinal e o aparelho reprodutor é semelhante ao dos *Digenea*, porém, com apenas um testículo. São endoparasitas

intestinais de peixes e répteis e das cavidades renal e pericárdica de moluscos bivalves.

Figura 2.3 | Ilustração de membros e fases de desenvolvimento dos trematódes



Fonte: Digenea: A) *Fasciola hepática* e B) *Schistosoma japonicum*. Fêmea: coloração escura. Macho: coloração clara; C) Aspidogastrea: *Cotylaspis*. Fases de desenvolvimento: D) Miracídio; E) Esporicisto; F) Rédia; G-H) Cercárias; I) Metacercária.

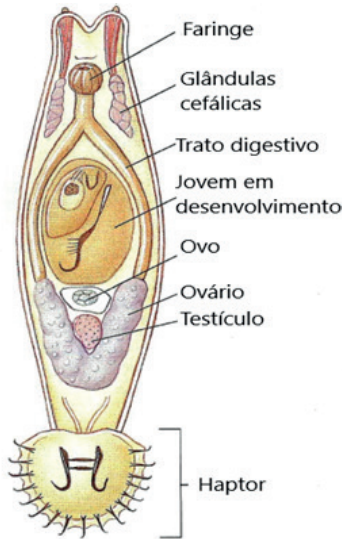
Fontes: A e C: Brusca e Brusca (2007, p. 287 e 290) B: Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schistosoma_Japonicum.jpg>. Acesso em: 4 out. 2017; D-I: Ruppert, Fox e Barnes (1996, p. 237).

Classe Monogenea

Neóforos hermafroditas, os monogêneos (Figura 2.4) são ectoparasitos, principalmente de brânquias e superfície corporal de peixes, porém, algumas espécies parasitam bexigas urinárias de rãs e tartarugas. Eles se prendem ao hospedeiro pelo haptor, composto de ganchos e ventosas e não requerem hospedeiro intermediário. A larva oncomiracídio se desenvolve no adulto, sendo este recoberto por tegumento sincicial, com glândulas adesivas na região da cabeça. O sistema digestório é semelhante aos *Digenea*, possuem protonefrídios e metabolismo aeróbico. Entre os gêneros mais comuns estão *Gyrodactylus*, *Dactylogyrus*, ambos de importância econômica na criação de peixes, causando lesões teciduais, anorexia, hemorragias branquiais e cutâneas, hiperplasia

dos filamentos branquiais, entre outras, e *Polystoma*, parasita da bexiga urinária de anfíbios. Quando não tomadas as providências cabíveis, podem causar a morte dos hospedeiros.

Figura 2.4 | Ilustração da estrutura corporal dos monogêneos



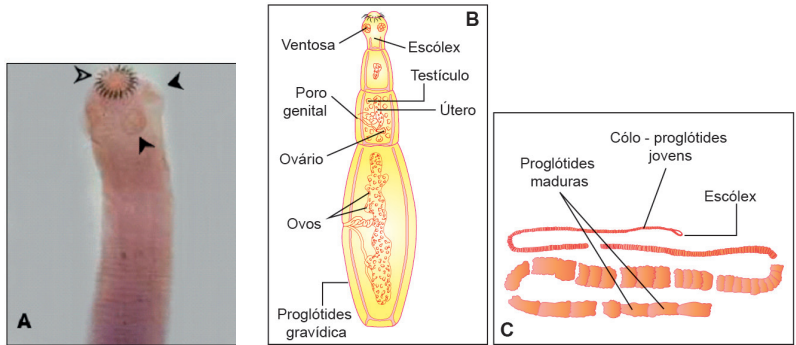
Fonte: Vista ventral do monogêneo *Gyrodactylus cylindriciformis*. Detalhe para o haptor, órgão de fixação na região posterior do corpo.

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 9).

Classe Cestodea

Os cestódeos são endoparasitas conhecidos como solitárias e possuem o corpo recoberto por tegumento sincicial com microtríquios (semelhante a microvilos), importante para o transporte de moléculas, pois não possuem sistema digestório. A divisão corporal (Figura 2.5.B e C) apresenta escólex (cabeça provida com quatro ventosas e/ou ganchos formando o rostelo) (Figura 2.5.A), cólo (produz cada proglótide por crescimento mitótico) e estróbilo, constituído pelas proglótides que aumentam de tamanho e maturidade conforme se deslocam para a extremidade posterior do corpo.

Figura 2.5 | Estrutura corporal geral dos cestódeos



Fonte: A) Escólex de *Taenia solium*. Setas cheias indicam as ventosas. Seta vazia indica o rostellum. B) Representação esquemática de *Echinococcus granulosus*; C) Representação esquemática de tênia adulta.

Fonte: A e C: Brusca e Brusca (2007, p. 287 e 291) B: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 280).

Possuem musculatura circular e longitudinal, além de fibras musculares longitudinais, dorsoventrais e transversais. O sistema nervoso se constitui numa massa presente no escólex, da qual cordões longitudinal, dorsal, ventral e lateral se estendem através do estróbilo. Um sistema de protonefrídios também se estende pelo corpo, contendo células-flama e canais coletores para drenagem. O sistema reprodutor é semelhante ao dos *Digenea*, entretanto, é completo em cada uma das proglótides, ocorrendo autofertilização na mesma ou entre proglótides. Em casos de vários vermes no intestino do hospedeiro, pode ocorrer também a fertilização cruzada. O desenvolvimento requer um hospedeiro intermediário, para o desenvolvimento do estágio larval (metacestóide), e um definitivo para o desenvolvimento do cestódeo adulto. O ovo, liberado junto com as proglótides no ambiente através das fezes do hospedeiro definitivo, possui o embrião (oncosfera), infectante para novos hospedeiros intermediários.

Platelmintos parasitas

Todos os platelmintos que compreendem as classes Monogenea, Trematoda e Cestoda são parasitas, das quais apenas os monogêneos são ectoparasitas. Muitos apresentam

desenvolvimento indireto, necessitando de um ou mais hospedeiros, entre os quais o primeiro, geralmente, é um invertebrado e o definitivo é um vertebrado. O homem serve de hospedeiro para diversas espécies e algumas estão descritas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 | Platelminhos parasitas do homem de outros animais

	Espécie	Hospedeiro (*intermediário/ definitivo)	Órgãos parasitados (hospedeiro definitivo)
Trematoda	<i>Fasciola hepática</i>	Ovelhas, bovinos e humanos	Fígado
	<i>Schistosoma mansoni</i>	Invertebrado/ humanos	Sangue
	<i>Schistosoma japonicum</i>	Invertebrado/ humanos	Sangue
	<i>Paragonimus westermani</i>	Humanos e caranguejos	Pulmão
	<i>Fasciolopsis buski</i>	Humanos e suínos	Intestino
	<i>Clonorchis sinensis</i>	Humanos e peixes	Fígado
Cestoda	<i>Taenia saginata</i>	Bovinos/humanos	Intestino
	<i>Taenia solium</i>	Suínos/humanos	*Intestino
	<i>Echinococcus granulosus</i>	Humanos/canídeos	Intestino
	<i>Echinococcus multilocularis</i>	Humanos/canídeos	Intestino
	<i>Diphyllobothrium latum</i>	Peixes e crustáceos/ humanos e outros mamíferos	Intestino
	<i>Dipylidium caninum</i>	Pulgas, piolhos, raramente em humanos/cães e gatos	Intestino

*O homem pode servir também de hospedeiro intermediário para a *Taenia solium*, em que a forma larval, metacestóide, fixa-se na musculatura esquelética e em tecidos do sistema nervoso central, caracterizando a neurocisticercose.

Fonte: adaptada de Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 273 e 277).



Refleta

A região de Aswan, a 500 milhas do rio Nilo, apresentava períodos de inundação e de seca, alternância que controlava naturalmente a população

de caramujos hospedeiros do *Schistosoma spp.* Após a construção de uma represa, para melhorar o padrão de vida local, o ambiente tornou-se habitat propício para os caramujos e, em apenas quatro anos, a taxa de infecção para esquistossomose entre os pescadores locais subiu 76% (HICKMAN; ROBERTS; LARSON, 2004, p. 274). É possível conciliar qualidade de vida e meio ambiente de forma a evitar tais consequências?

Entre as espécies de trematódas parasitas do homem, o *Schistosoma mansoni* está entre um dos mais bem estudados. Durante o ciclo de desenvolvimento, os adultos migram pela corrente sanguínea do homem e outros mamíferos, sendo os ovos depositados na submucosa e, quando maduros, penetram à luz intestinal e são liberados para o meio juntamente com as fezes do hospedeiro. Uma vez na água, os ovos liberam os miracídios que nadam até penetrar na epiderme de caramujos gastrópodes (*Biomphalaria spp.*), onde se transformarão em esporocistos, contendo células germinativas que formarão as cercarias. As cercarias migram pelo tecido do hospedeiro até ganhar o meio externo (água), onde nadarão até penetrarem a epiderme de um novo hospedeiro (por exemplo, o homem), dando continuidade ao ciclo. O saneamento básico e medidas de higiene pessoal, bem como a não defecação em locais próximos de rios e lagos, são primordiais para o controle dessa infecção que causa os seguintes sintomas: aumento e fibrose do fígado, aumento do baço, ascite (formação de líquido na cavidade peritoneal), entre outras.



Pesquise mais

Além de prejuízos à saúde pública, alguns platelmintos causam prejuízos econômicos, como no caso da *Fasciola hepatica* em bovinos. Em adição, o homem também pode se tornar hospedeiro para espécies, como *Echinococcus granulosus*, acidentalmente. Os artigos a seguir trazem as principais informações sobre a fasciolose e a hidatidose:

SILVA, E. R. V., et al. Fasciolose hepática. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 11, 2008. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/bZFsg7XYKOHoLIt_2013-6-13-16-23-55.pdf>. Acesso em: 4 out. 2017.

ALMEIDA, Fabiana et al. Echinococcus granulosus. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, 2008. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/xt7mSQfwtZ4RP_GZ_2013-6-14-10-6-54.pdf>. Acesso em: 4 out. 2017.

Assim como os trematódas, muitos cestódeos parasitam o homem e outros mamíferos, cujo desenvolvimento também requer diferentes hospedeiros. A espécie *Taenia saginata* desenvolve-se em metacestóide (forma larval) na musculatura esquelética de bovinos, após a ingestão de ovos em água ou pastagens contaminadas. A ingestão pelo homem, da carne crua ou mal cozida contendo os metacestóides, resulta na liberação das larvas que, ao atingirem a luz intestinal, desenvolvem-se na tênia adulta. Em seguida, proglótides maduras e contendo centenas de ovos são liberadas através das fezes, podendo contaminar o ambiente e dando continuidade ao ciclo. O homem é o hospedeiro definitivo também da *T. solium*, porém, pode servir de hospedeiro intermediário quando da ingestão de ovos deste parasito. Após a infecção, ocorre a formação de metacestóides em vários tecidos, inclusive no sistema nervoso central, caracterizando quadros de neurocisticercose, grave problema em saúde pública e que pode levar a óbito se não diagnosticada e tratada. Os hospedeiros intermediários naturais para a *T. solium* são os suínos.

Sem medo de errar

O professor Júlio decidiu realizar um curso para conscientizar e orientar a população sobre a esquistossomose. Para tanto, é preciso conhecer o ciclo de desenvolvimento do agente causador.

Como você descreveria o ciclo de vida do *Schistosoma mansoni* e os principais meios de infecção humana?

A esquistossomíase é causada por vermes trematódes do gênero *Schistosoma*, como o *S. mansoni*. Durante o ciclo de desenvolvimento, os adultos migram pela corrente sanguínea do homem e de outros mamíferos, os ovos são depositados na

submucosa e, quando maduros, penetram a luz intestinal e são liberados para o meio juntamente com as fezes do hospedeiro. Uma vez na água, os ovos liberam os miracídios que nadam até penetrar na epiderme de caramujos gastrópodes do gênero *Biomphalaria spp.*, onde se transformarão em esporocistos, contendo células germinativas que formarão as cercarias. As cercarias migram pelo tecido do hospedeiro até ganhar o meio externo (água), onde nadarão até penetrarem a epiderme de um novo hospedeiro (por exemplo, o homem), dando continuidade ao ciclo. O hábito de defecar em locais próximos a rios e lagos, aumenta a possibilidade de contaminação das águas, constituindo, portanto, importante meio de infecção humana, quando da presença do gastrópodo hospedeiro.

Faça valer a pena

1. As planárias são platelmintos da classe Turbellaria, cujas espécies habitam ambientes marinho, de água doce e terrestre, desde que bastante e constantemente úmidos. Elas possuem simetria bilateral e podem ser utilizadas como bioindicadores para a qualidade da água.

Observe as afirmativas sobre as planárias:

I- Possuem ocelos insensíveis a luz.

II- Podem apresentar tentáculos ou aurículas na região da cabeça.

III- Os neoblastos possuem função na reprodução sexuada.

IV- Podem se regenerar completamente, mesmo quando fragmentadas em várias partes.

V- Trocas gasosas ocorrem por toda a superfície corporal.

Análise as afirmativas e marque a opção que contenha apenas as afirmativas corretas sobre as planárias.

a) Todas estão corretas.

b) I e II.

c) I, III e IV.

d) III, IV e V.

e) II, IV e V.

2. São larvas livre-natantes, originadas a partir de células germinativas de rédias. Quando livres na água, nadam até entrarem em contato com a epiderme do hospedeiro, que pode ser o homem, penetrando-a. Ainda,

em algumas espécies podem se fixar em vegetações aquáticas onde permanecem encistadas.

Leia o enunciado e responda qual alternativa contém o nome da larva em questão.

- a) Miracídio.
- b) Rédia imatura.
- c) Cercária.
- d) Metacercária.
- e) Esporocisto.

3.

“Seções do corpo monótonas

Em uma linha flácida de produção em massa

Tem conexões nervosas e excretoras

E os meios para combinar sexuadamente

E mimar a descendência incontável

Mas já não têm os intestinos

Para digerir por elas ou viver livres

Ou conhecer uma refeição desde a sopa às nozes.”

(HICKMAN; ROBERTS; LARSON, 2004, p. 277).

Assinale a alternativa que indique corretamente a qual classe de Platyelminthes o texto se refere.

- a) Trematoda.
- b) Monogenea.
- c) Turbellaria.
- d) Cestoda.
- e) Digenea.

Seção 2.2

Aschelminthes; filo Priapulida e filo Entoprocta

Diálogo aberto

Nesta segunda seção, vamos conhecer os animais asquelmintes. Você se lembra que, numa das exposições para escolas do ensino básico, o professor Júlio abordou o tema sobre os nematomorfos, vermes de corpo filamentosos e arredondados?

Nesta exposição, um aluno relatou sobre o desenvolvimento desses vermes, como sendo originados da crina e da cauda de cavalos, conferindo-lhes a nomenclatura popular de vermes crina-de-cavalo. Esta é uma crença popular antiga que diz que se os pelos da crina ou da cauda de cavalos caem na água, eles transformam-se nesses vermes.

Como professor, você precisa corrigir esta informação equivocada. Para tanto, descreva qual o mecanismo de reprodução dos nematomorfos. Qual explicação plausível poderia ser dada sobre o surgimento desses vermes em cochos de água dos animais, como relatado pelo aluno Miguel?

Não pode faltar

Os asquelmintos formam um grupo heterogêneo, cuja maioria é de vida livre e com corpo vermiforme variando entre comprimentos microscópicos até 1 cm. Algumas espécies possuem número invariável de células, devido à interrupção do processo de mitose após o desenvolvimento embrionário, e o crescimento ocorre apenas pelo aumento do tamanho celular. Esse fenômeno é denominado de eutelia.

Filo *Gastrotricha* e filo *Nematomorpha*

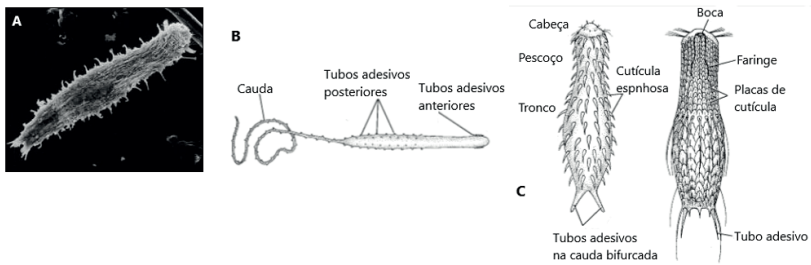
Filo Gastrotricha

Os gastrótricos são divididos nas ordens Macrodasíida (marinhos) e Chaetonotida (marinhos e de água doce), cujos habitats

compreendem sedimentos e superfícies de plantas e animais submersos. Eles são microscópicos e possuem o corpo achatado ventralmente e arqueado dorsalmente. Os cílios restringem-se à região ventral, podendo formar cirros. A adesão ao substrato ocorre pela ação das glândulas viscosa e de liberação. Em macrodasiídeos pode haver numerosos tubos adesivos na cabeça, ao longo das laterais do corpo ou num apêndice terminal (Figura 2.6B), enquanto que nos quetonotídeos há apenas um par localizado na bifurcação da cauda (Figura 2.6C).

A cutícula recobre a epiderme, parcialmente sincicial na maioria dos quetonotídeos, e o arranjo muscular se dá por faixas de músculo circular externas e longitudinal internas. Extensões de processos não contráteis de células musculares se ligam aos cordões nervosos e a locomoção ocorre por movimento ciliar. Entretanto, movimentos como de fuga, procura e cópula são musculares. Os gastrótricos se alimentam de bactérias, diatomáceas e pequenos protozoários, ingeridos pela boca que se abre na faringe, ligada ao intestino com parede microvilosa, finalizando no ânus. O cérebro é composto por duas massas cefálicas, interligadas por uma comissura, com cordões nervosos que se estendem ao longo do corpo. Há ainda mecanorreceptores (cerdas e tufos ciliares), quimiorreceptores (buracos ciliados e apêndices carnosos) e fotorreceptores (ocelos ciliares).

Figura 2.6 | Ilustração da estrutura corporal dos gastrótricos



Fonte: Macrodasíida: A) Eletromicrografia de varredura do Turbanella; B) Urodasyus; Chaetonotida: C) Chaetonotus (esquerda) e Aspidophorus (direita). Detalhe para os túbulos adesivos.
 Fonte: Brusca e Brusca (2007, p. 346).

Os gastrótricos são hermafroditas e o aparelho reprodutor é composto por um testículo, um ovário e dutos espermáticos que culminam em gonóporos. A fecundação é cruzada, sendo o esperma transferido entre os organismos através de um pênis.

Contrariamente, os quetonotídeos de água doce se reproduzem por partenogênese, devido à degeneração do sistema masculino.

filo *Nematomorpha*

Eles são cordoniformis e delgados, podendo alcançar até 100 cm de comprimento. Conhecidos popularmente como vermes-crina-de-cavalo, os adultos são de vida livre e a larvas parasitam outros artrópodos e, raramente, humanos, podendo causar tumores orbitais quando atingem o tecido facial. As espécies compreendidas pela classe Gordioida habitam águas doces e ambientes terrestres úmidos, enquanto que as pertencentes à classe Nectonematoida são marinhas. Uma espessa cutícula recobre a epiderme celular, abaixo da qual encontra-se a bainha do músculo longitudinal. A locomoção é feita por ondulações semelhantes a chicotes, e, durante a cópula, o macho se enrola firmemente à região posterior da fêmea. Possuem probóscide retrátil armada com ganchos e o tecido conjuntivo volumoso é formado por matriz colágena fibrosa e poucas células, o qual se modifica em pseudocel em adultos pós-reprodutivos. Ainda, o trato digestivo é vestigial e os adultos não se alimentam.

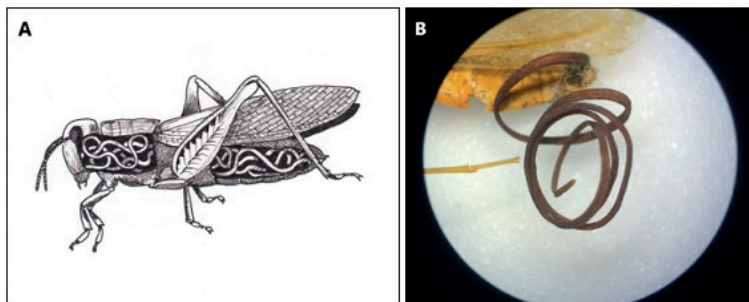
O sistema nervoso é composto por um anel nervoso e um cordão ventral não ganglionar. Além disso, eles não possuem órgãos excretores e, quanto à reprodução, são dioicos, com duas longas gônadas e dutos espermáticos e ovidutos terminando em cloacas. Dos ovos eclodem larvas que penetram seus hospedeiros, concluído o desenvolvimento, os vermes emergem do corpo de seus hospedeiros quando em contato com a água (Figura 2.7A). Daí surgiu a crença sobre a origem desses vermes a partir da crina e da cauda de cavalos ao cair no cocho de água. Entre seus principais hospedeiros estão gafanhotos, baratas, centopeias e besouros. Quanto às larvas do gênero *Nectonema*, os hospedeiros são caranguejos eremitas, caranguejos e alguns camarões.



Exemplificando

A probóscide armada com espinhos, presente nos nematomorphos, possui a função de perfurar a parede intestinal do hospedeiro para que o verme possa entrar e desenvolver-se. Diferente da função apresentada nos nemertinos, em que a probóscide armada com estiletos é utilizada para captura e paralisação da presa.

Figura 2.7 | Ilustração de nematomorfos em hospedeiros invertebrados



A) Verme desenvolvido no interior do corpo do hospedeiro, com detalhe do início da eclosão em B. Fonte: A: Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:H%C3%BArf%C3%A9reg.jpg>> e B: Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/93467196@N02/25557839312/>>. Acesso em: 5 out. 2017.

Filo Rotifera e filo Acanthocephala

Filo Rotifera

Os rotíferos fazem parte do zooplâncton de água doce e são importantes na reciclagem de nutrientes. Contudo, também existem espécies marinhas e terrestres (musgos). São animais eutélicos e o comprimento do corpo varia entre 0,1 mm e 1 mm. A principal característica deste Filo é a presença de coroa ciliada na extremidade anterior do corpo, usada para alimentação e locomoção, e que contém a boca na região mediano-ventral. A parede corporal, geralmente, é superficialmente anelada, conferindo aspecto de corpo segmentado, e a epiderme sincicial contém uma camada fibrosa e espessa, formando a lóricas. Esta estrutura rígida ocorre em forma de placas ou anéis e pode conter espinhos e cristas. Logo abaixo, estão os músculos subepidérmicos longitudinais e circulares. A região do pé, mais delgada, possui de um a quatro artelhos (dedos) telescopicamente retráteis e glândulas pedais, que liberam substância adesiva, em indivíduos sésseis. Já em indivíduos livre-natantes e rastejantes o pé é reduzido.



Refleta

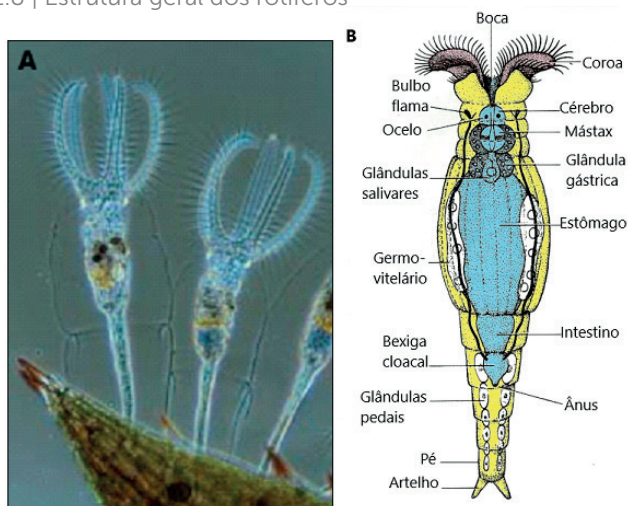
A criptobiose é um estado de latência, semelhante à morte, que alguns animais, como os rotíferos que vivem em musgos, desenvolvem quando se encontram em condições adversas. Para tanto, o animal passa por um processo gradual de ressecamento, que pode levar dias. Num experimento realizado, rotíferos retomaram seu metabolismo normal

após breve exposição a 0,008 °K (quase zero absoluto). Considerando esta habilidade dos rotíferos, podemos concluir que esses animais são mais capacitados para a adaptação e sobrevivência no ambiente em tempos de aquecimento global em relação aos humanos?

Os rotíferos são pseudocelomados, cuja estrutura localiza-se entre a parede do corpo e as vísceras. O tubo digestivo é completo e compreende a mástax (faringe muscular) equipada com trofos (mandíbulas duras) para sucção e trituração do alimento (protozoários e metazoários). A digestão extracelular é auxiliada por glândulas salivares e gástricas que secretam enzimas digestivas, e a excreção é realizada por túbulos protonefridiais que se abrem numa cloaca, na qual terminam também os ovidutos e o intestino.

O cérebro bilobado envia nervos aos órgãos sensoriais (ocelos, cerdas, papilas, poros e antenas), mástax, músculos e vísceras e, quanto à reprodução, os rotíferos são dioicos, com a maioria partenogênica. O aparelho reprodutor feminino é constituído por germinovitélario (ovário sincicial), enquanto que o masculino compreende um testículo e um ducto espermático que termina num gonóporo. A Figura 2.8 ilustra a composição corporal geral dos rotíferos.

Figura 2.8 | Estrutura geral dos rotíferos



A) Gênero *Stephanoceros*; B) Ilustração corporal de *Philodina*. Detalhe para a coroa, característica comum do filo *Rotifera*.

Fonte: A) Brusca e Brusca (2007, p. 339); B) Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 290).

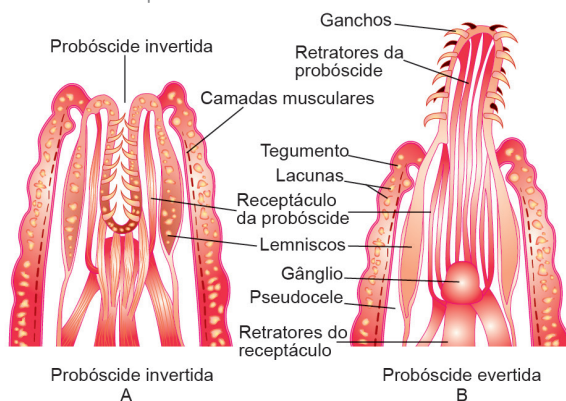


Três classes compõem o filo *Rotifera*: Seisonidea, que possui apenas o gênero *Seison* e as fêmeas não possuem vitelário; Bdelloidea, que compreende vários gêneros, como *Rotaria* e *Philodina*, e são partenogênicos (ausência de machos); e Monogononta, composta por diferentes gêneros, como *Epiphanes* e *Asplanchna*, que produzem três tipos de ovos, são amícticos quando desenvolvidos por partenogênese (diploides), e mícticos que, quando não fertilizados, formam machos haploides e, se fertilizados, formam o terceiro tipo de ovo, que contém casca grossa e entra num processo de dormência.

filo *Acanthocephala*

Os acantocéfalos são conhecidos como vermes-cabeça-espinhuda devido à principal característica deste filo, uma probóscide contendo fileiras de espinhos curvos que se prendem ao intestino, causando dor intensa ao hospedeiro vertebrado (peixes, aves e mamíferos, exceto o homem) (Figura 2.9). O corpo sincicial é achatado bilateralmente, com comprimento entre 2 mm e mais de 1 m, cuja parede possui músculos circulares e longitudinais. No tegumento, canais ramificados e preenchidos por fluido (sistema lacunar) circulam nutrientes e removem dejetos, sendo, portanto, desprovidos de sistema excretor. A respiração também ocorre através do tegumento, e o sistema nervoso constitui-se de um gânglio localizado no receptor da probóscide, do qual cordões nervosos se estendem pelo corpo e para a probóscide. São animais dioicos, com os machos possuindo um par de testículos e um vaso deferente e ejaculatório comum, terminando no pênis. As fêmeas, por sua vez, possuem bolas ovarianas livres na pseudocele. Os embriões encapsulados maturam no sino uterino antes de passarem para o útero e serem liberados através das fezes do hospedeiro. Ao serem ingeridos por besouros, por exemplo, a larva acântor eclode e perfura o intestino do hospedeiro, formando o cistacântor na hemocele.

Figura 2.9 | Estrutura da probóscide de um acantocéfalo



A) Probóscide invertida; B) Probóscide evertida. Detalhe para os ganchos presentes na estrutura, característica do filo *Acanthocephala*.
Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 300).



Pesquise mais

Apesar de não causarem problemas à saúde pública, os acantocéfalos podem acarretar sérios danos econômicos na produção animal. O artigo a seguir traz um exemplo de como estes, aparentemente inofensivos, invertebrados podem acometer a saúde animal:

OLIVEIRA, J. C. O., et al. Infestações maciças por acantocéfalos, *Neoechinorhynchus buttnerae* Golvan, 1956, (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) em Tabaquis jovens, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 31, p. 133-143, 2001. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/aa/v31n1/1809-4392-aa-31-1-0133.pdf>. Acesso em: 5 out. 2017.

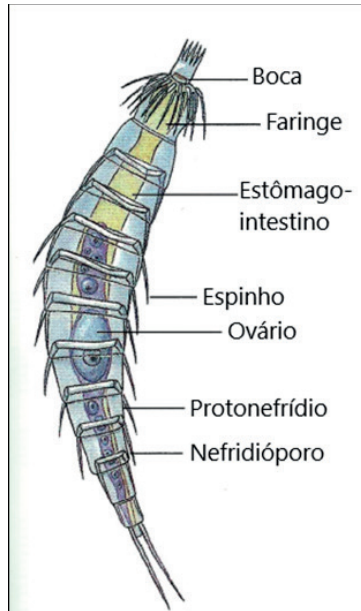
Filo *Kinorhynca* e filo *Loricifera*

filo *Kinorhynca*

Os quinorrincos (Figura 2.10) são escavadores marinhos e geralmente com 1 mm de comprimento. O corpo é dorsalmente curvo, aciliado e com fileiras de espinhos. A cutícula recobre a epiderme sincicial, que contém cordões epidérmicos longitudinais. A musculatura é composta por músculos circulares, diagonais e longitudinais. O sistema digestório é completo, com a boca localizada na ponta de uma probóscide, e se alimentam de diatomáceas e de

material orgânico presente na lama. Possuem sistema excretor por protonefrídios e pseudocele, e o sistema nervoso constitui-se de um cérebro multilobado, que envolve a faringe, e um cordão nervoso que se estende pelo corpo. Eles podem ainda apresentar ocelos e cerdas como órgãos sensoriais e são dioicos e o desenvolvimento ocorre por mudas (geralmente seis fases juvenis e uma definitiva).

Figura 2.10 | Estrutura corporal dos quinorrrincos

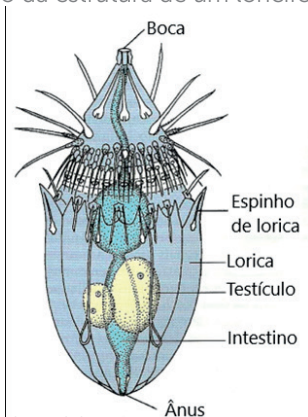


O corpo é dorsoventralmente curvo e possui espinhos na epiderme.
Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 293).

Filo Loricifera

Os loricíferas (Figura 2.10) possuem cerca de 0,25 mm de comprimento e vivem fixados em grãos de sedimento marinho. A principal parte do corpo, o abdômen, possui a lorica cuticular, composta por placas dorsal, ventral e laterais. A composição oral é semelhante à dos quinorrrincos e sua dieta ainda é desconhecida. O cérebro preenche quase toda a cabeça, com nervos que se estendem pelo corpo. Artelhos achatados presentes nos jovens os diferenciam dos adultos e, apesar do sexo ser separado, ainda não se conhece a forma de reprodução.

Figura 2.11 | Ilustração da estrutura de um lorícifera

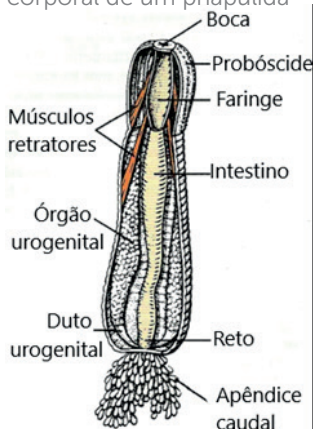


Detalhe para a lorica portando espinhos.
Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 293)

Filo Priapulida

Os priapulidas (Figura 2.12) são marinhos de águas frias, habitando a lama e a areia, e se alimentam de detritos. O corpo é cilíndrico, como 12 cm a 15 cm de comprimento e coberto por tubérculo, com provável função sensorial, e espinhos. A boca é circundada por espinhos e localizada na probóscide. A respiração, provavelmente, ocorre através de uma estrutura oca, o apêndice caudal. O sistema digestório completo compreende intestino, ânus e uma faringe muscular circundada por um anel nervoso. São dioicos, porém, a embriologia ainda é pouco conhecida.

Figura 2.12 | Estrutura corporal de um priapulida

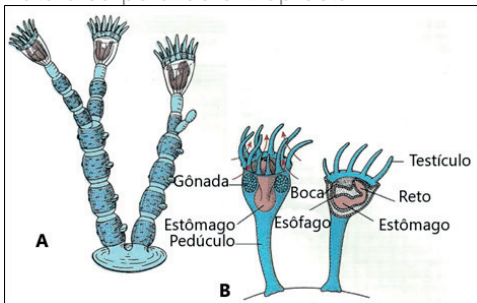


Observe o apêndice caudal, estrutura em que, provavelmente, ocorre a respiração.
Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 293).

filo *Entoprocta*

Os entoproctas (Figura 2.13) são animais sésseis, com forma semelhante aos cnidários hidroides, porém os tentáculos são ciliados e tendem a se curvar para dentro. Eles são marinhos e podem viver sobre conchas e algas, entretanto, as espécies do gênero *Urnatella* habitam ambientes de água doce. Alimentam-se por filtração ciliar e tanto a boca quanto o ânus localizam-se no interior do círculo de tentáculos. A parede corporal constitui-se de cutícula, epiderme celular e músculos longitudinais, e a pseudocel é preenchida pelo parênquima gelatinoso, no qual estão imersos os protonefrídios e seus dutos. Poros e cerdas sensoriais estão presentes na superfície corporal e um gânglio nervoso se localiza na região ventral do estômago. Não possuem sistema circulatório e a respiração ocorre pela superfície do corpo. Podem ser monoicos ou dioicos e ainda protândricos (espermatozoides formados antes dos óvulos). A clivagem em espiral forma blastômeros em mosaicos e a larva é ciliada e livre-natante.

Figura 2.13 | Estrutura corporal do entoprocta



Observe sua estrutura muito semelhante aos cnidários hidrozoários. Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 301).

Sem medo de errar

Conhecendo o trabalho do professor Júlio, vimos que crenças populares ainda influenciam as pessoas quanto à existência e ao desenvolvimento de alguns animais. Como exemplo, podemos citar os vermes crina-de-cavalo, descritos pelo aluno Miguel como vermes que se desenvolvem a partir de pelos da crina e da cauda de cavalos, que caem na água. Porém, agora que estudou sobre os

nematomorfos, você sabe que esses vermes são parasitas de demais invertebrados, como besouros, gafanhotos, libélulas, escorpiões etc. Assim, ao eclodirem dos ovos, as larvas penetram a hemocele do hospedeiro, através da perfuração da parede intestinal, utilizando a probóscide armada com espinhos. As larvas se alimentam dos nutrientes da parede corporal enquanto se desenvolvem na forma adulta. Acredita-se que esses vermes exercem influência sobre o comportamento do hospedeiro, induzindo-o a encontrar e a permanecer em local com água, pois, no momento em que o hospedeiro entra em contato com a água, o verme emerge de seu corpo e ganha o ambiente aquático. Isto explica o porquê Miguel encontrava esses vermes no cocho de água dos animais.

Faça valer a pena

1. Os rotíferos fazem parte do zooplâncton de água doce e são importantes na reciclagem de nutrientes. Contudo, também existem espécies marinhas e terrestres (musgos). São animais **eutélicos** e o comprimento do corpo varia entre 0,1 mm e 1 mm. A principal característica desse filo é a presença de coroa ciliada na extremidade anterior do corpo, usada para alimentação e locomoção.

Assinale a alternativa que possui o correto significado do termo destacado no texto, em negrito.

- a) Crescimento corporal pelo aumento do número de células.
- b) Crescimento corporal pelo aumento no tamanho celular.
- c) Crescimento corporal pelo aumento da pseudocele.
- d) Crescimento corporal por processos mitóticos.
- e) Crescimento corporal por processos meióticos.

2. O pseudoceloma é uma cavidade que se forma entre a mesoderme e a endoderme e, portanto, delimitada por esses dois folhetos embrionários. É também conhecido como falso-celoma, diferenciando do celoma verdadeiro por não ser completamente revestido pela mesoderme. Os asquelmintos possuem pseudocele que:

- I- Dão origem a uma matriz fibrosa composta por poucas células, nos nematomorfos.
- II- Localizam-se entre a parede corporal e as vísceras, em rotíferos.
- III- Podem conter as bolas ovarianas, em acantocéfalos, e protonefrídios, em quinorrincos.
- IV- São preenchidas por parênquima gelatinoso, em Entoprocta.

Analise o texto e marque a opção que contenha apenas as afirmativas corretas sobre a pseudocele no grupo dos asquelminhos:

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

3. O sistema lacunar no tegumento, formado por canais ramificados preenchidos por fluido, por onde circulam nutrientes e dejetos, é uma característica dos membros pertencentes ao filo *Acanthocephala*.

A descrição do sistema lacunar permite inferir sobre a ausência do seguinte sistema:

- a) Excretor.
- b) Respiratório.
- c) Nervoso.
- d) Locomotor.
- e) Reprodutor.

Seção 2.3

Nematoda

Diálogo aberto

Você se lembra de que um dos projetos desenvolvidos pelo professor Júlio em escolas de ensino básico teve como tema: "Ancilostomíase: o Jeca não é assim. Ele está assim." Este título faz referência ao personagem criado por Monteiro Lobato, um caipira com aspecto desleixado, que andava sempre descalço e era visto pelos vizinhos como preguiçoso. Esse personagem passou a ser utilizado em campanhas públicas de saneamento e de alerta para a ancilostomíase, popularmente conhecida como amarelão, cujo agente etiológico mais comum é o *Necator americanus*. De que forma esse nematoide infecta o hospedeiro humano? Quais estruturas possibilitam sua fixação no intestino do hospedeiro?

O conhecimento acerca da morfologia e da ecologia (habitat, nutrição etc.) de animais facilita o entendimento do ciclo de desenvolvimento, por exemplo, a forma como penetram e se fixam em tecidos dos hospedeiros, e, no caso de parasitas do homem, como se proteger das infecções. Resolvendo o problema aqui proposto, você estará reforçando o conhecimento que será adquirido ao longo desta seção, na qual estão descritas as principais características gerais do nematódeos, como também alguns de seus membros que parasitam o homem e outros animais, incluindo demais invertebrados.

Verá também que se trata de um grupo de animais cosmopolita, ou seja, que habita todos os tipos de ecossistemas, e que há também nematódeos parasitas de plantas, causando sérios prejuízos na agricultura.

Não pode faltar

Filo *Nematoda*

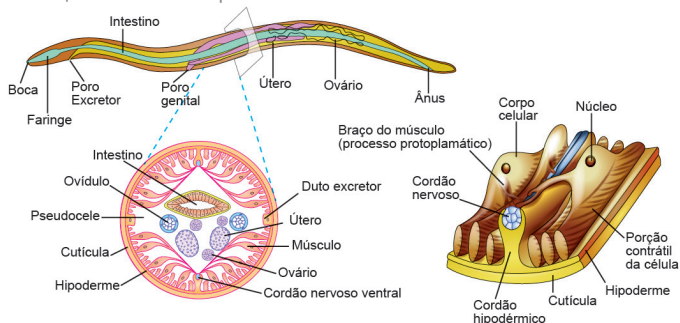
Estrutura e locomoção

Os nematódeos habitam todos os ambientes (marinho, água doce e terrestre), seja nos polos ou entre os trópicos, no alto de

montanhas ou no fundo do mar, ou seja, são animais aptos a viver em quaisquer ecossistemas. Além disso, o fato de parasitarem todos os tipos de animais e diversos tipos de plantas, confere a este grupo o título de mais importante dentre todos os grupos de parasitas.

Dentre as características estruturais dos nematódeos (Figura 2.14) estão corpo cilíndrico recoberto por cutícula flexível (composta por camadas de colágeno e fibras trançadas), ausência de cílios e flagelos (exceto um gênero), eutelia, músculos com desenvolvimento longitudinal e que se estendem para os nervos dorsal e ventral e o crescimento por muda.

Figura 2.14 | Estrutura corporal dos nematódeos



A) Ilustração de fêmeas de *Ascaris* spp., que possuem dois ovários que se abrem num poro genital comum. B) Corte transversal. C) Célula muscular. Detalhe para o braço do músculo que se estende até o cordão nervoso.

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 295).



Exemplificando

O crescimento por meio de mudas visto nos nematódeos ocorre de forma análoga no grupo dos insetos, o qual recebe o nome de ecdise. Entretanto, durante a muda, os insetos trocam o seu exoesqueleto constituído, por exemplo, de quitina. Curiosamente, as cobras também passam por um processo parecido, em que trocam a pele para que o corpo possa crescer. A quantidade de mudas varia de acordo com a espécie e a idade desses répteis.

O sistema excretor pode ocorrer de duas formas: com uma ou mais células glandulares se abrindo num poro excretor; ou num sistema de canais sem células glandulares. A faringe é muscular e a pseudocele age como órgão hidrostático, conferindo turgidez devido à alta pressão, garantindo a sustentação corporal e contendo

os órgãos internos. Eles possuem tamanho corporal desde microscópicos até acima de um metro. A hipoderme é sincicial e possui quatro cordões hipodérmicos, cujos cordões ventral e dorsal possuem nervos e os laterais possuem os canais excretores.

A locomoção em nematódeos de vida livre ocorre pela contração dos músculos longitudinais, gerando ondulações dorsoventrais, ou por rastejamento. Ainda, sob situações de estresse, o movimento assume natureza de chicoteamento ou agitação.

Uma glândula caudal (fiandeira) presente em muitos nematódeos pode servir para movimentos de fuga, ancorando a cauda num substrato e realizando o movimento de salto.



Assimile

O filo *Nematoda* divide-se em duas classes:

- *Adenophorea* (ou Aphasmdida), cujos membros possuem anfidios, descritos no tópico sobre sistema nervoso, e a maioria é de vida livre e habita os ambientes marinhos, terrestre e de água doce. Essa classe compreende as ordens Enoplida, Isolaimida, Mononchida, Dorylaimida, Trichocephalida, Mermithida, Muspiceida, Chromadorida, Desmodorida, Desmoscolecida, Monhysterida e Araeolainida.
- *Secernentea* (ou Phasmida): os secernentea possuem anfidios em forma de poro e compreendem nematódeos de vida livre terrestres e muitos parasitas. Pertencem a essa classe as ordens Ascaridida, Rhabditida, Strogylida, Spirurida, Aphelenchida, Tylenchida, Diplogasterida e Camallanida.

Nutrição, excreção e osmorregulação

Alguns nematódeos de vida livre são carnívoros, alimentando-se de diatomáceas, algas, fungos e bactérias, quando marinhos ou de água doce, enquanto que os terrestres perfuram as raízes para se alimentar de sua seiva, causando enormes prejuízos econômicos para a agricultura. Existem também espécies saprofíticas (que se alimentam de matéria orgânica) e coprofíticas (que se alimentam de matéria fecal).

O estoma (cavidade bucal) é tubular, revestido por uma cutícula que pode, geralmente, conter cristas, bastões, placas ou até mesmo dentes. As características do estoma são importantes para a classificação dos nematódeos e estão intimamente ligadas ao tipo de alimentação. A boca leva a uma faringe tubular, revestida por cutícula, cuja parede é formada por células mioepiteliais e glandulares, e bombeiam o alimento para o interior do intestino. O intestino tubular é composto por camada única de células epiteliais e se estende ao longo do corpo, terminando no ânus. As únicas espécies que possuem cílios na parede intestinal pertencem ao gênero *Eudorylaimus*, enquanto que todo o restante possui microvilos. A digestão inicia de forma extracelular pela ação de enzimas liberadas pelas glândulas faringeanas e epitélio intestinal, terminando intracelularmente.

A excreção de detritos em forma de amônia ocorre por toda a superfície corporal. Já a osmorregulação pode estar associada a canais excretores, células glandulares (presentes apenas nos membros da classe *Adenophorea*) ou ambos em conjunto, como ocorre na classe *Secernentea*.

Sistema nervoso

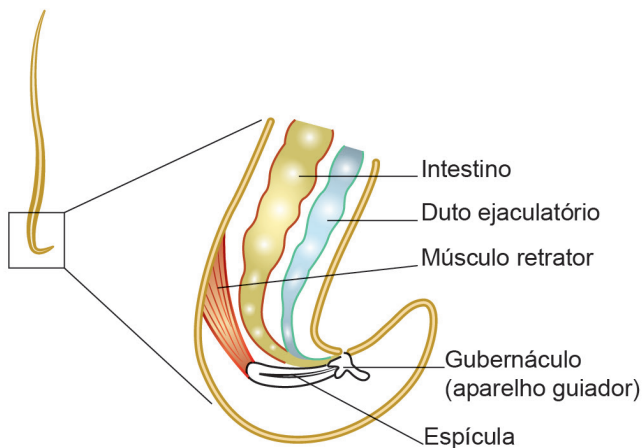
O sistema nervoso é intraepitelial, localizado na epiderme, faringe e intestino posterior. O cérebro constitui-se de um anel circunfaringiano a partir do qual se estendem cordões que enervam órgãos sensoriais. Entre os órgãos sensoriais estão papilas, cerdas, fasmídeos e anfídios. Os anfídios são invaginações cuticulares, localizadas uma em cada lateral da cabeça, que levam a um poro profundo com terminações sensoriais de cílios modificados. Os fasmídeos possuem estrutura bastante similar aos anfídios, presente na maioria dos nematódeos.

Reprodução e desenvolvimento

Os nematódeos são dioicos, com poucos representantes hermafroditos. O macho é, geralmente, menor que a fêmea e a parte posterior do corpo enrola-se em forma de gancho (Figura

2.15) ou alarga-se num formato de leque, denominado de bursa. O sistema reprodutivo masculino termina na cloaca, enquanto que o feminino se abre na vulva. As fêmeas possuem gônadas tubulares pareadas contendo as células germinativas que, conforme amadurecem, movem-se ao longo das gônadas, passando por processos mitóticos devido à ação de substâncias secretadas pela célula da ponta distal (célula mais interna de cada gônada). Quando as células germinativas se aproximam do poro, encerram o processo de mitose e passam por uma divisão meiótica, como preparo para a fecundação. Nos machos, estão presentes um ou dois testículos tubulares, e os dutos espermáticos formam as vesículas seminais, conectadas à cloaca pelo duto ejaculador (Figura 2.15). A parede cloacal evagina-se formando duas bolsas contendo espículas copulatórias (uma em cada bolsa).

Figura 2.15 | Extremidade posterior de machos de nematódeo



Detalhe para a espícula, ejetada durante a cópula para permitir a passagem do esperma para a fêmea. Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 296).



Refleta

As espículas copulatórias não são órgãos verdadeiros, uma vez que não conduzem o esperma, mas precisam manter aberto o poro genital feminino enquanto os músculos ejaculadores superam a força hidrostática para injetar o esperma na fêmea. Em adição, os espermatozoides de nematódeos são únicos, devido à ausência de flagelo e por tornarem-se ameboides no trato reprodutivo feminino. Seria esta uma outra adaptação dos nematódeos à pressão hidrostática gerada pela pseudocele?

Algumas fêmeas produzem feromônios que atraem os machos para a cópula. Nesse processo, a extremidade curva do macho enrola-se no corpo da fêmea e a espícula, projetada através do ânus, mantém o gonópore feminino aberto, para a transmissão do esperma. Os espermatozoides de nematódeos não possuem flagelo, locomovendo-se por movimentos ameboides. Após a fertilização, uma casca é secretada ao redor do ovo, esculpida de maneira específica em cada espécie. Assim, é possível identificar infecção por nematódeos por meio do exame de ovos presente nas fezes do hospedeiro (exame coproparasitológico).

O desenvolvimento é determinado e segue um padrão assimétrico fixo de clivagem, que se torna bilateral em forma. Apesar da ocorrência do aumento no número de células em nematódeos juvenis, a maior parte do crescimento corporal ocorre por eutelia. O crescimento dos juvenis ocorre por meio de quatro mudas cuticulares, sendo as primeiras duas ainda dentro do ovo (classe *Secernentea*) e, apesar de não ocorrer muda nos indivíduos adultos, em muitos o corpo continua a aumentar seu tamanho.

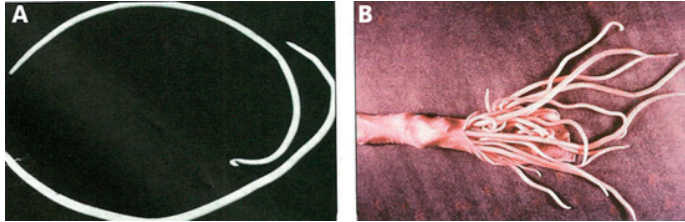
Nematódeos parasitos do homem e outros animais

Ascariíase

O gênero *Ascaris* compreende os nematódeos conhecidos como lombrigas e possui várias espécies, como *Ascaris megalocéfala*, parasita do intestino de cavalos, *A. lumbricoides* (Figura 2.16A), que parasita humanos, e *A. suum* (Figura 2.16B), parasita de suínos. A fêmea pode colocar até 200.000 ovos por dia, disseminados no ambiente através das fezes do hospedeiro e a transmissão ocorre pela ingestão de alimentos e água contaminados, poeira, moscas, baratas e aves. No ciclo de desenvolvimento do *A. lumbricoides*, o ovo contendo a larva L1 sofre a primeira muda, transformando-se em L2, seguida de nova muda que a transforma na larva L3, infectante e que sobrevive no solo por vários meses. As larvas L3 contidas nos ovos, quando ingeridas pelo hospedeiro, eclodem no intestino após passarem pelo trato digestivo. Em seguida, atravessam a parede intestinal e chegam ao fígado através dos vasos linfáticos e veias. Em seguida, locomovem-se até o coração e pulmões, onde sofrem

mudas, formando larvas L4 e, em seguida, larvas L5, que percorrem brônquios e traqueia, alcançando a faringe. Neste ponto, as larvas podem ser expectoradas ou então deglutidas, chegando novamente ao intestino, onde se fixam e iniciam a oviposição.

Figura 2.16 | Ilustração de nematódeos do gênero *Ascaris*



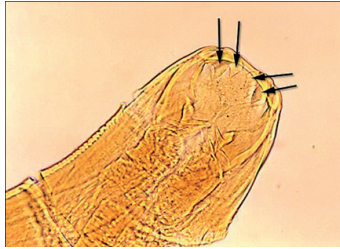
A) *A. lumbricoides* macho (acima) com a região posterior do corpo em forma de gancho e fêmea (abaixo). B) Intestino de suíno repleto por *Ascaris suum*.

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 296).

Ancilostomíase

A espécie mais comum é o *Necator americanus*, entretanto, pode também ser provocada pelas espécies *Ancylostoma duodenale* (Figura 2.17) e *A. ceylanicum*. Elas possuem grandes placas na boca, utilizadas para cortar a mucosa intestinal do hospedeiro, do qual sugam o sangue. O desenvolvimento desses nematódeos inicia-se pela oviposição das fêmeas no intestino delgado do hospedeiro, eliminados através das fezes. No ambiente, a larva L1 eclode e se alimenta de matéria orgânica e microrganismos até sofrer a primeira muda, transformando-se em larva L2. Nesta fase, alimenta-se de forma igual à anterior, até que se transforme em L3, fase infectante para o hospedeiro. A infecção em humanos ocorre pela penetração ativa da L3 pela pele, conjuntiva, mucosa ou ainda por via oral. Pela infecção ativa, as larvas migram da pele para o coração, através da corrente sanguínea e vasos linfáticos, e, em seguida, alcançam os pulmões, através da veia pulmonar. Uma vez nos pulmões, as larvas migram pelos brônquios, traqueia, faringe e laringe, de onde são ingeridas, passando pelo trato digestivo e se fixando no intestino. Durante a passagem pelos pulmões, as larvas atingem o estágio L4, passando para L5 no intestino, onde ocorre também a transformação em adultos, cópula e oviposição. Quando a infecção ocorre pela via oral, a L3 penetra a parede do intestino, onde se transforma em L4, em seguida retorna à luz intestinal, quando completa seu desenvolvimento.

Figura 2.17 | Microfotografia de *Ancylostoma duodenale*



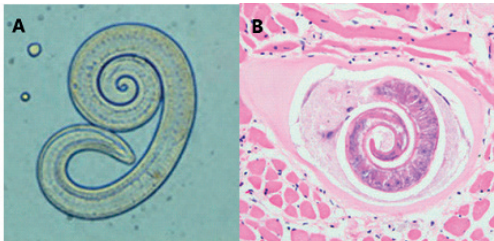
Microfotografia de *Ancylostoma duodenale*. As setas indicam as placas contidas na boca para cortar a parede intestinal do hospedeiro.

Fonte: Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/prep4md/2772967912>>. Acesso em: 6 out. 2017.

Triquinose

O nematódeo *Trichinella spiralis* (Figura 2.18A e B) é responsável por uma doença altamente letal, a triquinose, e pode infectar diversos mamíferos, como cães, ratos, gatos, suínos e inclusive o homem. Os humanos infectam-se ao consumir carne contendo larvas no estágio L1 encistadas. As larvas eclodem no intestino, após passagem do cisto pelo trato digestivo, e penetram no epitélio da mucosa duodenal, onde sofrem quatro mudas e se transformam em adultos machos e fêmeas. Após a fecundação, as fêmeas liberam novas larvas que irão migrar pela corrente sanguínea, principalmente pela veia porta hepática, instalando-se em diversos tipos de tecidos. Quando se instalam no tecido muscular esquelético, as larvas se encistam e tornam-se infectantes.

Figura 2.18 | Microfotografia de *Trichinella spiralis*



A) Larva de *T. spiralis*. B) Larva de *T. spiralis* encistada na musculatura esquelética do hospedeiro.

Fonte: A) Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trichinella_larv1_DPDx.JPG>. Acesso em: 6 out. 2017. B) Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trichinella_rat_BAM1.jpg>. Acesso em: 6 out. 2017.

Oxiúrus

São conhecidos como oxiúros, nematódeos da espécie *Enterobium vermicularis* (Figura 2.19B), devido à prévia nomenclatura (*Oxyurus vermicularis*). Eles possuem importância para a saúde humana e veterinária e sua transmissão ocorre por heteroinfecção (ingestão de alimentos contaminados com os ovos), autoinfecção (quando o hospedeiro leva os ovos da região perianal até a própria boca) ou por retroinfecção (quando as larvas eclodem na região perianal e migram novamente para o intestino, onde se transformam em adultos). Após a fecundação dos vermes adultos no intestino, os machos são eliminados pelas fezes e as fêmeas migram para a região perianal (principalmente à noite), onde liberam os ovos (Figura 2.19A). O ato de coçar a região, devido à resultante irritação, aumenta as chances de autoinfecção e de heteroinfecção.

Figura 2.19 | Microfotografia de *Enterobius vermicularis*



A) *Enterobius vermicularis* macho adulto. B) Ovo de *Enterobius vermicularis*.

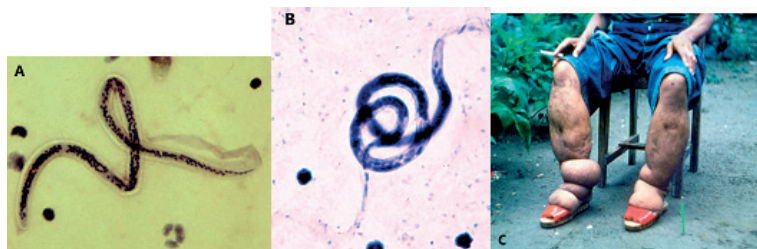
Fonte: A) Disponível em: <https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Oxyurus_vermicularis.jpg>. Acesso em: 6 out. 2017. B) Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enterobius_vermicularis_art2t.jpg>. Acesso em: 6 out. 2017.

Filariose

Dentre as várias espécies de nematódeos causadores da filariose, as espécies *Wuchereria bancrofti* (Figura 2.20A), *Brugia malayi* (Figura 2.20B) e *B. timori* são responsáveis pela infecção em humanos (Figura 2.20C). Eles são transmitidos através da picada de fêmeas do mosquito *Culex quinquefasciatus*, em que o nematódeo na fase de microfilária, após ser ingerido, atravessa a parede do estômago do inseto, migrando para o tórax onde se aloja nos músculos para formar a larva L1, seguida da transformação em L2. A larva L2 cresce, sofrendo muda para L3, que migra até a probóscide e se concentra no lábio do mosquito. Ao realizar novo repasto sanguíneo, a larva L3 penetra no hospedeiro vertebrado e migra para os vasos linfáticos

nos quais se desenvolve em vermes adultos. Após a fecundação, as fêmeas produzem as primeiras microfíliaras (período pré-patente).

Figura 2.20 | Ilustração de nematódeos responsáveis pela filariose em humanos



A) Microfíliara de *Wuchereria bancrofti*. B) Microfíliara de *Brugia malayi*. C) Inchaço causado pelo acúmulo de nematódeos no sistema linfático.

Fonte: A) Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wuchereria_bancrofti_1_DPDJ.JPG>. Acesso em: 6 out. 2017. B) Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brugia_malayi.JPG>. Acesso em: 6 out. 2017. C) Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Filar%C3%A0dase>>. Acesso em: 6 out. 2017.



Pesquise mais

Outro nematódeo filária é responsável por uma doença popularmente conhecida como cegueira dos rios. Trata-se da oncocercose, cujo causador é um nematódeo do gênero *Onchocerca*. Lendo o texto citado a seguir, você conhecerá mais sobre esse verme e sua distribuição e ocorrência no Brasil (páginas 41-55):

HERZOG, M. M. **A oncocercose humana no Brasil e sua dispersão**. 1999. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/18687/2/marilza_herzog_ioc_dout_1999.pdf>. Acesso em: 6 out. 2017.

Sem medo de errar

Brevemente, os nematódeos responsáveis pela ancilostomíase infectam humanos através da penetração da pele em contato com o solo, motivo pelo qual o Jeca se contaminou, pois andava descalço, ou ainda por via oral. O estágio infectante desses parasitas é o de larva L3, cuja transformação pode ocorrer no solo. Quando penetra a pele (conjuntiva ou mucosa também), a larva migra para o coração, através da corrente sanguínea e vasos linfáticos, alcançando os

pulmões. Em seguida, o parasito migra pelos brônquios, traqueia, faringe e laringe, de onde é ingerido, passando pelo trato digestivo e se fixando no intestino. A transformação de L3 para L4 ocorre nos pulmões, enquanto que a L5 se transforma no intestino, onde no qual ocorre também a transformação em adultos, cópula e oviposição. Em casos de infecção pela via oral, a L3 penetra a parede do intestino, onde se transforma em L4, em seguida retorna à luz intestinal, onde quando completa seu desenvolvimento.

As estruturas que possibilitam a fixação desses parasitos no intestino são grandes placas na boca, com as quais cortam a mucosa intestinal do hospedeiro e sugam o sangue necessário para o desenvolvimento.

Faça valer a pena

1. Os nematódeos são também conhecidos como vermes redondos pelo seu formato arredondado, diferenciando-os dos platelmintos (vermes chatos). Algumas estruturas, como uma trama de fibras presente na epiderme, auxiliam na manutenção da forma. Entretanto, uma estrutura exerce fundamental papel nesta função. Através desta estrutura é gerada uma pressão hidrostática bastante elevada, garantindo a forma corporal característica desses animais.

Assinale a alternativa que contenha a estrutura citada no texto.

- a) Cutícula.
- b) Bursa.
- c) Faringe muscular.
- d) Intestino.
- e) Pseudocele.

2. Os nematódeos são invertebrados cosmopolitas, habitando todos os tipos de habitat (marinho, água doce e terrestre), quando de vida livre, e parasitam diversos animais, vertebrados e invertebrados, além de várias plantas. Essas características os colocam no topo da lista de invertebrados de maior importância, pois causam não apenas prejuízos à saúde pública, mas também à agricultura pela diminuição da produção e morte dos vegetais.

Considerando as características gerais do nematódeos, é correto afirmar que:

- a) São pseudocelomados, possuem epiderme celular e são eutélicos.
- b) São pseudocelomados e os machos são menores, com a região posterior do corpo em forma de gancho.

- c) São pseudocelomados e as fêmeas apresentam a região posterior do corpo em forma de leque (bursa).
- d) São pseudocelomados e os espermatozoides utilizam o flagelo para se locomover, quando injetados na fêmea.
- e) São pseudocelomados e a hipoderme é sincicial, ou seja, com células bem delimitadas.

3. As fêmeas depositam centenas ou milhares de ovos por dia, eliminados no ambiente através das fezes do hospedeiro. Humanos se infectam ao ingerir alimentos e água contaminados por poeira, moscas, baratas e aves. Em seu ciclo de desenvolvimento, a larva L3 transforma-se ainda dentro do ovo, tornando-se infectante. Quando ingeridas pelo hospedeiro, as larvas eclodem no intestino após passarem pelo trato digestivo, onde atravessam a parede intestinal e chegam ao fígado através dos vasos linfáticos e veias. Em seguida, se locomovem até o coração e pulmões, brônquios e traqueia, alcançando a faringe. Neste ponto, as larvas podem ser expectoradas ou então deglutidas, chegando novamente ao intestino, onde se fixam e iniciam a oviposição.

Leia com atenção o texto e assinale a alternativa que contenha a resposta correta quanto ao gênero ao qual o parasito descrito pertence.

- a) *Ancylostoma*.
- b) *Ascaris*.
- c) *Trichinella*.
- d) *Bugia*.
- e) Nenhuma das alternativas.

Referências

- ALMEIDA, F. et al. Echinococcus granulosus. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, 2008. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/xt7mSQfwtZ4RPGZ_2013-6-14-10-6-54.pdf>. Acesso em: 4 out. 2017.
- BRUSCA, R.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2007. 968 p.
- HERZOG, M. M. **A oncocercose humana no Brasil e sua dispersão**. 1999. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/18687/2/marilza_herzog_ioc_dout_1999.pdf>. Acesso em: 06 out. 2017.
- HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004. 846 p.
- NEVES, D. P. **Parasitologia humana**. 11. ed. São Paulo: Atheneu, 2004. 494 p.
- OLIVEIRA, J. C. O., et al. **Infestações maciças por acantocéfalos, Neoechinorhynchus buttnerae Golvan, 1956, (Eoacanthocephala: Neoechinorhynchidae) em Tambaquis jovens, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) cultivados na Amazônia central. Acta Amazonica**, v. 31, p. 133-143, 2001. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/aa/v31n1/1809-4392-aa-31-1-0133.pdf>. Acesso em: 5 out. 2017.
- RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996. 1029 p.
- SILVA, E. R. V., et al. Fasciolose hepática. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 11, 2008. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/bZFsg7XYKOHoLlt_2013-6-13-16-23-55.pdf>. Acesso em: 4 out. 2017.

Filo Annelida, Mollusca e Arthropoda

Convite ao estudo

Caro aluno, bem-vindo à terceira unidade de estudo! A pesquisa científica faz parte do universo do aprendizado de um biólogo, e diversas linhas podem ser abordadas na área da zoologia de invertebrados. Fruto da curiosidade, a partir da observação, é através da pesquisa que hoje conhecemos as características, o desenvolvimento, a importância ecológica e/ou para a saúde de diversos invertebrados, como os protozoários, os poríferos e os nematódeos, estudados nas unidades anteriores. Porém, toda a descoberta obtida através da pesquisa científica deve ser compartilhada com a comunidade acadêmica e com a sociedade, pois a transmissão do conhecimento é a base de todo aprendizado.

Nesta unidade, vamos aprender sobre as principais características dos *Filos Mollusca, Anellida* e *Arthropoda*, além das principais modificações anatômicas que contribuiram para o sucesso e sobrevivência destes interessantes animais.

Para tanto, vamos acompanhar o professor Rubens, pesquisador em paleontologia, com especialização em invertebrados. Sua equipe, composta de alunos da graduação, mestrandos e doutorandos, reúne-se quinzenalmente para discutir seus projetos e novos artigos publicados na área. Na última reunião, o professor lançou a seguinte reflexão: “como os fósseis são vestígios de seres que viveram em épocas distantes, como conchas, ossos, pegadas etc., componentes carnosos raramente deixariam fósseis reconhecíveis. Tanto que não há registros de moluscos antes de terem adquirido as conchas, e ainda há questionamento sobre algumas conchas

primitivas serem mesmo restos de moluscos. Nesse raciocínio, lanço a vocês a indagação feita por Yochelson, em 1978, que disse: se os escafópodes estivessem extintos e suas partes moles fossem desconhecidas, poderiam ser denominados de moluscos? Pensem e discutiremos sobre isto na próxima reunião". Ângela, uma aluna da graduação, assim como todos da equipe, sentiu-se confusa diante da indagação. Em continuidade, a aluna apresentou um artigo que dizia ser o metamerismo o advento mais significativo durante o processo de evolução, o qual surgiu no *Filo Anellida*. A escolha do tema era para que os demais alunos a ajudassem a compreender este evento. Porém, o resultado foi uma divisão de opiniões, na qual alguns concordavam com o artigo, enquanto outros defendiam o processo de artropodização como o principal evento evolutivo, sendo muito bem demonstrado pelo *Filo Arthropoda*. Diante da discussão gerada, o professor notou a necessidade de intervir para esclarecer tais eventos. Preparado para mergulhar no mundo de animais tão diversos e incrivelmente adaptados? Então, vamos em frente!

Seção 3.1

Mollusca

Diálogo aberto

Os invertebrados são fonte de estudos também em questões que envolvem a compreensão do passado da vida na Terra, através do estudo dos fósseis eternizados em rochas. Este registro é muito importante para a compreensão da diversidade e da distribuição geográfica dos grupos biológicos atuais. Da mesma forma, o conhecimento das características morfológicas das espécies viventes e o estudo de seu desenvolvimento permitem extrapolar informações aos seres extintos, como seu modo de vida, locomoção e reprodução.

Como vimos, o professor Rubens expôs uma reflexão para ser discutida na reunião seguinte. A reflexão era sobre a indagação feita por um pesquisador em 1978, que dizia que: “Se os escafópodes estivessem extintos e suas partes moles fossem desconhecidas, poderiam ser denominados como moluscos?”. Entretanto, Ângela, a aluna da graduação, sente-se muito confusa e com dificuldade em encontrar alguma resposta cabível para o problema. De início, sabemos que para esta reflexão é necessário antes conhecer as características gerais dos escafópodes. Dessa forma, como você descreveria os escafópodes para ajudar Ângela na tarefa solicitada pelo professor Rubens?

Esta seção apresenta as principais informações sobre a morfologia e a biologia dos representantes do *Filo Mollusca*, dentre os quais estão os escafópodes, além de diversos outros organismos, como polvos, caramujos e ostras. Você verá o quão heterogêneo é este grupo, que possui representantes em todos os tipos de habitats e com variados formatos e tipos de conchas, quando presente, para proteger o corpo. Vamos começar? Bons estudos!

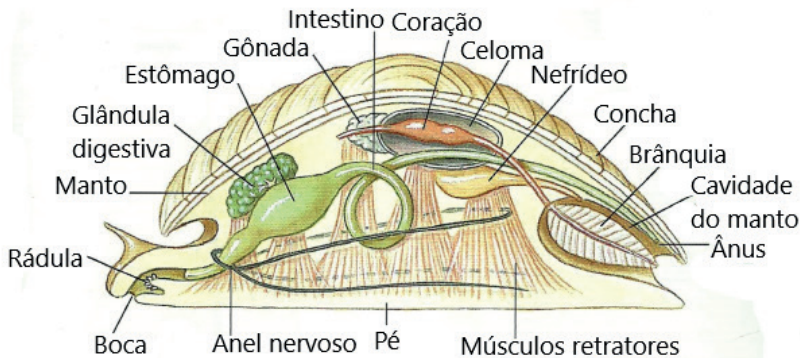
Não pode faltar

Filo Mollusca

Estrutura geral

Os moluscos compõem o segundo maior grupo de animais em abundância de espécies, com aproximadamente 50.000 espécies vivas entre herbívoros, predadores, filtradores, detritívoros e parasitas. A Figura 3.1 ilustra a estrutura de um molusco generalizado, cujo corpo é mole, com simetria bilateral e a superfície ventral é achatada e muscular, formando o pé rastejante. Músculos retratores podais se prendem em cada lado do pé e à superfície interna da concha, puxando-a para baixo e criando uma câmara na região posterior do corpo, chamada de cavidade do manto, a qual abriga os ctenídeos (brânquias) e os nefrídeos. Os ctenídeos consistem em longos eixos achatados com filamentos triangulares dispostos alternadamente ao longo do eixo (bipectinada), ou dispostos ao longo de apenas um dos lados (monopectinada).

Figura 3.1 | Estrutura corporal de um molusco generalizado



Estrutura corporal de um molusco generalizado. Detalhe para a brânquia bipectinada e para a rádula, órgão raspador para a ingestão do alimento.

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 309).

Cílios presentes nas brânquias promovem a circulação de água e a remoção de sedimentos presos pelo muco secretado por glândulas hipobrânquias. Na maioria dos moluscos, glândulas secretoras de muco e cílios estão presentes em toda a superfície exposta do corpo, especialmente na região do pé, para facilitar a locomoção.

A epiderme recebe o nome de manto ou pálio e é responsável pela secreção da concha que protege a massa visceral. As conchas possuem, tipicamente, três camadas: o perióstraco, mais interno e constituído de conchiolina (proteínas associadas a quinonas); a camada prismática, mediana e que consiste em prismas de carbonato de cálcio compactados e depositados numa matriz proteica; e a camada nacarada, em contato com o manto e secretada constantemente como finas camadas que, em algumas espécies, podem resultar em madreperolas iridescentes.

A boca é revestida por cutícula e seu piso forma uma massa cartilaginosa e muscular, denominada odontóforo. Proveniente da parede posterior da boca está a rádula, uma cinta membranosa, com fileiras de dentes, usada para raspar e extrair partículas alimentares. O alimento é preso por cordões mucosos e transformados numa massa rígida, o protóstilo, cuja liberação ocorre devido ao pH ácido estomacal. As partículas menores são transportadas para os divertículos digestivos, enquanto que as maiores vão para o intestino. O processo digestivo principal ocorre no interior de células dos túbulos distais. O intestino é enrolado e os dejetos são eliminados através do ânus, localizado na margem posterior da cavidade do manto. Já as excretas são eliminadas através de rins, que se abrem para o exterior através de nefridióporos. A cavidade celômica (pericárdio) é pequena e circunda o coração, que conduz o sangue à hemocele e espaços teciduais, retornando através dos nefrídeos e brânquias. Entretanto, em lulas e polvos a circulação é semelhante à dos vertebrados, encerrada em vasos revestidos pelo endotélio, gerando um sistema de alta pressão.

Classe Monoplacophora

Os monoplacóforos possuem apenas uma concha com forma achatada ou de cones curvo (Figura 3.2). Possuem tamanhos entre três milímetros e pouco mais de três centímetros, e alimentam-se de diatomáceas, foraminíferos e espículas de esponjas.

Na região da boca, uma prega pré-oral, ou velo, estende-se pelas laterais, formando uma estrutura ciliada e palpiforme, e uma segunda prega se projeta também lateralmente, formando um par de tentáculos pós-orais.

Uma forte característica desta classe é a repetição de estruturas, como cinco a seis pares de brânquias monopectinadas, seis pares de rins, oito pares de músculos retratores podais, e, no coração, dois pares de aurículas e dois ventrículos. O sistema nervoso consiste num par de gânglios cerebrais e um anel circum-oral, do qual se estendem os cordões nervosos. Os monoplacóforos são dioicos, porém, ainda se desconhece o processo de desenvolvimento destes animais.

Figura 3.2 | Ilustração de um monoplacóforo

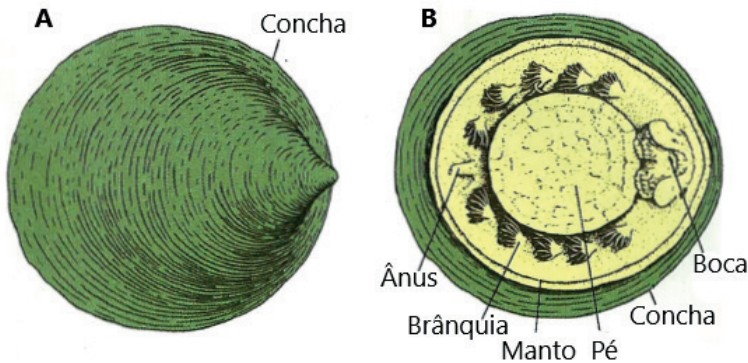


Ilustração de um molusco monoplacóforo. A) Vista dorsal. B) Vista ventral. Detalhe para o pé muscular achatado e para o grande número de brânquias.

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 312).

Classe Polyplacophora

A esta Classe pertence os quítons, organismos adaptados a viverem aderidos em rochas e conchas. O pé é achatado e largo para facilitar a adesão sobre o substrato e seu tamanho varia entre três milímetros e 40 centímetros. O corpo oval é coberto por uma placa única e mais oito placas transversais sobrepostas. Não possuem olhos ou tentáculos e a cabeça é indefinida (Figura 3.3A). As margens das placas são parcialmente recobertas pelo manto, porém, em

espécies de *Katharina* (Figura 3.3B) apenas a seção média de cada placa fica exposta, enquanto que em *Cryptonchiton* as placas são completamente recobertas. Ainda, entre as margens laterais das placas o manto se torna espesso e rígido, formando a cintura, coberta por uma fina cutícula lisa ou com escamas, cerdas ou espículas calcárias, e que auxilia na adesão do animal. As brânquias são bipectinadas e em quantidades diferentes, dependendo da espécie ou do tamanho corporal, enquanto que a cavidade pericárdica possui duas aurículas. Alimentam-se de algas finas e demais organismos presentes em rochas e conchas, como pequenos crustáceos e outros invertebrados. Ainda, os quitons possuem um órgão quimiossensorial (órgão subradular) que testa o ambiente e, ao encontrar alimento, induz a projeção do odontóforo e da rádula para a raspagem e ingestão. Uma característica exclusiva desta classe é a presença de estetas, que são células do manto alojadas em canais da camada superior da placa da concha. Apesar de se conhecer em detalhe a estrutura das estetas, sua função ainda é incerta. A maioria é dioica e os ovos são cobertos por um envelope espinhoso e ser liberado individualmente ou em cordões, ou ainda mantido na cavidade do manto.

Figura 3.3 | Ilustração de um molusco quiton, Classe Polyplacophora

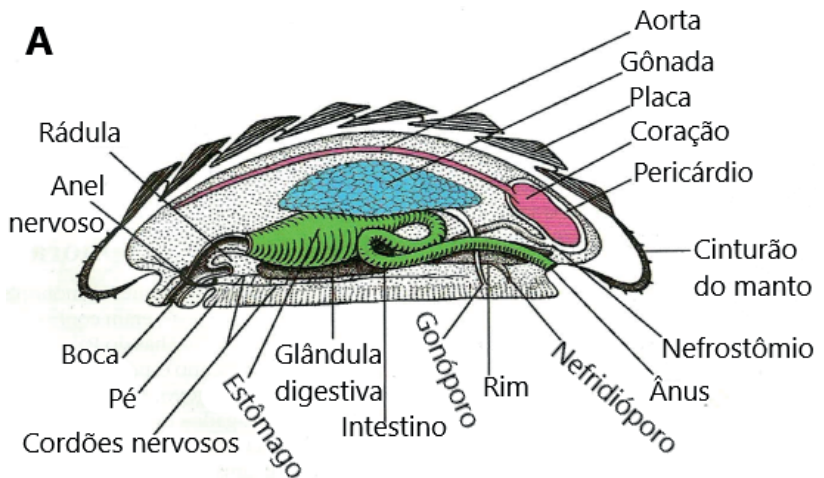




Ilustração de um molusco quíton, Classe Polyplacophora. A) Vista transversal. B) *Katharina tunicata*. Seta indica o manto cobrindo parcialmente as placas.

Fonte: A- Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 312); B- Disponível em: <https://ceb.wikipedia.org/wiki/Katharina_tunicata>. Acesso em: 30 out. 2017.

Classe Aplacophora

O conhecimento de importantes diferenças entre os organismos, como *Chaetoderma* e solenogastres, resultou na separação desta classe em duas novas: a Classe Caudofoveata (Figura 3.4A), são marinhos e vermiformes, com até 14 centímetros de comprimento, escavadores e se alimentam de detritos e microrganismos. Eles não possuem concha, mas escamas calcárias recobrem o corpo. A rádula pode estar reduzida em algumas espécies e são todos dioicos; e a Classe Solenogastres (Figura 3.4B), animais marinhos hermafroditas, vermiformes e desprovidos de concha. A epiderme é recoberta por escamas calcárias ou espículas e não possuem nefrídeos, brânquias e rádula. O pé é transformado num sulco mediano ventral e são livre-natantes, alimentando-se de cnidários.

Figura 3.4 | Ilustração de moluscos aplacóforos

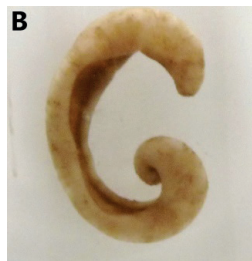
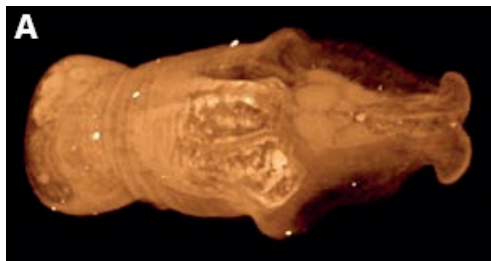


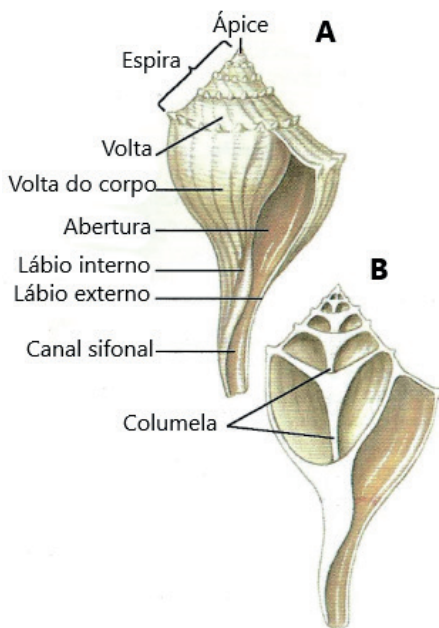
Ilustração de moluscos aplacóforos. A) Classe Caudofoveata. Observe o formato do corpo que facilita a escavação de substratos arenosos e lodosos. B) Classe Solenogastres. Observe o formato vermiforme, desprovido de concha.

Fonte: A- Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Caudofoveata>>. B- <<https://en.wikipedia.org/wiki/Solenogastres>>. Acesso em: 30 out. 2017.

Classe Gastropoda

Esta é a maior classe, com aproximadamente 40 mil espécies vivas e 15 mil fósseis. Habitam ambientes marinhos, de água doce e terrestre, e inclui caracóis, lapas, lesmas terrestres e marinhas, búzios, litorinas, lebres-do-mar e borboletas-do-mar. A concha, quando presente, é univalve, ou seja, constituída de peça única e funciona como um abrigo portátil. Seu formato é cônico e espiralado assimetricamente, devido ao processo de enrolamento, e as voltas situam-se num eixo central, denominado columela (Figura 3.5 A e B). O corpo é alongado e possuem cabeça distinta, com dois tentáculos com um olho em cada base. Uma característica peculiar dos gastrópodos é a torção do corpo em 180°, no sentido anti-horário, resultando na localização das brânquias, da cavidade do manto, dos nefridióporos e do ânus na parte anterior. Este evento ocorre durante o estágio larval e resultou também no fechamento da cavidade do manto pelo lado direito, causando a redução ou a eliminação da brânquia, da aurícula e do nefrídeo deste lado do corpo (Figura 3.5C). Contudo, graus variáveis de destorção corporal são observados em opistobrânquios e pulmonados.

Figura 3.5 | Ilustração da concha e do corpo de moluscos gastrópodes



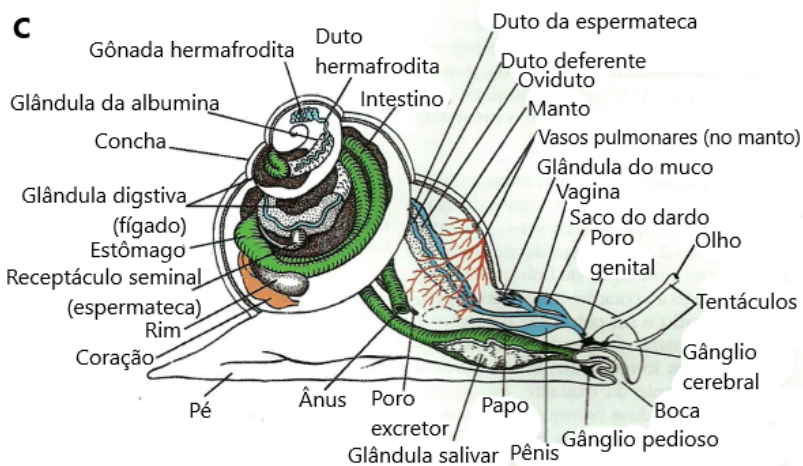


Ilustração da concha e do corpo de moluscos gastrópodos. A e B) Estrutura da concha em espiral. Detalhe para a columela. C) Corte transversal. Detalhe para a torção do corpo.

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 314-317).

Quanto ao hábito alimentar, há gastrópodos herbívoros, necrófagos e carnívoros. Dentre os carnívoros, as espécies do gênero *Conus* se alimentam de peixes, vermes e demais moluscos, e podem desferir doloridas ferroadas, injetando peptídeos tóxicos (conotoxinas), que podem ser letais também para os humanos.



Exemplificando

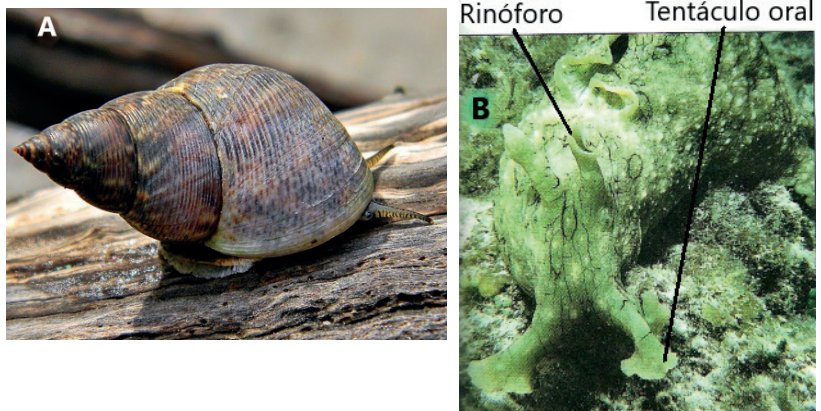
Alguns gastrópodos possuem a área do manto intensamente vascularizada, funcionando como um pulmão. Grande parte da margem livre do manto se funde com o dorso do animal e o pulmão se abre para o meio externo através do pneumostômio.

O sistema circulatório é bem desenvolvido, bem como o sistema nervoso, formado por três pares de gânglios conectados por nervos, e pelos órgãos sensoriais, olhos ou fotorreceptores simples, estatocistos, órgãos tácteis e quimiorreceptores, e osfrádio, com função quimiorreceptora e de determinação da quantidade de sedimento na corrente inalante. A partir da fertilização, interna ou externa dos ovos podem eclodir lavas trocóforas ou véliger, ou

ainda pode haver o desenvolvimento completo dentro do ovo, com a emergência do caracol juvenil.

Apesar da taxonomia dos gastrópodos estar em transformação, esta classe é dividida em três grupos: prosobrânquios (Figura 3.6A), são os abalones, lapas, búzios, litorinas, entre outros. Estão presentes em todos os habitats e a margem do manto se prolonga, formando um sifão, para a separação das correntes inalantes e exalantes. São geralmente dioicos e possuem dois tentáculos; opistobrânquios (Figura 3.6B), são monoicos e a maioria é marinha e de águas rasas, são dioicos e conhecidos como lebres-do-mar, borboletas-do-mar, lesmas-do-mar, e conchas canoa. Possuem destorção completa ou parcial, concha reduzida ou ausente, e dois pares de tentáculos, sendo um par modificado em rinóforos, com função quimiorreceptora; e pulmonados (Figura 3.6C), que são os caracóis terrestres, as lesmas e caramujos límnicos e apresentam pouca destorção. Não possuem ctenídeos, exceto por algumas espécies aquáticas. São dioicos e as espécies aquáticas possuem um par de tentáculos com os olhos em sua base, enquanto que as espécies terrestres possuem dois pares de tentáculo, com os olhos situados no par posterior.

Figura 3.6 | Ilustrações de moluscos gastrópodes



C

Pneumostômio



Ilustrações de moluscos gastrópodes. A) Prosobrânquio literina; B) Opistobrânquio lebre-do-mar. Observe os rinóforos, tentáculos modificados; C) Pulmonado lesma terrestre. Observe o pneumostômio (abertura pulmonar).

Fonte: A- Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/pondapple/10851783953/>>. Acesso em: 30 out. 2017; B e C: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 319).

Classe Bivalvia

Os bivalves são também conhecidos como Pelecypoda e possuem duas valvas. Este grupo compreende os mexilhões, vieiras, ostras e teredos (Figura 3.7A). Eles são sedentários e não possuem rádula. A maioria é marinha, porém há espécies de água salobra e doce e se alimentam de material filtrado. A troca gasosa ocorre através das brânquias, em conjunto com o manto, cuja margem forma longos sífões musculares, que possibilitam escavar a areia ou lodo. O corpo é lateralmente comprimido e as valvas são unidas através de músculos adutores. Ainda, para se proteger de partículas estranhas, como grãos de areia e parasitas que se alojam entre o manto e a concha, alguns bivalves perlíferos secretam camadas de nácar ao redor do objeto estranho, formando, assim, as pérolas.



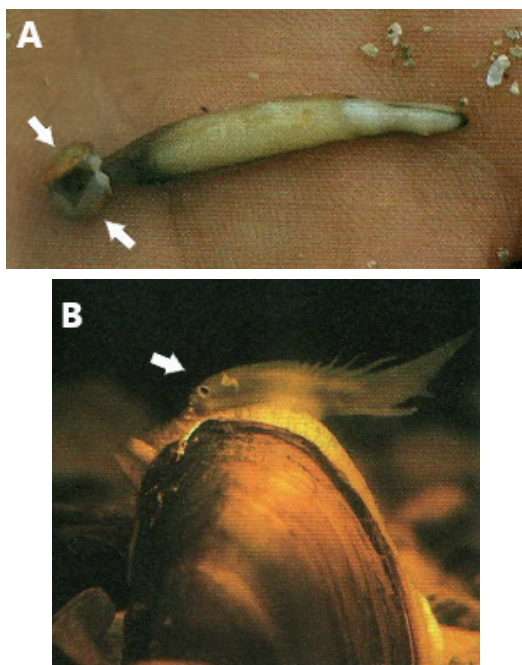
Pesquise mais

A formação das pérolas é um processo bastante lento, e para aumentar a produção e a comercialização, atualmente, existem fazendas de ostras, sendo, no Japão, o gênero *Meleagrina* o mais utilizado. O texto a seguir traz mais informações sobre a produção de pérolas.

AQUACULTURE Brasil. **Cultivo de pérolas**. Disponível em: <<http://www.aquaculturebrasil.com/2016/06/23/cultivo-de-perolas/>>. Acesso em: 29 out. 2017.

A locomoção pode ocorrer por contração muscular do pé ou por propulsão gerada por abertura e fechamento brusco das valvas. O coração é constituído de duas aurículas e um ventrículo, e o sistema nervoso possui três pares de gânglios interligados a um sistema de nervos. Apresentam ainda os órgãos sensoriais estatocistos, osfrádios, e células tácteis e pigmentares no manto. A maioria é dioica e a fecundação é externa. Dos ovos eclodem as larvas gloquídeo (véliger especializado), que possuem duas valvas e se fixam em brânquias de peixes, nas quais permanecem como parasitas por algumas semanas. Após este período, as larvas se desprendem e completam seu desenvolvimento no sedimento. Ainda, espécies como dos gêneros *Teredo* e *Bankia* causam prejuízos para embarcações de madeira, devido às perfurações causadas por esses moluscos.

Figura 3.7 | Representantes da Classe Bivalvia



Representantes da Classe Bivalvia. A) *Teredo*. As setas indicam as valvas. B) *Lampisilis ovata*. A seta indica a margem do manto que imita um pequeno peixe, atraindo peixes predadores e facilitando a impregnação das brânquias pelas larvas gloquídeo.

Fonte: A - Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/pondapple/10851783953/>>. Acesso em: 30 out. 2017; B e C: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 319).



O mexilhão-dourado é um bivalve originário da Ásia e introduzido acidentalmente na América do Sul pela água de lastro de navios cargueiros. Praticamente não possui predadores na fauna brasileira, espalhando-se com rapidez, causando danos, como destruição da vegetação aquática e disputa por alimento de moluscos nativos; prejuízos à pesca; entupimento de sistemas de tomada de água para geração de energia elétrica; comprometimento de estruturas das embarcações etc. (BRASIL, 2016). A introdução de espécies exóticas, praticada para o controle de espécies ditas daninhas ao ambiente, geralmente resulta em danos denominados de "poluição biológica". Até que ponto tais danos são aceitáveis para o meio ambiente?

Classe Scaphoda

Possuem corpo esguio, coberto pelo manto e por uma concha tubular com ambas as extremidades abertas (Figura 3.8) e são conhecidos como dentálíes e possuem tamanhos entre quatro e 250 milímetros. O pé é utilizado para escavar no lodo ou na areia e a troca gasosa é realizada pelo manto, uma vez que não possuem brânquias. Eles alimentam-se de detritos e protozoários capturados pelos captáculos (longos tentáculos), não possuem órgãos sensoriais e são dioicos, com o desenvolvimento de larva trocóforo.

Figura 3.8 | Ilustração de um molusco da Classe Scaphopoda

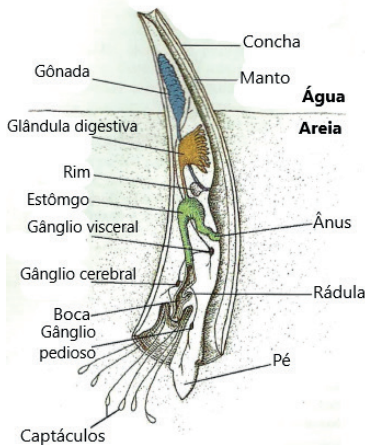


Ilustração de um molusco da Classe Scaphopoda. Observe os captáculos, que capturam o alimento.

Fonte: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 313).

Classe Cephalopoda

São predadores marinhos, compreendendo polvos, lulas, sibas e náutilos (Figura 3.9 A-D), possuem tamanhos variados e o pé tem formato de funil, para expelir a água da cavidade do manto, cuja posição pode ser alterada para direcionar o movimento. A margem anterior do funil se prolonga num círculo com braços ou tentáculos. Os polvos possuem ventosas em seus braços, auxiliando na locomoção por rastejamento e na ancoragem sobre pedras e corais. Em nautiloides, a concha é enrolada e dividida em câmaras repletas por gás e conectadas através do sifúnculo (cordão de tecido vivo). Nas sibas, a concha curva é completamente envolvida pelo manto, e nas espécies de lula, a concha é quase completamente ausente, permanecendo uma camada córnea fina, envolvida pelo manto. Em polvos, a concha desapareceu por completo.

Com exceção dos nautiloides, os cefalópodos possuem brânquias com músculos que comprimem a parede e aumentam a cavidade do manto, drenando a água para dentro.

O cérebro é constituído por vários lobos e milhões de células nervosas e, com exceção ao náutilos, os cefalópodos possuem olhos complexos, constituídos por lente, córnea, câmara e retina. A comunicação em algumas espécies, como *Sepia* e *Octopus*, inclui alteração da cor, por células cromatóforas. Ainda, os cefalópodes possuem uma glândula contendo tinta escura (sépia), a qual é librada formando uma nuvem na água, para confundir os predadores.

Os cefalópodos são dioicos e o macho capta o espermatóforo, contendo os espermatozoides, dentro da sua cavidade do manto, com o auxílio do hectocótilo (braço modificado), e o introduz na cavidade do manto da fêmea. Após a fecundação os ovos saem pelos gonodutos e se fixam em rochas, onde desenvolverão indivíduos juvenis, sem qualquer fase larval.

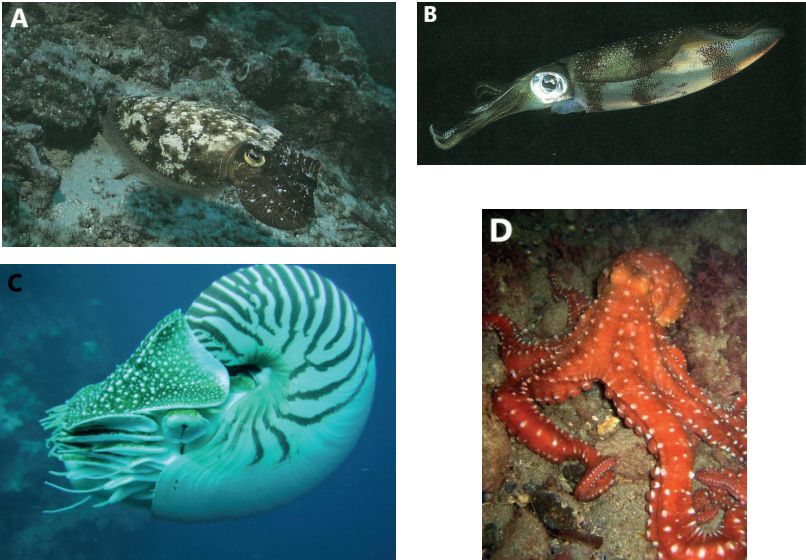


Assimile

Há três subclasses de cefalópodes: *Nautiloidea*, cujo único gênero vivente é o náutilos, que possuem entre 60 a 90 tentáculos desprovidos de ventosas, sendo a aderência feita por secreções viscosas; *Ammonoidea*, todos extintos durante o período *Cretáceo*, possuíam conchas análogas às dos náutilos; *Coleoidea*, que reúne todos os demais cefalópodes existentes. Esta subclasse é dividida em quatro

ordens, sendo *Sepioidea*, constituída pelas sibas e seus aparentados; *Teuthoidea*, que compreende as lulas; *Vampyromorpha*, representada por uma única espécie (lula vampira) de águas profundas; e *Octopoda*, que não possui tentáculos, apenas oito braços.

Figura 3.9 | Representantes da Classe Cephalopoda



Representantes da Classe Cephalopoda. A) Siba *Sepia latimanus*. B) Lula *Sepiotheutis lessoniana*. Detalhe para os olhos complexos. C) Nautilus. Detalhe para os numerosos tentáculos. D) Polvo.

Fonte: A-B: Hickman, Roberts e Larson (2004, p. 328). C- Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nautilus_side.jpg>. D- Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Octopus_macropus.jpg>. Acesso em: 30 out. 2017.

Sem medo de errar

Para auxiliar Ângela a refletir sobre a possibilidade de não considerar como moluscos fósseis de escafópodes, caso fosse desconhecida sua anatomia visceral, vamos descrever as principais características desses animais. Os escafópodes possuem corpo alongado e esguio, sendo todo coberto pelo manto e por uma concha tubular, cujas extremidades são abertas. Seu tamanho varia entre poucos milímetros até 25 centímetros e, devido ao seu aspecto, são conhecidos como dentálios. O pé é modificado para facilitar a escavação e sedimentos como lodo ou areia. Estes animais

são também desprovidos de brânquias, e, portanto, a troca gasosa é realizada pelo manto. Alimentam-se de detritos e de protozoários, os quais são capturados através de longos tentáculos, denominados de captáculos. Os escafópodes não possuem órgãos sensoriais e possuem sexos separados. Após a fecundação, do ovo eclode uma larva trocófora, que dará origem a um novo indivíduo.

Faça valer a pena

1. Os moluscos podem realizar as trocas gasosas através da epiderme, denominada de manto, de uma área altamente vascularizada e que atua como um pulmão, ou ainda por brânquias, sempre, claro, dependendo da espécie e, muitas vezes, do seu habitat.

Sobre as brânquias dos moluscos, é correto afirmar:

- a) São chamadas de ctenídeos, compostas por filamentos arredondados e podem ser bipectinadas.
- b) São chamadas de ctenídeos, compostas por filamentos achatados e podem ser monopectinadas.
- c) São chamadas de ctenídeos, possuem filamentos achatados em ambos os lados e denominadas monopectinadas.
- d) São chamadas de ctenídeos, possuem filamentos arredondados em ambos os lados e denominadas bipectinadas.
- e) São chamadas de ctenídeos, inicialmente são bipectinadas e depois se tornam monopectinadas.

2. Durante o estágio larval véliger, em gastrópodes, ocorre uma rotação em 180° do corpo, resultando no posicionamento de estruturas como ctenídeos, ânus e nefrídeos na parte anterior do corpo. Este evento é uma característica peculiar deste grupo de animais. Ainda, durante seu desenvolvimento, ocorre também a formação da concha em espiral, que pode ser sinistrógira (quando gira para a esquerda) ou dextrógira (quando gira para a direita), e em cujo ápice está a volta mais antiga.

Analise as informações e assinale a alternativa que possui as informações corretas sobre o texto.

- a) O primeiro evento é a torção e resultou na abertura da cavidade do manto, o segundo evento é o enrolamento da concha.
- b) O primeiro evento é o enrolamento e resultou na abertura da cavidade do manto, o segundo evento é a torção da concha.

- c) O primeiro evento é a torção e resultou no fechamento do lado esquerdo da cavidade do manto, o segundo evento é o enrolamento da concha.
- d) O primeiro evento é o enrolamento e resultou no fechamento do lado esquerdo da cavidade do manto, o segundo evento é a torção da concha.
- e) O primeiro evento é a torção e resultou no fechamento do lado direito da cavidade do manto, o segundo evento é o enrolamento da concha.

3. Relacione as características indicadas nas alternativas numeradas de I a V com as Classes de moluscos indicadas de J a M.

I- Possuem corpo oval coberto por uma placa única e oito placas transversais sobrepostas.

II- A concha é univalve e com formato cônico e espiralado assimetricamente.

III- Não possuem rádula.

IV- O pé é transformado num funil que expõe a água, auxiliando no movimento.

Classes:

J- Gastropoda.

K- Bivalvia.

L- Polyplacophora.

M- Cephalopoda.

Assinale a alternativa que contém a relação correta.

a) I – K; II – J; III – M; IV – L.

b) I – K; II – L; III – M; IV – J.

c) I – M; II – K; III – J; IV – L.

d) I – L; II – J; III – K; IV – M.

e) I – L; II – K; III – J; IV – L.

Seção 3.2

Annelida

Diálogo aberto

Nesta seção vamos aprender sobre os anelídeos, que são animais com o corpo segmentado, formando anéis, daí a origem do nome.

Como vimos anteriormente, o professor Rubens reúne-se quinzenalmente com seus alunos para discutirem sobre seus trabalhos e novos artigos publicados. Na última reunião, a aluna Angela apresentou um artigo que defendia o evento de metamerismo como o mais importante acontecimento durante o processo de evolução, tendo surgido nos anelídeos. Como ocorre o processo de metamerismo? E por que este evento é considerado tão importante?

Não pode faltar

Filo Annelida

Estrutura geral

O filo Annelida possui aproximadamente 15 mil espécies, sendo dois terços marinhas, enquanto que as demais são terrestres e de água doce. São protostômios (do grego, protos (primeiro) e stoma (boca)); são os animais em que o blastóporo permanece após a conclusão do desenvolvimento embrionário, com a função de boca, celomados e possuem sistema nervoso mais centralizado e um complexo sistema circulatório. Nos anelídeos o corpo é segmentado através de um processo denominado de metamerismo, em que cada metâmero (segmento corporal) é internamente delimitado por septos e transpassado pelo tubo digestório e por vasos sanguíneos longitudinais, enquanto que externamente são delimitados por sulcos circulares chamados de ânulos.

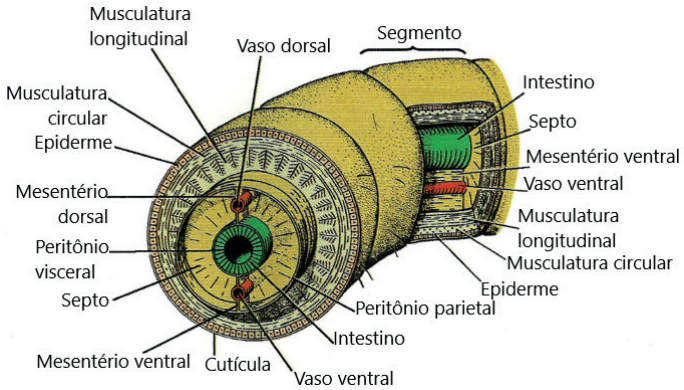


Os anelídeos compreendem um grupo antigo que sofreu extensa irradiação adaptativa. Dentre as alterações, a segmentação corporal, ou metamerismo, resultou em compartimentos celomáticos preenchidos por fluido, cuja pressão é utilizada como um esqueleto hidrostático para a realização de movimentos de natação e escavação. Estes movimentos realizam-se de forma independente em cada metâmero, em diferentes partes do corpo, potencializando sua execução. Adicionalmente, o metamerismo atribuiu valor adaptativo ao sistema nervoso, tornando-o mais complexo e centralizado. Se o celoma já propiciava capacidade de escavação, por atuar como um esqueleto hidrostático, os anelídeos teriam o mesmo sucesso de sobrevivência sem o evento de metamerização?

Um anelídeo típico (**Figura 3.10**) possui uma região anterior (prostômio), onde se localiza a boca, um tronco segmentado e uma região posterior (pigídio), onde se localiza o ânus. A parede corporal é revestida por epiderme e fina cutícula não quitinosa, e possui resistentes músculos circulares e longitudinais, que possibilitam natação, escavação e rastejamento dos animais. Na maioria ocorre a esquizocelia, ou seja, a divisão do mesoderma em cada lado do tubo digestório para a formação do celoma, durante o desenvolvimento embrionário.

Assim, cada metâmero possui um par de cavidades celomáticas, e seu revestimento interno é formado pelo peritônio (epitélio mesodérmico), o qual também reveste os demais órgãos e forma os septos, os mesentério dorsal e o mesentério ventral. Exceto em sanguessugas, o celoma é preenchido por um fluido, atuando como um esqueleto hidrostático, onde a contração da musculatura longitudinal permite o encurtamento corporal, e os músculos circulares promovem o alongamento do corpo. Encurtamentos e alongamentos podem ocorrer em locais restritos do corpo, ou seja, de forma independente em cada metâmero, potencializando a eficiência do esqueleto hidrostático. Esta independência de movimentos é possível devido ao processo de metamerismo.

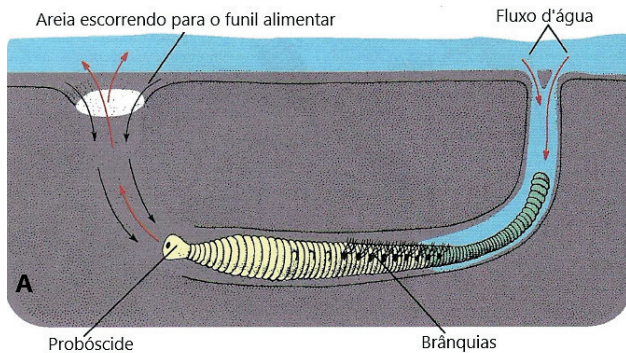
Figura 3.10 | Ilustração da anatomia de um anelídeo

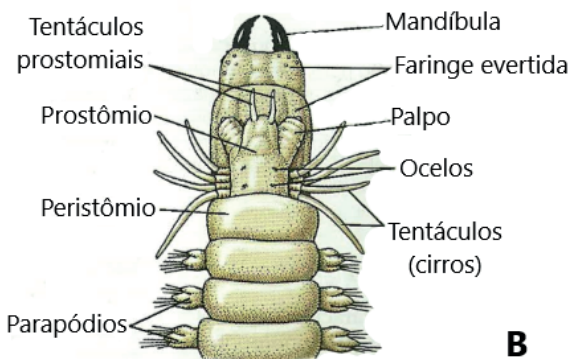


Classe *Polychaeta*

É a maior classe, compreendendo mais de 10 mil espécies, sendo a maioria marinha e com tamanhos entre 5 e 10 cm. Vivem sob conchas, pedras, em tubos escavados na areia ou lodo (**Figura 3.11 (a)**), ou em galerias de outros animais. Seu prostômio é bem definido, com olhos, tentáculos e palpos sensoriais, e pode ser retrátil. A boca é circundada pelo peristômio (primeiro metâmero) e pode conter cerdas ou palpos tentaculares, ou ainda, mandíbulas quitinosas (**Figura 3.11 (b)**). Os poliquetos tubícolas, possuem longos radiolos (tentáculos plumosos) que capturam o alimento em suspensão na água pelo muco, conduzindo-o até à boca através de fendas alimentares (**Figura 3.11 (a)**).

Figura 3.10 | Ilustração da anatomia de um anelídeo





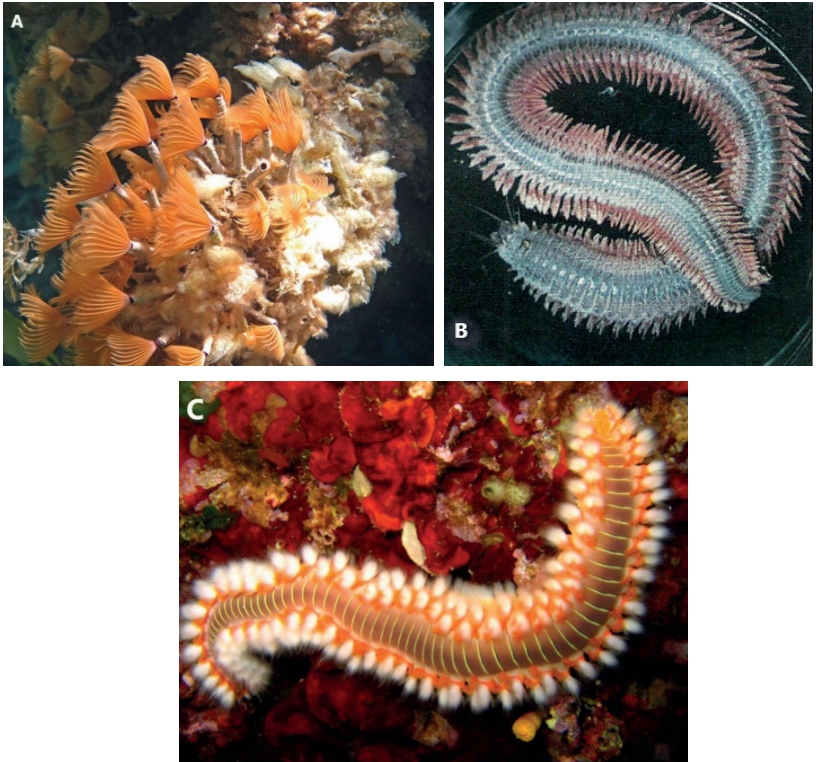
Legenda: A) Poliquetos escavadores. São animais filtradores, se alimentando de partículas presentes no sedimento. B) Região anterior de um poliqueto errante. Detalhe para a mandíbula quitinosa, capaz de cortar tecidos duros.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 339-340).

Apesar de alguns poliquetos possuírem brânquias, as trocas gasosas podem ocorrer através de parapódios, que são estruturas que auxiliam na locomoção ou na ancoragem em tubos, presentes em quase todos os metâmeros, e que podem possuir cerdas, cirros ou lobos. Ainda, em algumas espécies desprovidas destas estruturas a troca gasosa ocorre pela pele. A porção anterior do tubo digestório é revestida por cutícula e compreende o estomodeu, a faringe e o esôfago, enquanto que a porção mediana é revestida pela endoderme. Ambas porções secretam enzimas digestivas, e a porção posterior é revestida pela ectoderme e responsável pela absorção, abrindo-se para o meio externo através do ânus.

Como o padrão circulatório é variável, tomaremos como exemplo o gênero *Nereis* (**Figura 3.12 (b)**), onde o vaso dorsal conduz o sangue em direção à porção anterior do corpo, enquanto que o ventral conduz em sentido contrário. O fluxo entre estes vasos ocorre através de redes circulatórias presentes nos septos, nos parapódios e nos intestinos. Ademais, várias espécies possuem como pigmento respiratório hemoglobina, clorocruorina ou hemeritrina. A excreção é realizada por metanefrídeos, que coletam o fluido celômico através de funis denominados nefróstomas, onde ocorre absorção seletiva.

Figura 3.12 | Diversidade dos poliquetos



Legenda: A) *Bispira brinnea*. Observe os radiolos alaranjados que captam o alimento. B) *Nereis diversicolor*. Observe o prostômio com tentáculos e os parapódios lobados. C) *Hermodice carunculata*. Observe os segmentos bem delimitados.

Fonte: A) <<https://goo.gl/EYjYkG>>. Acesso em: 1 nov. 2017; B) HICKMAN; ROBERTS; LARSON (2004, p. 341); C) <<https://goo.gl/3teqQH>>. Acesso em: 1 nov. 2017.

O sistema nervoso constitui-se de gânglio cerebroide dorsal conectado ao faríngeo, através da comissura circunfaríngea. Ainda, um cordão nervoso ventral duplo percorre todo o corpo, contendo gânglios em cada metâmero. Dentre os órgãos sensoriais estão os estatocistos, os olhos, que em algumas espécies podem ser bem desenvolvidos, e órgãos nucais, que são fendas ou depressões ciliadas e com provável função quimiorreceptora. Os poliquetos são geralmente dioicos e apresentam fase larval (trocóforo) durante seu desenvolvimento. Como não possuem órgãos reprodutores permanentes, os gametas são liberados no celoma e conduzidos ao meio externo através de gonodutos, metanefrídeos ou ainda pela ruptura corporal.



Os poliquetos possuem formas e cores variadas, tornando-os apreciáveis e curiosos. Acessando ao link abaixo, você poderá aprender e conhecer um pouco mais de grupo de anelídeos catalogados na costa brasileira, mais precisamente, no Estado do Ceará.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Polychaeta**. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/24_06_Polychaeta.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.

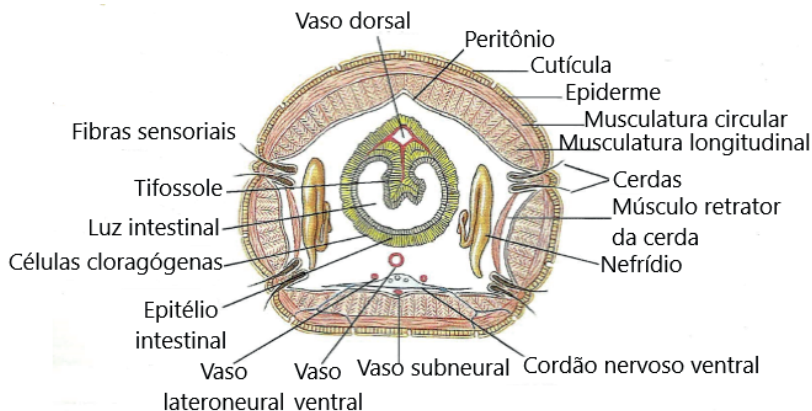
Classe *Oligochaeta*

Esta classe compreende mais de 3 mil espécies, encontradas em grande variedade de tamanhos e habitats, e que também podem apresentar cerdas com diferentes formatos e tamanhos. Porém, como as minhocas são os representantes mais bem conhecidos, as tomaremos como exemplo para descrever as principais características anatômicas desta classe.

As minhocas escavam solos úmidos e férteis, saindo para a superfície durante a noite. Em períodos de seca, elas sobrevivem escavando o solo por alguns metros, onde se enrolam numa camada de muco e entram em dormência. Locomovem-se por movimentos peristálticos e possuem quatro cerdas quitinosas em cada metâmero, que auxiliam na ancoragem do corpo. Contudo, algumas espécies podem ter mais de 100 cerdas em cada segmento.

Os oligoquetos são saprófagos e o alimento é sugado através de uma faringe muscular. No esôfago, glândulas calcíferas promovem a secreção do excesso de íons de cálcio ingeridos, do sangue para o intestino, além de atuarem como órgãos digestivos. O alimento é retido no papo, antes de ser degradado em partículas menores pela moela. A absorção ocorre no intestino, que possui o tiflosole (**Figura 3.13**), que se assemelha a uma prega localizada na parede dorsal, aumentando a absorção.

Figura 3.13 | Seção transversal simplificada através da região pós-clitelar de uma minhoca



Legenda: Detalhe para as células cloragógenas, responsáveis pela síntese de glicogênio de gorduras.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 344).



Exemplificando

O tecido cloragógeno reveste o intestino e o vaso dorsal, e atua na síntese de glicogênio e gorduras, semelhante às células hepáticas. As células cloragógenas (eleócitos), quando repletos de gordura, migram até locais com ferimentos ou em regeneração, onde liberam seu conteúdo.

As trocas gasosas ocorrem por toda a superfície corporal, pois não possuem órgãos respiradores. As excretas, os gases respiratórios e o alimento são transportados pelo fluido celômico e pelo sangue, através de um sistema fechado de vasos e redes de capilares nos tecidos. O vaso dorsal possui válvulas e atua como um coração verdadeiro, enquanto que o vaso ventral atua como uma aorta, conduzindo o sangue para o cérebro e demais tecidos.

Com exceção dos três primeiros e do último metâmeros, todos os demais possuem um par de metanefrídios, responsáveis pela excreção. As excretas são conduzidas pelos nefróstomos até uma estrutura semelhante a uma bexiga e, posteriormente, expelidos através de nefrídíoporos. O sistema nervoso segue o mesmo padrão descrito para o poliquetos e órgãos sensoriais como fotorreceptores e quimiorreceptores estão dispostos pelo corpo e no prostômio, respectivamente.

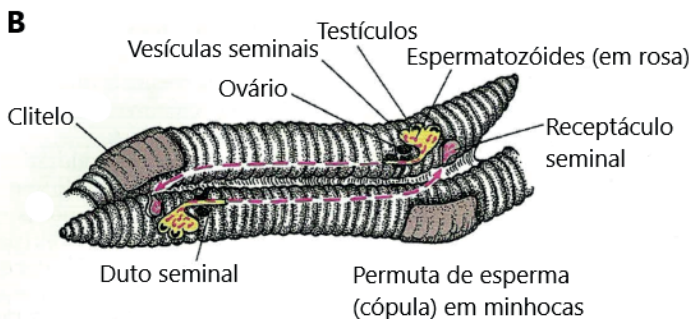
A presença de células neurosecretoras em oligoquetos e em poliquetos liberam hormônios que atuam na determinação de características sexuais secundárias, no controle de atividades reprodutivas e na regeneração. Ainda, na maioria das espécies, fugas rápidas são possíveis devido à axônios gigantes localizados no cordão nervoso ventral, que proporcionam rápida condução e, conseqüentemente, possibilitam a contração muscular simultânea em vários metâmeros.

As minhocas são hermafroditas e, durante a cópula os indivíduos se mantêm unidos na região do clitelo, devido ao muco secretado, e por cerdas ventrais, havendo a troca de esperma. Ao final da cópula, um tubo mucoso é secretado, seguido formação de uma camada quitinosa ao redor do clitelo (**Figura 3.14 (a) e (b)**), formando um casulo. Conforme este casulo se descola, são inseridos óvulos, provenientes dos ovidutos, e albumina, presente nas glândulas epidérmicas e no esperma de outro indivíduo. Após a fecundação, o casulo se desprende do animal e a embriogênese se completa, gerando indivíduos juvenis, sem estágios larvais.

Os oligoquetos límnicos são menores e mais ativos que as minhocas, e podem apresentar órgãos sensoriais mais elaborados. São bentônicos, rastejantes pelo substrato ou constroem galerias no lodo.

Figura 3.14 | Cópula em minhocas





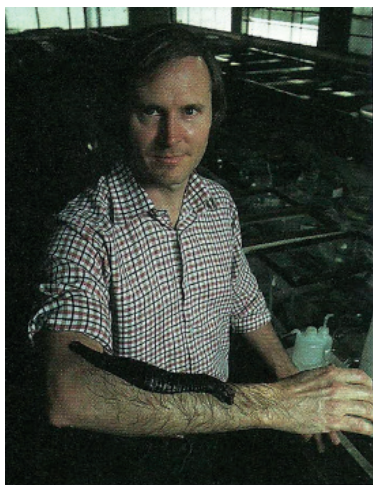
Legenda: A) Duas minhocas em cópula. Observe a região do clitelo (avermelhada), pela qual é feita a permuta espermática. B) Ilustração da anatomia simplificada da região do clitelo.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 347-348).

Classe *Hirudinea*

Esta classe compreende as sanguessugas, cuja maioria habita ambientes de água doce; porém, há algumas espécies marinhas e terrestres. São mais comuns em áreas tropicais devido à temperatura e umidade mais elevadas. A maioria possui tamanho máximo de 6 cm. Entretanto, espécies do gênero *Haementeria* (Figura 3.15) podem alcançar até 20 cm.

Figura 3.15 | *Haementeria ghilianii*, a maior sanguessuga do mundo.

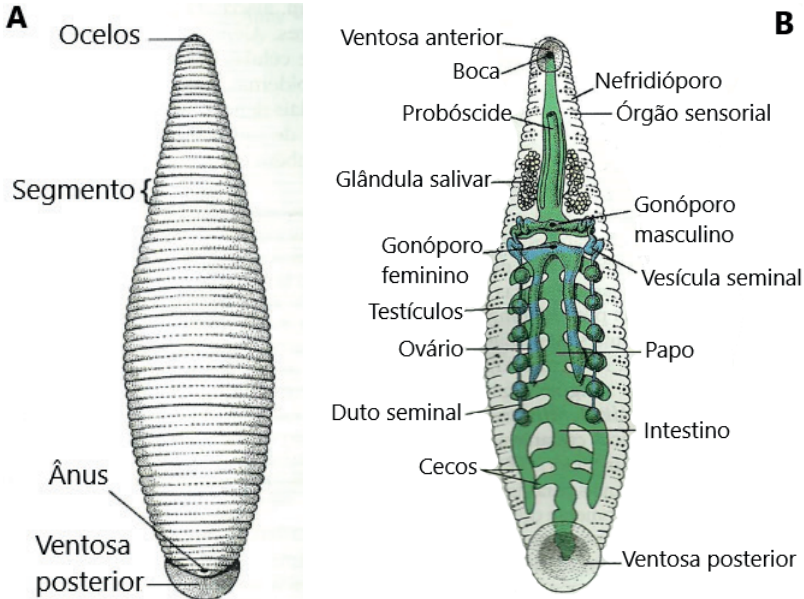


Legenda: Sanguessuga encontrada pelo Dr. Roy K. Sawyer na Guiana Francesa, América do Sul.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 349).

São dorsoventralmente achatadas e utilizam suas faringes ou probóscides para penetrar o tecido do hospedeiro – geralmente brânquias de peixes. Porém, algumas espécies possuem mandíbulas quitinosas contendo a borda serrilhada, capazes de cortar tecidos mais grossos. As sanguessugas possuem ventosas, ao invés de cerdas, que as mantêm fixadas no hospedeiro, e seu tubo digestório se especializou para armazenar grande quantidade de sangue. A Figura 3.16 ilustra a anatomia das sanguessugas.

Figura 3.16 | Anatomia das sanguessugas



Legenda: A) Vista dorsal. Detalhe para os segmentos contendo sulcos que formam anéis superficiais. B) Estrutura interna em vista ventral. Observe as ventosas anterior, na região da boca, e posterior, utilizada para locomoção, fixação e alimentação.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 349).

As sanguessugas, em semelhança aos oligoquetos, são hermafroditas e possuem clitelo, formado somente no período de acasalamento. Sua locomoção ocorre pela fixação sequencial de ventosas e depois com a segunda, puxando o corpo sobre sedimento. Podem também nadar através de movimentos ondulatórios.

Apesar da aparente elevada segmentação, os hirudíneos possuem um número fixo de metâmeros, geralmente 34, mas há variações. A percepção de maior segmentação é decorrente de que cada

ânulo possui sulcos que formam entre 2 e 16 anéis superficiais. Outra característica discrepante em relação aos demais anelídeos é o preenchimento da cavidade celomática por tecido conjuntivo, a ausência de septos e o preenchimento das lacunas pelo tecido celomático e que atuam como sistema circulatório auxiliar. Entretanto, em algumas ordens os vasos sanguíneos estão ausentes, sendo o sistema circulatório formado apenas pelos seios celomáticos.

A maioria das espécies límnicas são predadores ativos ou saprófagos, ingerindo pequenos invertebrados ou sugando o sangue de animais ectodérmicos. Espécies de água doce se alimentam do sangue de vertebrados como equinos, bovinos e humanos (**Figura 3.17**), enquanto que as espécies terrestres podem se alimentar de larvas de insetos, de minhocas e de lesmas, ou mesmo de sangue de aves e mamíferos.

Figura 3.17 | *Hirudo medicinalis* se alimentando de sangue humano



Legenda: Detalhe para a ventosa na região anterior, completamente fixada na pele para a ingestão do sangue.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 349).



Assimile

Durante séculos as "sanguessugas medicinais" (*Hirudo medicinalis*) foram utilizadas para sangria devido à crença equivocada de que as doenças se deviam ao acúmulo de sangue. Estes animais podem ingerir grande quantidade de sangue, distendendo-se até atingirem um tamanho bem maior. Entretanto, estas sanguessugas voltaram a ser utilizadas para fins medicinais. Elas são utilizadas para diminuir a

congestão até que as veias de locais de amputação, como dedos das mãos, dos pés e orelhas, voltem a se formar. Esta prática tem auxiliado os microcirurgiões a reconectar artérias e veias mais delicadas.

Apesar de a respiração ocorrer por toda a superfície corporal, algumas sanguessugas de peixes podem possuir brânquias. A excreção é realizada através de nefrídios, porém, celomócitos e outras células também podem estar envolvidas neste processo. O sistema nervoso é constituído de dois cérebros, sendo um localizado na parte anterior do corpo, ao redor da faringe, e o segundo localizado na região posterior. Ao longo do cordão nervoso duplo há 21 gânglios, além de terminações nervosas livres e células fotorreceptoras, pela epiderme, e sensilas, fileira de órgãos sensoriais no ânulo central de cada metâmero.

Os hirudíneos também são hermafroditos e a transferência de esperma durante a cópula ocorre pelo pênis ou pela liberação de pneumatóforo (impregnação hipodérmica) que penetra no tegumento do parceiro. Após a cópula, também ocorre a formação do casulo que é preso em algum objeto submerso, no caso de espécies aquáticas, ou em solo úmido, pelas espécies terrestres. Neste grupo o desenvolvimento é direto, semelhante ao dos oligoquetos.

Branchiobdellida

São anelídeos parasitas ou comensais de lagostins de água doce (**Figura 3.18**). Possuem semelhanças tanto com oligoquetos quanto com hirudíneos, porém, não possuem cerdas e seu tamanho varia entre 1 e 10 mm. São constituídos de 17 metâmeros, com a cabeça modificada numa ventosa com um círculo de projeções digitiformes e a boca contém dois dentes. A porção posterior também se modificou numa ventosa e o ânus se localiza na parte dorsal. O sistema circulatório é semelhante ao padrão dos anelídeos, o celoma é segmentado e a excreção é realizada por dois pares de metanefrídios. Os branquiobdelídeos são hermafroditos com fertilização interna e os zigotos, contidos no casulo, e presos em seus hospedeiros, os quais se desenvolverão em criptolarvas.

Figura 3.19 | Branquiobdelídeos parasitando um lagostim



Legenda: As setas indicam os anelídeos.

Fonte: <<https://goo.gl/eLiqAG>>. Acesso em: 1 nov. 2017.

Sem medo de errar

A aluna Angela apresentou um artigo que comentava sobre o evento de metamerismo, ocorrido, inicialmente, em anelídeo. Porém, a aluna precisa de ajuda para compreender melhor este processo. Sendo assim, vamos explicar.

O metamerismo é a segmentação do corpo formando compartimentos separados por septos, e cada qual possui todos os órgãos e sistemas do organismo. Este foi um evento bastante importante e funcional, pois, anteriormente a força gerada pela contração muscular se disseminava ao longo do corpo pelo fluido celomático indiviso e, com a metamerização, os movimentos de cada segmento são independentes e localizados, o que potencializou a capacidade de movimentos, como escavatórios, além de implicar numa evolução na complexidade e centralização do sistema nervoso.

Faça valer a pena

1. As minhocas são os anelídeos terrestres mais bem conhecidos, especialmente por sua importância na aragem e enriquecimento do solo, pela produção do húmus. Em seus estudos, Charles Darwin calculou que passam pelos intestinos das minhocas entre 10 e 18 toneladas de terra seca, por acre, trazendo elementos como potássio de fósforo do subsolo para a superfície.

Assinale a alternativa que apresenta informações corretas acerca das minhocas.

- a) Reprodução assexuada, monoicos, fecundação externa e desenvolvimento indireto.
- b) Reprodução sexuada, dioicos, fecundação externa e desenvolvimento direto.
- c) Reprodução sexuada, monoicos, fecundação cruzada e desenvolvimento indireto.
- d) Reprodução sexuada, monoicos, fecundação externa e desenvolvimento direto.
- e) Reprodução sexuada, dioicos, fecundação externa e desenvolvimento indireto.

2. O filo Annelida compreende um grupo cosmopolita e que habitam variados ambientes, seja marinho, dulciaquícola ou terrestre. Seus representantes sofreram extensa irradiação adaptativa, sendo a característica mais marcante a divisão do corpo por septos, formando compartimentos celomados preenchidos por fluido. Dentre as demais características apresentadas por representantes deste filo estão:

I- O clitelo é uma região do corpo que produz bastante muco para a união de dois vermes durante a cópula.

II- Brânquias ramificadas estão presentes na região da cabeça em muitos poliquetos.

III- A fixação das sanguessugas ocorre através de ventosas e a pele do hospedeiro é perfurada por mandíbulas serrilhadas.

IV- Não há poliquetos marinhos; esses vermes vivem apenas em água doce.

V- As minhocas são capazes de mastigar restos vegetais e terra por possuírem fortes mandíbulas.

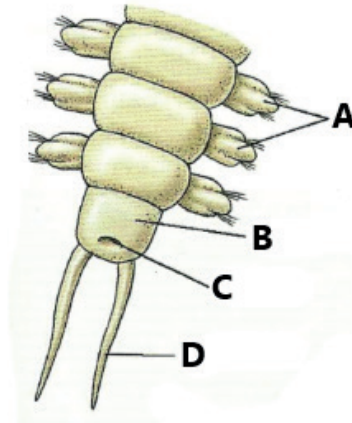
VI- A presença de hemoglobina torna vermelho o sangue das minhocas.

Assinale a alternativa que contenha apenas as afirmativas corretas.

- a) I, II, III, VI apenas.
- b) I, II, III, V apenas.
- c) I, IV, V, VI apenas.
- d) II, III, IV, V apenas.
- e) Todas as alternativas estão corretas.

3. Os poliquetos são chamados de errantes quando habitam conchas, pedras, mas podem também habitar tubos escavados na areia ou lodo, ou mesmo escavações de outros animais, sendo denominados tubícolas. A ilustração a seguir representa a região posterior do corpo do poliqueto errante *Nereis virens*.

Figura 3.20 | Região posterior de um poliqueto



Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 339).

Assinale a alternativa que descreve corretamente as estruturas A, B, C e D.

- a) A- parapódios; B- prostômio; C- ânus; D- cirro.
- b) A- parapódios; B- pigídio, C- ânus; D- tentáculo.
- c) A- parapódios; B- prostômio; C- nefridióporo; D- cirro.
- d) A- parapódios; B- pigídio; C- ânus; D- cirro.
- e) A- parapódios; B- pigídio; C- nefridióporo; D- cirro.

Seção 3.3

Arthropoda

Diálogo aberto

Caro aluno! Nesta seção vamos conhecer o filo Arthropoda, o maior e mais variado dentre os filos de animais invertebrados. Você se lembra que na reunião feita pelo professor Rubens a aluna Angela apresentou um artigo sobre metamerismo, e que ao invés dela conseguir auxílio na compreensão sobre este evento, o resultado foi uma divisão de opiniões? Você se lembra que alguns alunos discordavam, alegando que o processo de artropodização deveria ser considerado como o evento mais significativo? Isto deixou a aluna ainda mais confusa, por também desconhecer este processo. Pois bem, estudando esta seção você será capaz de ajudar Angela a entender o que significa a artropodização. Como ocorre este processo? Porque ele pode ser considerado tão importante para o sucesso de vida dos artrópodes?

Não pode faltar

Filo Arthropoda

Características gerais dos artrópodes

O filo Arthropoda compreende escorpiões, ácaros, centopeias, aranhas, insetos, entre diversos outros, sendo o maior filo do reino animal. A estimativa é de que aproximadamente três quartos do total de espécies animais sejam artrópodes. Assim como os anelídeos, são protostômios e possuem o corpo metamerizado, cada metâmero possui um par de apêndices articulados, característica marcante deste filo. O padrão dos metâmeros e dos apêndices varia entre os grupos, e há uma tendência para a formação do tagma (fusão ou combinação dos metâmeros em grupos funcionais especializados). A maioria é herbívora, mas há espécies carnívoras e onívoras, os campeões em diversidade quanto à distribuição ecológica. Apesar de muitos transmitirem doenças para humanos e outros animais, os artrópodes são de extrema importância para o meio ambiente,

por exemplo, para a polinização de muitos vegetais que servem de alimento para humanos e outros animais.



Assimile

Os filos *Arthropoda* e *Anellida* são semelhantes nos seguintes aspectos: metamerização: disposição segmentar da musculatura, gânglio cerebral dorsal e gânglio nervoso ventral, com gânglios dispostos em cada metâmero e clivagem espiral (em algumas espécies de artrópodes). Porém, os artrópodes diferem dos anelídeos quanto: ao número fixo de metâmeros (nos adultos), a ausência de septos intersegmentares (geralmente), a tagmose pronunciada, a redução do celoma (a principal cavidade do corpo é a hemocele), ao sistema circulatório aberto, exoesqueleto quitinoso, a presença de apêndices articulados, aos olhos compostos (apesar de que poucas espécies de anelídeos também os possuam) e a ausência de cílios.

A provável razão para que os artrópodes tenham alcançado tamanha diversidade e abundância está relacionada a uma série de padrões estruturais e fisiológicos, conhecidos como processo de artropodização, dentre os quais, a presença de exoesqueleto quitinoso (cutícula) secretado pela epiderme e composto pelas camadas procutícula, mais interna e espessa, e epicutícula, mais externa e fina. A cutícula pode ser macia ou formar uma armadura, protegendo contra a desidratação. Entre os apêndices, a cutícula é fina e flexível, formando articulações que permitem total movimento, além de poder ser modificada em órgãos mastigadores, sensoriais, copuladores, e de ornamentação. O crescimento dos artrópodes ocorre por ecdise, ou muda, em que todo o exoesqueleto é trocado por um maior.

Apêndices articulados podem possuir cerdas sensoriais ou serem modificados para funções como locomoção rápida e eficiente, alimentação, natação, além de funções sensoriais. Geralmente, a respiração ocorre por um sistema de traqueias, que levam oxigênio diretamente para os tecidos e células, porém, algumas espécies aquáticas respiram através de brânquias. Órgãos sensoriais também permitem aos artrópodes uma percepção detalhada do ambiente ao seu redor, e comportamentos como o de aprendizagem, são importantes para o desenvolvimento.

Subfilo *Chelicerata*

Os quelicerados compreendem os ácaros, límulos, aranhas, carrapatos, escorpiões, aranhas-do-mar e os já extintos euríptéridos. A maioria se alimenta sugando os fluídos de suas presas.

Classe *Merostomata*

Compreende os extintos euríptéridos, cujos fósseis atingem até três metros, e os xifosuros, que são marinhos de águas rasas e representados pelos gêneros *Limulus*, *Carcinoscorpius* e *Tachypleus*. Possuem carapaça não segmentada, com dois olhos compostos e dois simples; abdômen largo, formado por seis pares de apêndices fundidos, nos quais se localizam brânquias, e terminando num longo télson, e cefalotórax com cinco pares de apêndices locomotores. Alimentam-se de vermes e pequenos moluscos.

Classe *Pycnogonida*

São as aranhas-do-mar, com corpo pequeno e quatro pares de longos apêndices locomotores. Ainda, podem apresentar a duplicação dos metâmeros e, conseqüentemente, dos apêndices. Podem possuir quelíceras e palpos, e alguns machos possuem ovígera (patas nas quais carregam os ovos). Alimentam-se de cnidários e animais de corpo mole.

Classe *Arachnida*

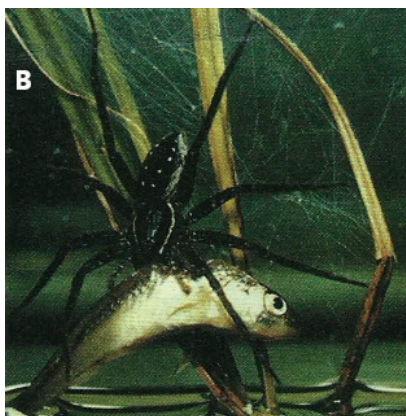
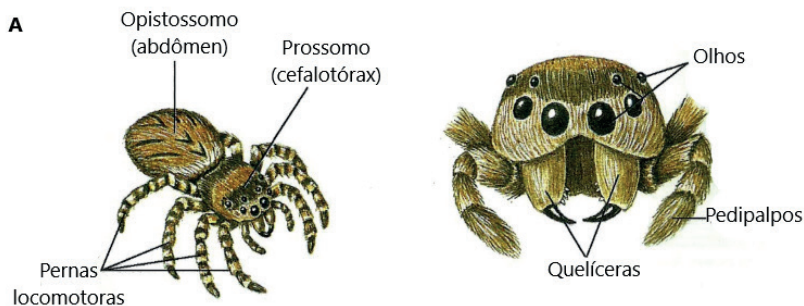
As mais de 70 mil espécies de aracnídeos possuem maior variedade anatômica que os insetos; este grupo incluem aranhas, escorpiões, opilhões, ácaros, carrapatos, entre muitos outros.

Ordem *Araneae*

As aranhas possuem prosomo (cefalotórax) e abdômen (opistossomo), um par de quelíceras, pelas quais o veneno é introduzido na presa, um par de pedipalpos, que trituram o alimento, e quatro pares de apêndices locomotores (**Figura 3.21**). Alimentam-se de insetos e respiram através de pulmões foliáceos (bolsas de ar paralelas que se estendem para a cavidade contendo sangue), traqueias, ou ambos. O sistema excretor é constituído de túbulos de

Malpighi, conectados às glândulas renais, além de glândulas coxais (nefrídios modificados) no primeiro e terceiro par de apêndices locomotores. Possuem oito olhos simples e cerdas sensoriais, e glândulas sericígenas, para a produção de fios de seda, que formam a teia que auxilia na captura de alimento. O macho coloca esperma, envolto numa teia, nos receptáculos seminais da fêmea com o auxílio dos pedipalpos. Os ovos são postos pela fêmea num ovissaco (ooteca) constituído de seda, de onde eclodirão centenas de novos indivíduos.

Figura 3.21 | Estrutura corporal das aranhas



Legenda: A) Ilustração da divisão corporal. Detalhe para a disposição dos olhos e localização das queliceras, que injetam o veneno. B) *Dolomedes triton* alimentando-se de um peixe.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 359-360).

Ordem Scorpionida

Os escorpiões possuem tágmas constituídos por prossomo com um par de olhos medianos grandes e cinco pares de olhos laterais

pequenos; mesossomo (pré-abdômen) com sete metâmeros; e metassomo (pós-abdômen) longo e delgado, com cinco segmentos e que termina em um aguilhão (télson), com o qual injetam o veneno. No abdômen ventral há o pécten, utilizado para testar o ambiente e para o reconhecimento sexual, e se alimentam de insetos e aranhas, utilizando suas quelíceras e pedipalpos.

Ordem Opiliones

Os opiliões possuem cefalotórax e abdômen fundidos, e longos e finos apêndices locomotores. Porém, o abdômen apresenta segmentação externa. São detritívoros e as quelíceras terminam em pinças.

Ordem Acari

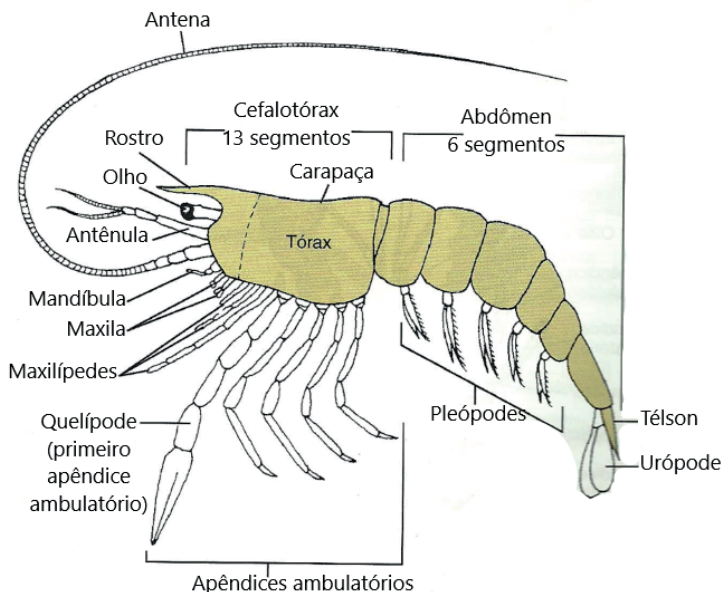
Do ponto de vista econômico e médico, carrapatos e ácaros são os mais importantes aracnídeos e habitam ambientes terrestre e aquático (alguns ácaros). Possuem abdômen sem qualquer segmentação e fundido com o cefalotórax, e quatro partes de apêndices locomotores. As quelíceras, em formatos variados, atuam em conjunto com pedipalpos, também variados, para a alimentação. Estas peças bucais estão localizadas numa pequena projeção, denominada capítulo. As bases dos pedipalpos se fundem formando o hipóstoma, enquanto que o rostro (ou teto) se estende dorsalmente sobre a boca. O desenvolvimento ocorre com a formação de larva, seguido de um ou mais estágios ninfais até chegar à fase adulta. Eles estão entre os principais transmissores de doenças no mundo, entre elas, a sarna humana, por ácaros do gênero *Sarcoptes scabiei*, e propagam agentes como riquetsias, bactérias, vírus, fungos e alguns protozoários. Carrapatos do gênero *Ixopodes* são responsáveis pela doença de Lyme, enquanto que os gêneros *Dermacentor* e *Boophilus* são responsáveis pelas febres da montanha e do gado, respectivamente.

Subfilo Crustacea

Os crustáceos são de maioria marinha, mas há espécies dulciaquícolas, que possuem cefalotórax e cabeça contendo dois pares de antenas, um par de mandíbulas e dois pares de maxilares.

Geralmente, possuem um par de apêndices birreme (dois remos) por segmento e respiram por brânquias ou pela superfície corporal. Podem ainda possuir uma carapaça (cutícula quitinosa) que pode cobrir o corpo parcial ou completamente, exceto nas articulações. Os segmentos não cobertos pela carapaça possuem uma placa dorsal (tergito) e uma ventral (esternito). No último segmento (télson) localiza-se o ânus (**Figura 3.22**). Possuem também rostro não segmentado na região anterior, urópodes, que auxiliam na locomoção, e télson constituído de um leque caudal com variados formatos. Os apêndices possuem uma parte basal (protoprodito), constituído de dois artigos, sobre a qual há o epipodito, frequentemente modificado em brânquias. A principal cavidade corporal é a hemocele, preenchida por sangue, e músculos estriados que promovem extensão e flexão. O sistema circulatório é aberto, com hemolinfa podendo conter hemoglobina ou hemocianina e propriedade de coagulação. A excreção é feita por glândulas antenais ou maxilares, dependendo da posição, conectados à bexiga através de um túbulo renal.

Figura 3.22 | Ilustração da divisão corporal de um crustáceo



Legenda: Detalhe para os urópodes que auxiliam na locomoção por natação e para o quelípode, utilizados para capturar alimento.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 369).

O sistema nervoso é formado por gânglios supra-esofégicos, que enviam nervos para os olhos e antenas, conectados ao gânglio sub-esofágico, do qual partem nervos para boca, apêndices, esôfagos e glândulas antenais. O cordão ventral duplo apresenta gânglios em cada metâmero, assim como ocorre em anelídeos. Dentre os órgãos sensoriais há os olhos, as cerdas táteis, que podem ser providas de sensores químicos, gustativos e olfativos, e os estatocistos. A maioria é dioica e com desenvolvimento indireto, cuja larva mais primitiva é o náupilo. Ainda, apresentam diferentes estratégias de reprodução, como a presença de sacos ovígeros repletos de ovos e presos ao abdômen de copépodes. A alimentação é variada e podem mudar os hábitos alimentares de acordo com o ambiente, havendo detritívoros, predadores e filtradores. A mandíbula e as maxilas auxiliam na ingestão, enquanto que os maxilípedes capturam e trituram o alimento, função esta realizada pelos quelípodes, em espécies predadoras.

Este grupo é dividido entre as classes *Remipedia*, *Cephalocarida*, *Branchiopoda*, *Maxillopoda*, sendo a *Malacostraca* a maior e mais diversa. Dentre os representantes da classe *Malacostraca* estão os isópodes (por exemplo, tatuzinhos-de-quintal; *Caecidotea*), cujo corpo é dorsoventralmente achatado e sem carapaça, com olhos e maxilípedes, além de brânquias e urópodes (apêndices em forma de lâminas que auxiliam na natação), como apêndices abdominais. Os anfípodes são marinhos (por exemplo, *Orchestia*) ou dulciaquícolas (por exemplo, *Hyalella*) e semelhantes aos isópodes, porém, o corpo é comprimido lateralmente; os *Euphasiacea*, que compõem o plâncton marinho, cuja carapaça é fundida com todos os segmentos torácicos, possuem brânquias e são desprovidos de maxilípedes; e os decápodes (por exemplo, caranguejos, lagostins, siris, camarões, lagostas), que possuem três pares de maxilípedes e cinco pares de apêndices ambulatórios, sendo o primeiro modificado em quelas (pinças).



Pesquise mais

Os crustáceos, além de muito interessantes, são importantes para a economia, pois muitos deles servem de alimento para os seres humanos. Acessando o vídeo abaixo você poderá visualizar os principais representantes deste subfiló e suas particularidades.

Crustáceos e companhia. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=HpVJaz0LZ9o>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

Subfilo Myriapoda

Classe *Chilopoda*

São as centopeias, que podem conter até 177 segmentos, cada qual com um par de apêndices locomotores, exceto no primeiro, onde são modificados em garras contendo veneno. Possuem um par de antenas, um par de mandíbulas e dois pares de maxilas, e um par de olhos compostos por grupos de ocelos. O sistema digestório é formado por dois pares de túbulos de Malpighi que se abrem no intestino, e o sistema circulatório apresenta um coração alongado com duas artérias em cada metâmero. O sistema respiratório é traqueal e o sistema nervoso segue o padrão típico dos artrópodes. São dioicos e há espécies ovíparas e vivíparas, habitam locais úmidos e protegidos do sol e se alimentam de minhocas e insetos. Apesar de a maioria ser inofensiva aos seres humanos, existem algumas espécies bastante perigosas.

Classe *Diplopoda*

Conhecidos como piolho-de-cobra e milípedes, possuem entre 25 e 100 metâmeros, cada qual com dois pares de apêndices locomotores. A cabeça possui dois grupos de olhos simples, um par de antenas, um de mandíbulas e um de maxilas, e a estrutura geral do corpo é semelhante à das centopeias. A respiração é traqueal, cujas aberturas (espiráculos) ocorrem aos pares em cada metâmero abdominal. Apêndices no sétimo segmento são modificados em órgãos copulatórios e os ovos são guardados pelas fêmeas em ninhos. Possuem estágio larval, na qual há apenas um par de apêndices por segmento. Alimentam-se de vegetais vivos ou em decomposição e também habitam locais úmidos e protegidos do sol. Quando perturbados se enrolam e produzem substâncias tóxicas ou repelentes, pelas glândulas repugnatórias, como proteção contra predadores.

Subfilo Hexapoda

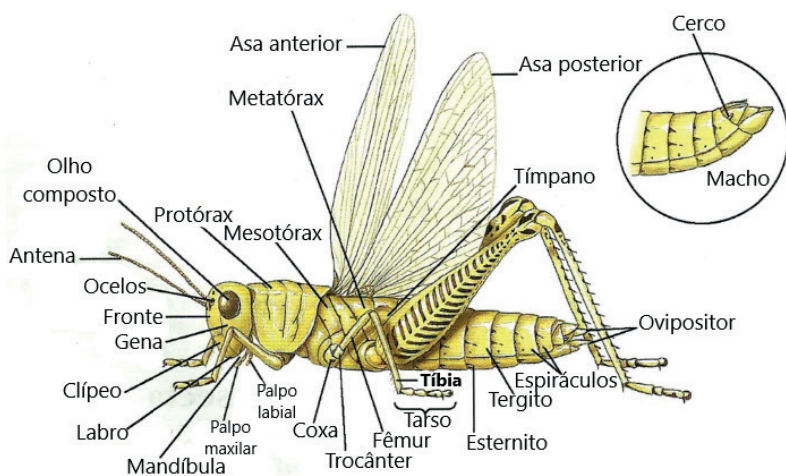
Classe *Insecta*

É o maior grupo de animais, cujo número de espécies está estimado em 10 milhões. Diferem dos demais artrópodes por

possuírem três pares de apêndices locomotores e, geralmente, dois pares de asas na região torácica, porém alguns são desprovidos de asas. Estão presentes em todos os tipos de habitats e modificações em peças bucais, asas, patas (apêndices locomotores), antenas e trato digestivo possibilitaram imensa adaptabilidade.

O exoesqueleto é composto por escleritos (placas) que se conectam por articulações laminares flexíveis e alguns insetos possuem forma corporal generalizada, como os gafanhotos (**Figura 3.23**), enquanto outros são mais especializados. Os tágmas são cabeça, tórax e abdômen, e em cada segmento há o noto (tergito) dorsal e um esternito. Possuem um par de olhos compostos, ocelos (geralmente três), e um par de antenas com tamanhos e formas variados e com funções táteis, olfativas e até mesmo auditivas.

Figura 3.23 | Estrutura geral de um inseto



Legenda: Observe a divisão do tágma tórax em protórax, mesotórax e metatórax.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 392).

O aparelho bucal varia de acordo com a alimentação, mas tipicamente é formado pelo labro, um par de mandíbulas, um par de maxilas, um lábio e uma hipofaringe. O tórax é dividido em protórax, mesotórax e metatórax, com um par de patas em cada. As patas são adaptadas para escavar (por exemplo, paquinhas), saltar (por exemplo, grilos), nadar (por exemplo, besouros), aderir às superfícies (por exemplo, moscas), ou mesmo a captura de presas (por exemplo, louva-a-deus). O abdômen possui de 9 a 11 segmentos,

sendo o último reduzido a um par de cercos. Ainda, o mesotórax e o metatórax possuem um par de prolongamentos cuticulares formados pela epiderme (asas), na maioria das espécies. As asas consistem numa dupla membrana contendo espessas veias cuticulares, que garantem a resistência. Entretanto, os dípteros (moscas, mosquitos) possuem apenas um par de asas, sendo o segundo reduzido a um par de halteres (balancins), que dão equilíbrio durante o voo. As asas anteriores dos besouros são córneas e grossas, enquanto que em gafanhotos são pergamináceas, cobertas por escamas em borboletas e mariposas, ou ainda por pelos, em tricópteros.

O sistema digestório é composto pelo estomodeu (boca com glândulas digestivas, esôfago, papo, moelas), pelo mesênteron (estômago e cecos gástricos), e pelo proctodeu (intestino, reto e ânus). Alimentam-se de fluidos e tecidos vegetais, fungos, animais mortos e algumas espécies são predadores de insetos ou parasitas, como as pulgas. As peças bucais podem ser sugadoras (por exemplo, escorpiões-d'água), formando um tubo que perfura tecidos vegetais ou animais, esponjosas e lambedoras (por exemplo, moscas), compostas por um par de lobos com ranhuras no ápice do lábio, servido como canais alimentares, e mastigadoras (por exemplo, gafanhotos), que agarram e trituram o alimento.

O sistema circulatório constitui-se de um coração e uma aorta dorsal, sendo a circulação auxiliada pelo movimento corporal, e a respiração ocorre por um sistema traqueal. A excreção ocorre através de túbulos de Malpighi, assim como nas aranhas, e o sistema nervoso assemelha-se ao dos crustáceos, porém algumas espécies possuem um sistema de fibras gigantes. Células neurosecretoras, porém, sua função é conhecida apenas em processos como ecdise e metamorfose. Os órgãos sensoriais são, na maioria, microscópicos e localizados na parede corporal, e respondem a estímulos mecânicos, auditivos, químicos, visuais, etc. A presença de músculos estriados possibilitam movimentos, como em pulgas, que são capazes de saltar 100 vezes mais o seu próprio tamanho.



Exemplificando

As células neurosecretoras são células nervosas modificadas para a secreção de hormônios, ocorrem amplamente em invertebrados e vertebrados, sendo correspondentes às das glândulas pituitária e hipotálamo.

Os insetos são dioicos, com fertilização geralmente interna e há métodos diversos para atrair os parceiros. O espermatozoide pode ser depositado na fêmea ou em substratos, para serem pegos pelas fêmeas. Nas ordens *Homoptera* e *Hymenoptera* ocorre partenogênese (desenvolvimento a partir de ovo não fecundado). O desenvolvimento ocorre através de metamorfose iniciada após a eclosão do ovo e cada etapa deste processo recebe o nome de instar. A metamorfose pode ser: holometábola (**Figura 3.24**), ou seja, os processos fisiológicos de crescimento (larva), diferenciação (pupa) e reprodução (adulto) ocorrem separadamente, ou hemimetábola (**Figura 3.25**), ou seja, gradual, incompleta, e ocorre em gafanhotos, louva-a-deus, cigarras e hemípteros terrestres. Entretanto, algumas traças e colêmbolos apresentam desenvolvimento direto. O fato é que o ciclo de vida de muitos insetos ocorre de acordo com o ambiente, podendo estes entrar em dormência (hibernação no inverno e estivação no verão) quando as condições são desfavoráveis. Ainda, pode ocorrer a diapausa, uma dormência regulada geneticamente de acordo com sinais referentes às condições ambientais.

Figura 3.24 | Ilustração de metamorfose holometábola

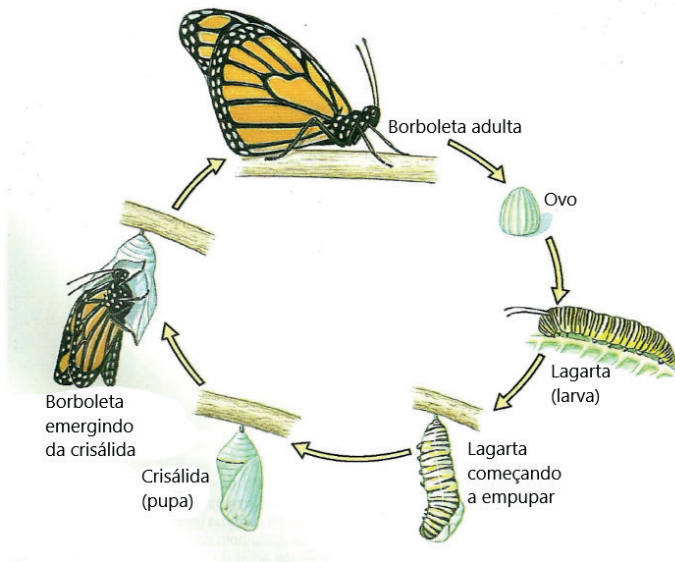


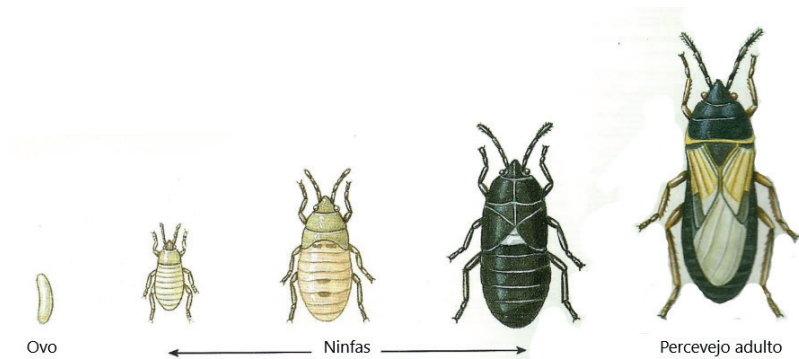
Figura 3.24. Neste processo as fases ocorrem separadamente e sem competição por alimento.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 402).

Dentre os mecanismos de defesa há desde colorações de aviso como luta, odores e gostos desagradáveis e fugas ágeis. A comunicação ocorre por sinais visuais, auditivos, táteis e químicos, sendo este último por feromônios que, quando secretados, alteram o comportamento ou a fisiologia de outros indivíduos.

Os insetos são divididos em ordens de acordo com características de suas asas, aparelhos bucais e tipo de metamorfose. Porém, esta classificação gera muitas controvérsias entre os entomologistas. Dentre as 27 distintas ordens que compreendem esta classe podemos citar: *Lepidoptera* (borboletas e mariposas), *Odonata* (libélulas), *Orthoptera* (gafanhotos, grilos, louva-a-deus, baratas), *Dermaptera* (tesourinhas), *Isoptera* (cupins), *Anoplura* (piolhos sugadores), *Hemiptera* (percevejos, marias-fedidas, barbeiros), *Homoptera* (cigarrinhas, pulgões, cigarra), *Coleoptera* (besouros, vagalumes, gorgulhos), *Diptera* (moscas, mosquitos); *Siphonaptera* (pulgas), e *Hymenoptera* (abelhas, formigas e vespas).

Figura 3.25 | Ilustração de metamorfose hemimetábola



Legenda: Neste processo as fases ocorrem gradualmente.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 403).



Reflita

Alguns insetos, como as abelhas, podem apresentar complexo comportamento social, com diferenciação em castas e divisão de trabalho/responsabilidades. Teriam os humanos se espelhado em tais animais para formar sua própria organização social, ou seria este um comportamento adquirido naturalmente ao longo da evolução? É incrível que seres menos complexos que nossa espécie possuam um poder de organização social tão complexo e funcional.

Sem medo de errar

A artropodização, na verdade não é um evento, mas vários eventos que propiciaram gigantesca diversidade e abundância dos insetos. Dentre estes eventos estão: a formação do exoesqueleto quitinoso, que é secretado pela epiderme e que protege o animal contra ressecamento, além de servir como um escudo, a presença de articulações entre os apêndices, que dão ao inseto total capacidade de movimento apesar do rígido exoesqueleto, o crescimento por ecdise, ou muda, em que todo o exoesqueleto é trocado por um maior, e respiração traqueal, que leva o oxigênio diretamente para as células e tecidos. Estas e outras alterações permitiram que os insetos alcançassem o sucesso reprodutivo e, portanto, de sobrevivência, tornando-os o grupo mais numeroso e diverso de todo o reino animal.

Faça valer a pena

1. Cada grupo dentro do filo *Arthropoda* possui características quanto à divisão do corpo, e quantidade e tipos de apêndices que os diferenciam. Porém, a principal característica compartilhada por todos os representantes deste filo é a presença de patas articuladas, daí o nome *Arthropoda* (do grego *arthros* = articulados, *podos* = pés).

Com relação aos artrópodes, assinale a afirmativa correta.

- a) Os representantes desse grupo apresentam o corpo segmentado.
- b) O corpo dos artrópodes possui um exoesqueleto não quitinoso.
- c) A aranha e o escorpião são insetos que pertencem a esse grupo e não apresentam quelíceras.
- d) A lagosta e o camarão são crustáceos e se apresentam destituídos de antenas.
- e) Todos os insetos apresentam metamorfose completa durante o seu desenvolvimento.

2. Relacione as classes do filo *Arthropoda* apresentadas em algarismos arábicos, com as características morfológicas apresentadas em algarismos romanos:

- 1 – Insetos.
- 2 – Crustáceos.

- 3 – Aracnídeos.
- 4 – Quilópodes.
- 5 – Diplópodes.

I. Corpo dividido em cabeça, tórax e abdômen: três pares de apêndices locomotores.

II. Corpo dividido em cabeça e tronco: um par de apêndices locomotores por segmento do corpo.

III. Corpo dividido em cefalotórax e abdômen: aparelho bucal mandibulado.

IV. Corpo dividido em cefalotórax e abdômen: quelicerados.

V. Corpo dividido em cabeça e tronco: dois pares de apêndices locomotores por segmento do corpo.

Assinale a alternativa que contenha a combinação correta da relação entre as classes de artrópodes e suas respectivas características, apresentadas acima.

- a) I - 2; II - 4; III - 1; IV - 5; V - 3.
- b) I - 3; II - 2; III - 4; IV - 1; V - 5.
- c) I - 1; II - 5; III - 3; IV - 2; V - 4.
- d) I - 1; II - 4; III - 2; IV - 3; V - 5.
- e) I - 2; II - 5; III - 1; IV - 3; V - 4.

3. Complete cada uma das frases com a opção correta, dentre as fornecidas:

I - Artrópodes possuem o sistema digestório _____ (incompleto/completo).

II - Aracnídeos respiram por _____ (traqueias ou pulmões foliáceos/apenas por traqueias).

III - Artrópodes possuem sistema circulatório _____ (aberto/fechado).

IV - Insetos eliminam suas excreções por meio de _____ (túbulos de Malpighi/glândulas coxais).

V - Crustáceos excretam por meio de suas glândulas antenais, também chamadas de glândulas verdes, e também pelas _____ (glândulas coxais/glândulas maxilares).

Assinale qual alternativa apresenta os termos que completam corretamente cada uma das frases acima.

- a) I - incompleto; II - apenas por traqueias; III - aberto; IV - túbulos de Malpighi; V - glândulas maxilares.
- b) I - completo; II - traqueias ou pulmões foliáceos; III - aberto; IV - túbulos de Malpighi; V - glândulas coxais.
- c) I - completo; II - traqueias ou pulmões foliáceos; III - aberto; IV - túbulos de Malpighi; V - glândulas maxilares.
- d) I - completo; II - traqueias ou pulmões foliáceos; III - fechado; IV - túbulos de Malpighi; V - glândulas maxilares.
- e) I - completo; II - apenas por traqueias; III - aberto; IV - túbulos de Malpighi; V - glândulas maxilares.

Referências

- AQUACULTURE Brasil. **Cultivo de pérolas**. 2016. Disponível em: <<http://www.aquaculturebrasil.com/2016/06/23/cultivo-de-perolas/>>. Acesso em: 23 jun. 2016.
- BRASIL. Ibama. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Mexilhão-dourado**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/especies-exoticas-invasoras/mexilhao-dourado>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Polychaeta**. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/24_06_Polychaeta.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.
- HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. **Princípios integrados de zoologia**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004. 846 p.
- RUPPERT, E.E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996. 1029 p.

Filo Echinodermata

Convite ao estudo

Caro aluno, bem-vindo à quarta unidade de estudo! O ensino em Ciências Biológicas, além de profundo conhecimento, exige que você, como futuro professor, desenvolva criatividade para elaborar aulas diferentes, atrativas e que permitam a compreensão necessária dos alunos sobre cada tema abordado.

Nesta unidade, você aprenderá sobre o filo Echinodermata, cujos representantes são próximos dos cordados por possuírem celoma verdadeiro. Estudará também os principais aspectos morfológicos e de desenvolvimento das classes que constituem este filo tão singular e interessante. Ao final, você terá adquirido conhecimento suficiente para lecionar para vários alunos, concretizando a beleza da profissão do professor: tornar acessível o conhecimento a todos que o procuram. Não economize na criatividade! Abaixo segue uma situação hipotética para você se familiarizar com os métodos que possibilitam a transmissão do conhecimento de forma mais atrativa. Vamos começar?

“É estranho – porém verdadeiro; pois a verdade é sempre estranha; Mais estranha que a ficção.” Foi com esta frase do poeta britânico Lord Byron que Rosa iniciou suas aulas sobre os invertebrados equinodermatas para alunos do ensino médio, devido ao fato de que estes animais são conhecidos por intrigarem zoólogos do mundo todo. Além de utilizar imagens e vídeos para a exposição do tema, Rosa também levou os alunos para visitar o aquário da cidade, acompanhados pelos biólogos Rodrigo e Marta, responsáveis pelo local.

Maria, uma aluna bastante curiosa e interessada, achou divertido descobrir que no mar existem pepinos, bolachas e lírios; porém, estes pepinos não são legumes, as bolachas não são como as que compramos no supermercado e os lírios não são flores coloridas, mas são todos animais invertebrados chamados de equinodermos. Maria e seus colegas aprenderam também que as estrelas-do-mar, apesar de parecerem imóveis, locomovem-se através de pés ambulacrais e caçam suas presas com destreza capaz de deixar com inveja o mais ávido caçador.

No aquário, os alunos puderam ver de perto muitos dos organismos estudados em sala de aula e puderam até mesmo tocar alguns deles. Ao final da visita, Rosa aproveitou para avaliar o aprendizado dos alunos e esclarecer dúvidas quanto à morfologia, desenvolvimento e diversidade dos equinodermos. Assim, a turma foi dividida em três grupos, cada qual acompanhado de um dos biólogos e por ela mesma, cujo primeiro deve descrever o sistema hidrovacular das estrelas-do-mar (classe *Asteroidea*) e sua função, enquanto que o segundo grupo deve descrever a locomoção dos ofiuroídeos (classe *Ophiuroidea*). Já o terceiro grupo deverá responder sobre a nutrição dos crinoídeos, ou seja, dos lírios-do-mar. Maria, que está no terceiro grupo, está ansiosa e feliz por ter que elaborar resposta sobre a classe *Crinoidea*, a qual mais gostou de conhecer.

Seção 4.1

Echinodermata: características gerais e classe Asteróidea

Diálogo aberto

Como vimos, a professora Rosa levou seus alunos do ensino médio para visitar o aquário da cidade como um reforço para as aulas sobre equinodermos. Ao final da visita, a professora dividiu a turma em grupos para avaliação do aprendizado sobre o filo *Echinodermata* e esclarecimento de dúvidas que os alunos possam ainda ter. Consideremos que você seja o biólogo destacado para auxiliar o grupo de alunos que receberam a questão sobre o sistema hidrovascular da classe *Asteroidea*. Como você descreveria o sistema hidrovascular da classe em questão?

Note a importância de utilizar diferentes recursos para aprofundar e enriquecer o aprendizado, e que práticas como esta elaborada pela professora Rosa auxilia também na interiorização do aprendizado, diferente do antigo método de decorar o conteúdo, utilizado ainda por alguns educadores.

Nesta seção você aprenderá sobre as principais características gerais dos equinodermos, além das características que determinam os invertebrados pertencentes à classe *Asteroidea*, conhecidos como estrelas-do-mar. Assim, além de competência quanto ao conteúdo, você poderá começar a pensar em métodos de transmitir estas informações aos seus futuros alunos! Preparado? Então, bons estudos!

Não pode faltar

Filo Echinodermata

Características gerais

Os equinodermos são animais essencialmente marinhos, habitando, em sua maioria, o fundo marinho; dentre seus representantes estão as estrelas-do-mar, os pepinos-do-mar, os ouriços-do-mar, os crinoideos e os ofiuroides. São animais

deuterostômios (quando o blastóporo dá origem ao ânus, durante o desenvolvimento embrionário), o que os aproxima dos animais cordados quanto aos eventos evolutivos, e possuem simetria radial pentamerla, ou seja, o corpo pode ser dividido em cinco partes dispostas ao redor de um eixo central. Entretanto, esta simetria é uma derivação secundária de um ancestral com simetria bilateral.

O nome equinodermo significa pele espinhosa e provém da aparência gerada pela presença de um esqueleto interno constituído por ossículos calcários, os quais articulam entre si (por exemplo: estrelas-do-mar) ou formam uma concha rígida (por exemplo: ouriço-do-mar), e que comumente possuem espinhos ou tubérculos salientes na superfície corporal. A presença de um celoma espaçoso, no qual está suspenso o trato digestório bem desenvolvido, e com canais celômicos e apêndices superficiais caracterizam o sistema hidrovacular, cuja função primitiva era a captura de alimento – mas assumindo função na locomoção destes animais. A maioria dos equinodermos é dioica, com fertilização externa e sem cópula.



Pesquise mais

Ainda é insuficiente o conhecimento acerca dos equinodermos, porém, sabemos que o desequilíbrio no ambiente marinho afeta as populações destes animais e de vários outros, num efeito cascata. Dessa forma, o conhecimento sobre a diversidade dos equinodermos é um importante fator no monitoramento do ambiente marinho, bem como a conscientização da sociedade para questões de conservação ambiental. Os textos a seguir fornecem, respectivamente, informações quanto ao levantamento feito em Pernambuco sobre a diversidade dos equinodermos, e sobre a percepção ambiental de alunos residentes no Litoral Norte do Estado de São Paulo.

LIMA, E. J. B.; FERNANDES, M. L. B. Diversidade de equinodermos (Echinodermata) no Estado de Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 11, p. 55-63, 2009. Disponível em: <<https://zoociencias.ufjf.emnuvens.com.br/zoociencias/article/view/448>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

SAVIETTO, S. F., et al. Ambientes marinhos e costeiros: Qual a percepção de estudantes de escolas do Litoral Norte de São Paulo? **Revista da SBEnBio**, v. 7, p. 6746-6757, 2014. Disponível em: <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0591-1.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

Tecido conjuntivo mutável

A epiderme dos equinodermos é composta por um tecido conjuntivo colagenoso (derme) e pelos ossículos calcários, incrustados na derme, que dão rigidez ao corpo do animal. Porém, estes animais possuem a capacidade de alterar voluntariamente esta rigidez, característica que recebe o nome de tecido conjuntivo mutável. Alterações da rigidez ou flexibilidade do corpo ocorrem de acordo com as circunstâncias do ambiente. Como exemplo, como mecanismo de fuga, os ofiuroides utilizam o amolecimento do tecido conjuntivo resultando na rápida despolimerização em um ponto de ruptura para o descarte do braço imobilizado por predadores. As estrelas-do-mar podem se tornar rígidas para que os pés ambulacrais possam se estender e separar as valvas de mariscos, dos quais se alimentam. Este mecanismo é utilizado também para entrada e fixação em refúgios e na reprodução assexuada.

Aparentemente, este mecanismo é controlado por dois tipos de nervos presentes na matriz extracelular, sendo um que enrijece e outro que amolece a matriz. Adicionalmente, o aumento da concentração de íons de cálcio aumenta a rigidez, enquanto que sua diminuição resulta no amolecimento da matriz, concluindo-se que estes íons formam pontes cruzadas na matriz extracelular. No entanto, este mecanismo ainda não está completamente compreendido.

Desenvolvimento

Os ovos de equinodermos são homolécitos (presença de pouco vitelo distribuído homoganeamente), com desenvolvimento uniforme e clivagem radial e indeterminada. O blastóporo dá origem ao ânus larval e, antes de formar a boca, a extremidade distal do arquêntero dá origem a duas bolsas laterais, das quais resultará a cavidade celômica que se subdividirá nas vesículas celômicas axocele, hidrocele e somatocele – desta última originam-se os mesentérios intestinais.

A gástrula dá origem a uma larva livre natante e com simetria bilateral, enquanto que o adulto possui simetria radial. Durante seu desenvolvimento, as larvas sofrem metamorfose, quando seu lado esquerdo se torna a superfície oral e o lado direito, a superfície aboral. Entre 40 e 50% das espécies possuem larva planctotrófica (que se alimenta de plâncton), enquanto o restante apresenta larva lecitotrófica (que se alimentam apenas do vitelo) ou desenvolvimento direto.

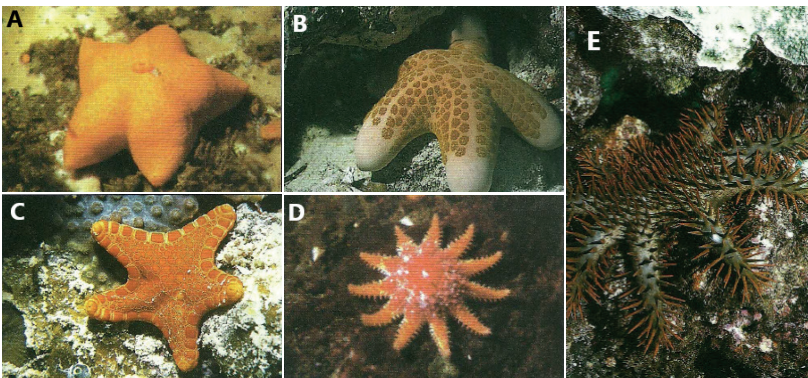


Os equinodermos não apresentam metamerização do corpo, como visto nos filos *Anelida* e *Arthropoda*, e sua simetria é radial pentameral. Não possuem cérebro e o endoesqueleto é formado por ossículos calcários dérmicos e um sistema hidrovacular auxilia na locomoção realizada através de pés ambulacrais. O sistema circulatório é denominado sistema hemal, e seu desempenho é bastante reduzido, ficando esta função realizada por cílios presentes no peritônio. São animais dioicos, com fecundação externa, e com desenvolvimento através de larvas bilaterais livre natantes, seguida da fase larval sésil e metamorfose, originando um equinodermo jovem e com simetria radial.

Classe Asteroidea

À esta classe pertencem as estrelas-do-mar (**Figura 4.1**), cujo corpo possui braços que se estendem a partir de um disco central. Possuem distribuição mundial e vivem sobre rochas, conchas e fundos arenosos e lamacentos. Podem exibir uma combinação de cores, porém as avermelhadas, alaranjadas, verdes, azuis e roxas são as mais comuns.

Figura 4.1 | Diversidade da classe Asteroidea



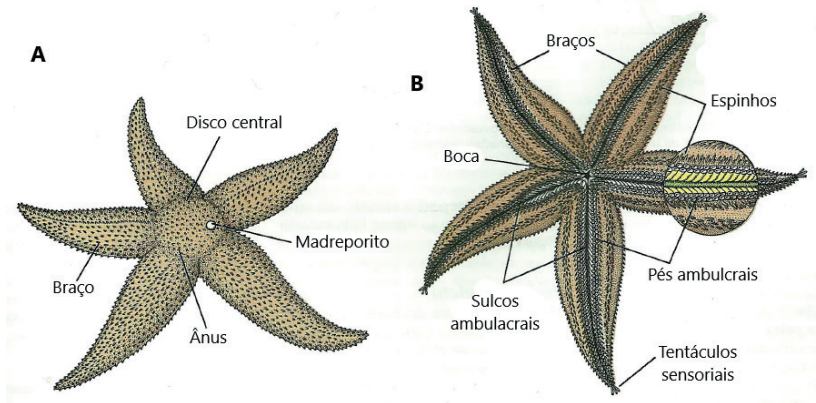
Legenda: A) *Pteraster tessellatus*; B) *Choriaster granulatus*; C) *Tosia queenslandensis*; D) *Crossaster papposus*; E) *Acanthaster planci*. Observe os diferentes prolongamentos dos braços. Em E, observe os longos espinhos que causam dolorosos ferimentos.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 437 e 440).

Estrutura

Os asteroides possuem simetria pentameral, em que a maioria apresenta cinco braços; porém, espécies de sóis-do-mar possuem entre 7 e 40 braços ou mais. O tamanho médio varia entre 12 e 24 cm, mas algumas espécies possuem apenas 2 cm, e outras, como o gênero *Pycnopodia*, pode alcançar até 1 m de envergadura. A superfície aboral (superior) (Figura 4.2 A) possui o ânus, e no centro há uma estrutura em forma de botão denominada madreporito, composto por placa calcária e poros pelos quais ocorre a entrada de água para o sistema ambulacrário. O tamanho dos braços varia entre as espécies e a boca localiza-se na parte inferior do disco central (superfície oral) (Figura 4.2 B). A partir da boca formam-se os sulcos ambulacrais, que possuem quatro fileiras de projeções tubulares, os pés ambulacrais, e sua margem é composta por espinhos. Na extremidade de cada braço há um ou mais pés ambulacrais com função sensorial e uma mancha pigmentar vermelha.

Figura 4.2 | Ilustração das superfícies aboral e oral de estrelas-do-mar



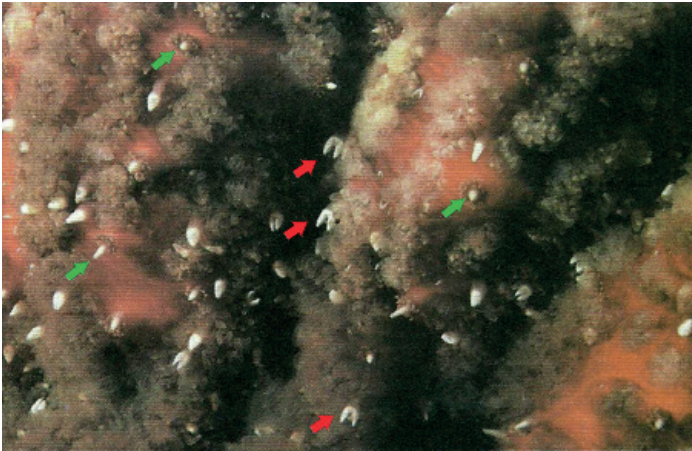
Legenda: A) Superfície aboral (superior), em que se localiza o Madreporito, responsável pelo fluxo de água; B) Superfície oral (inferior), com destaque para a disposição dos sulcos e pés ambulacrais.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 437).

Os detritos que caem sobre o corpo são retidos pelo muco produzido por células mucosas e varrido por cílios de células monociliadas, presentes na superfície externa da epiderme. Abaixo da derme há camadas de músculos lisos longitudinais internos e

circulares externos, que promovem o encurtamento dos braços. Adicionalmente, pequenas estruturas em forma de mandíbulas (pedicelárias) (**Figura 4.3**) são utilizadas para a proteção contra pequenos animais e larvas. Sobre a superfície aboral há pequenas evaginações denominadas pápulas, envolvidas nas trocas gasosas e no sistema hidrovacular.

Figura 4.3 | Vista ampliada da superfície aboral de *Pycnopodia helianthoides*



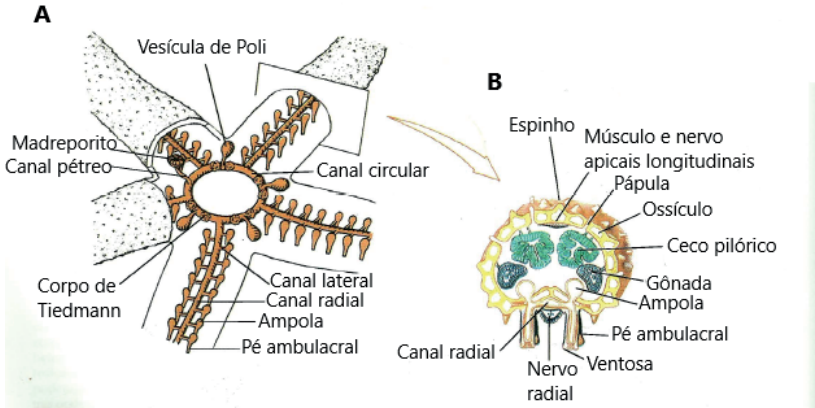
Legenda: as setas vermelhas indicam as pedicelárias, estruturas protetoras em forma de mandíbulas, e as setas verdes indicam os espinhos.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 439).

Sistema hidrovacular

O sistema hidrovacular (**Figura 4.4 A**) possui função locomotora e é constituído por canais e apêndices derivados do celoma, portanto, preenchido por fluido, e cujo epitélio é ciliado. Os canais se comunicam com o meio externo através de poros do madreporito, o qual conduz ao canal pétreo. O canal pétreo se estende até a superfície oral, onde se une ao canal anelar localizado ao redor da boca. Do canal anelar partem canais ciliados radiais para o interior de cada sulco ambulacral presente nos braços. Canais laterais contendo uma valva composta pela ampola, que se abre no interior do pé ambulacral (**Figura 4.4 B**), percorrem toda a extensão lateral dos sulcos ambulacrais. Por sua vez, os pés ambulacrais são projeções tubulares, cujas extremidades formam ventosas, localizadas nos sulcos ambulacrais e dispostos em duas ou quatro fileiras.

Figura 4.4 | Ilustração do sistema hidrovascular de uma estrela-do-mar



Legenda: A) Anatomia geral do sistema hidrovascular. O pé ambulacral se insere entre os ossículos. B) Corte transversal do braço. Observe a ampola conectada ao pé ambulacral.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 438).

Esse sistema funciona como um sistema hidráulico, em que a contração das ampolas resulta no fechamento das valvas dos canais laterais e, conseqüentemente, a água é forçada para dentro dos pés ambulacrais, alongando-os. As ventosas propiciam a adesão ao substrato, porém a aderência é química, através de secreção de substâncias que aderem e que liberam as ventosas. Após a aderência da ventosa, músculos longitudinais do pé contraem-se forçando a água de volta à ampola. O fluxo de água ocorre através de cílios presentes no madreporito, os quais protegem também contra a entrada de partículas maiores, como grãos de areia. Adicionalmente, pequenas bolsas pregueadas, denominadas corpos de Tiedemann, estão presentes na porção interna do canal anelar e auxiliam na fagocitose de corpos estranhos provenientes do fluxo de água. No interior do canal anelar estão presentes também sacos musculares, conhecidos como vesículas de Poli.

O movimento dos pés ambulacrais é coordenado, oscilando para frente e prendendo-se ao substrato, seguida de oscilação para trás.



As ventosas presentes nos pés ambulacrais dos equinodermos assemelham-se aos sistemas de glândulas duplas dos vermes achatados e gastrótricos, utilizadas para a aderência temporária destes organismos.

Algumas espécies de estrela-do-mar, como dos gêneros *Astropecten* e *Luidia* possuem as extremidades dos pés ambulacrais pontiagudas e sem ventosas, facilitando a locomoção sobre superfície arenosa e a escavação.

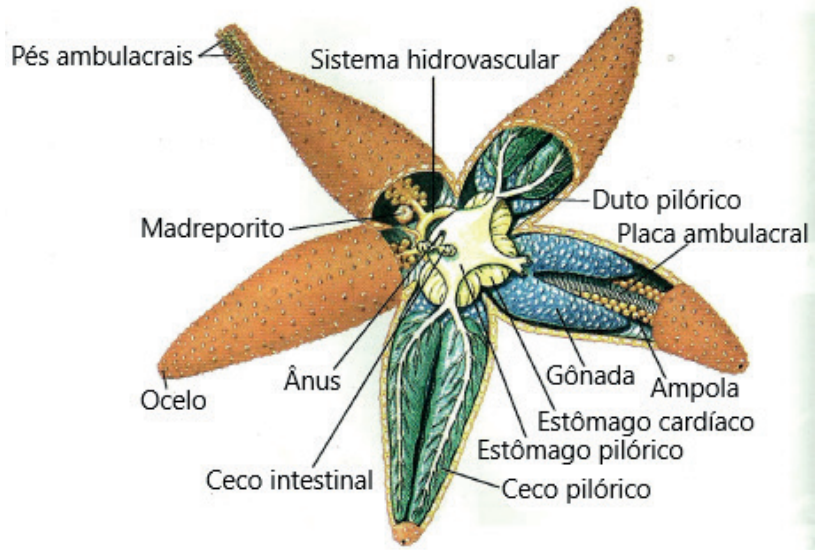
Nutrição, transporte interno, troca gasosa e excreção

A boca muscular possui um esfíncter e está conectada a um curto esôfago, que, por sua vez, se liga a um estômago grande dividido em duas câmaras: aboral, ou estômago pilórico, e oral, ou estômago cárdico. O sistema digestivo (**Figura 4.5**) é radial e o estômago pilórico recebe o conteúdo dos cecos pilóricos (glândulas digestivas) presentes aos pares em cada um dos braços dos asteroides. O intestino é curto, terminando no ânus presente na superfície aboral, e contém vários cecos retais. Adicionalmente, todo o trato digestório possui cílios que promovem o fluxo de entrada e de saída.

Muitos asteroides são carnívoros, alimentando-se de ampla variedade de invertebrados e até peixes, digerindo-os de forma quase que completamente externa. O transporte interno de gases e nutrientes em asteroides e outros equinodermos recebe o nome de sistema hemal, e é constituído de quatro sistemas sanguíneos celômicos: celoma perivascular, que supre as vísceras e se localiza nos braços e no disco central; sistema hidrovacular, já descrito e que supre os pés ambulacrais; sistema do seio hiponeural, que supre o sistema nervoso; e celoma genital, que supre as gônadas. Apesar da presença de coração e sangue incolor, ainda é incerto o padrão de circulação e sua função no transporte de nutrientes.

As trocas gasosas são realizadas por toda a superfície dos pés ambulacrais e das pápulas, local em que também ocorre a excreção de detritos nitrogenados, por difusão.

Figura 4.5 | Anatomia interna de estrela-do-mar



Legenda: destaque para os estômagos cardíaco e pilórico e para a presença de ocelo (órgão sensorial) na extremidade do braço.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 438).

Sistema nervoso

O sistema nervoso dos asteroides e demais equinodermos, está associado à epiderme e constitui-se de um anel nervoso circum-oral, do qual se estendem nervos radiais para o interior de cada um dos braços. Mais profundamente há o sistema hiponeural, que se estende em direção à superfície aboral, onde há o anel nervoso aboral ao redor do ânus e do qual partem nervos radiais ao longo da superfície. Por fim, o plexo nervoso epidérmico interliga todos os sistemas.

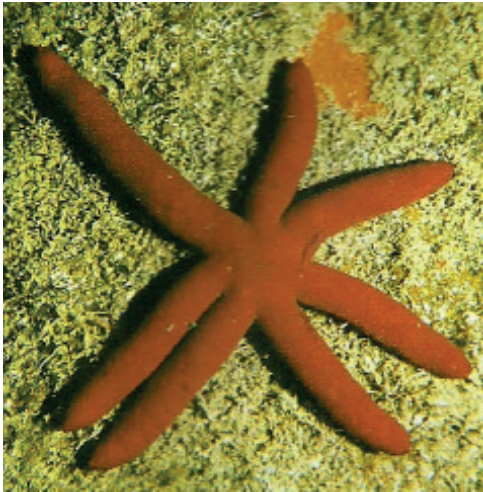
Órgãos táteis e células sensoriais estão espalhados pela superfície e ocelos estão presentes nas extremidades de cada braço. Este conjunto promove reação à luminosidade, substâncias químicas, toque e temperatura.

Reprodução e desenvolvimento

Os asteroides possuem considerável capacidade de regeneração, podendo reconstituir qualquer dos braços perdidos e até mesmo

parte do disco central (**Figura 4.6**). Entretanto, é um processo lento, que pode se prolongar por até um ano. Apesar de algumas espécies poderem se reproduzir assexuadamente, num processo em que ocorre a divisão do disco central e separação do corpo em duas partes, a maioria dos asteroides é dioica e com fecundação externa. As gônadas estão dispostas aos pares em cada braço, porém, em alguns grupos, como os astropectinídeos, há uma fileira de gônadas em cada braço e espécies como *Asterina gibbosa* são hermafroditas.

Figura 4.6 | Ilustração de estrela-do-mar em processo de regeneração



Legenda: *Echinaster luzonicus*, note que foram regenerados 6 braços, provavelmente a partir do mais longo, localizado acima à esquerda.

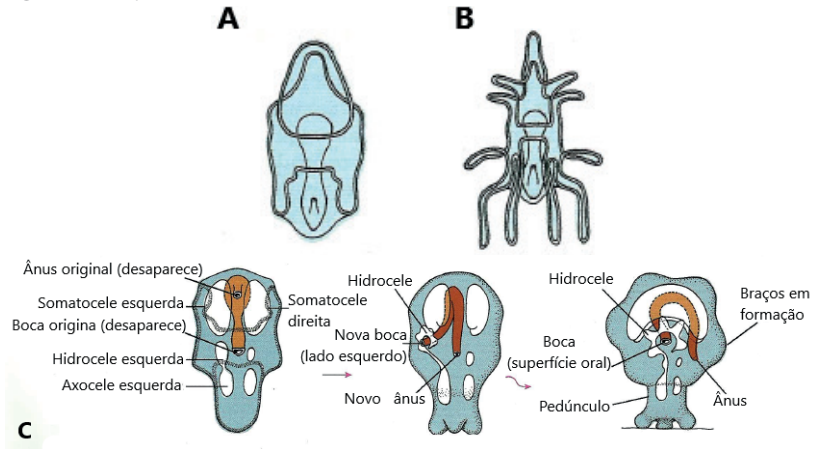
Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 441).

A reprodução ocorre geralmente uma vez ao ano, em que óvulos e espermatozoides são liberados na água marinha, onde ocorre a fecundação. O desenvolvimento do zigoto pode ocorrer de forma direta e em compartimentos aborais especiais ou sob a superfície aboral. Entretanto, na maioria das espécies os zigotos flutuam na água e eclodem como larvas livre natantes. A embriogênese ocorre pelo padrão típico dos deuterostômios, onde a gástrula se forma por invaginação e do arquêntero se origina a cavidade celomática. A compartimentalização do celoma dá origem à hidrocele e à axocele, cujas estruturas na região direita serão removidas, enquanto que as da região esquerda darão origem ao sistema hidrovacular e aos canais, incluindo o pétreo, respectivamente. A larva livre

natante, denominada bipinária (**Figura 4.7 A**), possui cílios que se desenvolvem em braços larvais.

Prosseguindo o desenvolvimento, a larva produz três braços adesivos, com uma ventosa na região anterior, transformando-se na larva braquiolária (**Figura 4.7 B**). Neste estágio, a larva se fixa a um substrato onde passará por uma metamorfose (**Figura 4.7 C**), quando ocorre a transformação da larva bilateral num jovem radial. Assim, a porção esquerda do corpo se torna a superfície oral, enquanto que a porção direita se torna a superfície aboral. Da porção esquerda do celoma se forma o sistema hidrovascular posicionado ao redor da boca e a partir do qual se desenvolverão os canais radiais. Com a formação dos braços e dos primeiros pés ambulacrais, o jovem asteroide se desprende do substrato, tornando-se sexualmente maduro, aproximadamente, aos dois anos de idade e com expectativa média de vida de 10 anos.

Figura 4.7 | Tipos larvais da classe Asteroidea



Legenda: A) Primeiro estágio larval, Bipinária, com simetria bilateral, B) Estágio larval Braquiolária, com a presença de braços; C) Processo de metamorfose durante o desenvolvimento embrionário de asteroide. As somatoceles esquerda e direita formam os celomas oral e aboral, respectivamente, a hidrocele esquerda forma o sistema hidrovascular, a axocele esquerda forma os canais pétreo e periemais, a hidrocele e a axocele direitas são perdidas.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 442).



Ações que visam o desenvolvimento da sociedade humana muitas vezes refletem em alterações ambientais que prejudicam toda a cadeia de um dado ecossistema, como o ocorrido, a partir de 1963, no Oceano Pacífico, quando a superpopulação de estrelas-do-mar da espécie *Acanthaster planci* danificou uma extensa área de recifes de corais por se alimentarem de seus pólipos. Entretanto, esquecemos que tais ações resultam no desequilíbrio de nossa própria sobrevivência, como dado neste exemplo, a destruição de recifes de corais prejudica consideravelmente a pesca. Assim, a conscientização dos jovens quanto aos cuidados necessários com a conservação ambiental é de suma importância para que tenhamos profissionais capazes de resolver situações desse tipo. De que forma professores de Biologia, como você, podem sensibilizar alunos sobre a importância do equilíbrio da vida marinha, principalmente aos que vivem fora do ambiente litorâneo?

Sem medo de errar

Vimos que a professora Rosa, como forma de enriquecer e aproximar os alunos do conteúdo estudado em sala de aula, sobre os equinodermos, agendou uma visita ao aquário da cidade. No local, os alunos puderam ver alguns dos animais estudados, como as estrelas-do-mar com suas cores e formas diferentes. Aliás, é sobre o sistema hidrovascular destes animais, pertencentes à classe *Asteroidea*, que o primeiro grupo de alunos deve elaborar uma descrição. Este sistema funciona como um sistema hidráulico e com função na locomoção dos asteroídeos. Em sua constituição há canais que se interligam ao madreporito, orifício por onde ocorre o fluxo de água que, por sua vez, se liga ao canal pétreo e se estende até à superfície oral. Ao redor da boca há o canal anelar, do qual saem canais ciliados para o interior do sulco ambulacral nos braços, e estes canais possuem ampolas que se abrem no interior dos pés ambulacrais. Ventosas nas extremidades dos pés ambulacrais garantem a adesão do asteroídeo ao substrato. Para o movimento de locomoção, as ampolas são contraídas, forçando a entrada de água nos pés ambulacrais, alongando-os. Após a aderência da ventosa, o pé se contrai, forçando a água de volta à ampola. O movimento dos pés ambulacrais é coordenado, oscilando para frente e prendendo-se ao substrato, seguida de oscilação para trás.

Faça valer a pena

1. Texto-base:

Os equinodermos são animais essencialmente marinhos, com esqueleto interno constituído de ossículos calcários e comumente possuem espinhos ou tubérculos salientes à superfície corporal. São deuterostômios e possuem simetria radial pentameral, ou seja, o corpo pode ser dividido em cinco partes dispostas ao redor de um eixo central.

Assinale a alternativa que contenha a característica que aproxima os equinodermos dos animais cordados, na escala evolutiva.

- a) Deuterostômios.
- b) Esqueleto calcário.
- c) Simetria radial pentameral.
- d) Presença de tubérculos.
- e) Habitat marinho.

2. Leia atentamente as afirmações que seguem sobre os equinodermos:

- I. O sistema ambulacrário é exclusivo destes animais.
- II. São animais exclusivamente marinhos.
- III. São celomadas, deuterostômios, com simetria radial na fase adulta e bilateral na fase larval.
- IV. Os equinodermos da classe Asterozoa possuem sistema circulatório bem desenvolvido e responsável pelo transporte de nutrientes.
- V. Os asteróides podem se regenerar, desde que não haja comprometimento do disco central.

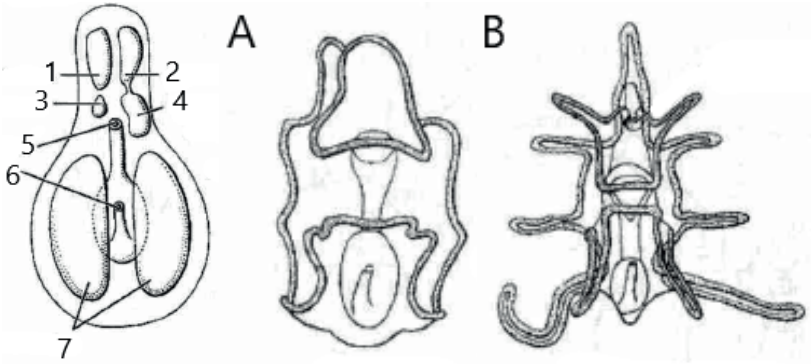
Assinale a alternativa que contenha apenas as afirmações corretas.

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

3. Durante o desenvolvimento de estrelas-do-mar, a compartimentalização do celoma dá origem à _____ e à _____, cujas estruturas localizadas na região esquerda darão origem ao canal pétreo e ao sistema hidrovacular,

respectivamente. A larva livre natante, denominada _____ possui cílios que se desenvolvem em braços larvais, transformando-se na larva _____. Neste estágio, o animal se fixa a um substrato e passa por uma metamorfose, se transformando num jovem radial.

Figura 4.8 | Tipos larvais da classe Asterozoa



Fonte: Ruppert; Fox; Barnes (1996, p. 901-902).

Assinale a alternativa que corresponda às lacunas presentes no texto acima e à correta identificação nas figuras.

- a) Axocele – 1 e 4; Hidrocele – 7; Biinária – A; Braquiolaria – B.
- b) Axocele – 1 e 3; Hidrocele – 7; Biinária – A; Braquiolaria – B.
- c) Axocele – 2 e 4; Hidrocele – 7; Biinária – B; Braquiolaria – A.
- d) Axocele – 1 e 2; Hidrocele – 4; Biinária – B; Braquiolaria – A.
- e) Axocele – 1 e 2; Hidrocele – 4; Biinária – A; Braquiolaria – B.

Seção 4.2

Echinodermata: classe Ophiuroidea; classe Echinoidea e classe Concentricycloidea

Diálogo aberto

Nesta segunda seção iremos aprender sobre os equinodermos pertencentes às classes *Ophiuroidea*, *Echinoidea* e *Concentricycloidea*. Talvez estas nomenclaturas sejam novas, parecendo se tratar de animais desconhecidos. Mas você já deve ter ouvido falar das estrelas-serpentes, dos ouriços-do-mar e dos pepinos-do-mar. Pois estes são alguns dos representantes das respectivas classes citadas acima. Estas mesmas classes foram estudadas pelos alunos da professora Rosa, lembra? Vimos que durante a visita ao aquário os alunos puderam até mesmo tocar em alguns representantes do filo *Echinoderma*, acompanhados pelos biólogos responsáveis pelo local. Entretanto, esta singular experiência não incluiu os ofiuroides, cujos longos braços são abruptamente separados do disco central, diferente do que ocorre nas estrelas-do-mar. Mas isto não minimizou o impacto no aprendizado dos alunos sobre estes animais, que puderam ser apenas observados, incluindo a diferença em seus pés ambulacrais – que não possuem ventosas e ampolas, em relação às estrelas-do-mar. Diante destas pontuais diferenças morfológicas, a professora Rosa lançou aos alunos do segundo grupo uma questão sobre a locomoção dos representantes da classe *Ophiuroidea*. Como deve ser descrito o processo de locomoção dos ofiuroides?

Não pode faltar

Classe Ophiuroidea

A classe *Ophiuroidea* compreende os equinodermos conhecidos como ofiuroides, estrelas-serpente ou ainda estrelas-cesto. São encontradas em todos os habitats marinhos, sendo mais abundantes em fundos macios de águas rasas e profundas.



Muito se fala sobre aquecimento global, entretanto, pouco se divulga sobre os efeitos nos diferentes ecossistemas, sendo um deles a acidificação dos oceanos devido à grande absorção de gás carbônico (CO₂). Os mares são os maiores removedores de CO₂ da atmosfera, porém, o aumento de sua emissão está provocando uma sobrecarga que resulta na acidificação e, conseqüentemente, na diminuição de peixes, algas e até mesmo equinodermos, como os ofiuroides. A única forma de encontrar alternativas que revertam este quadro é a informação! Assim, segue abaixo dois textos que discutem este assunto, para que você possa aprofundar seus conhecimentos:

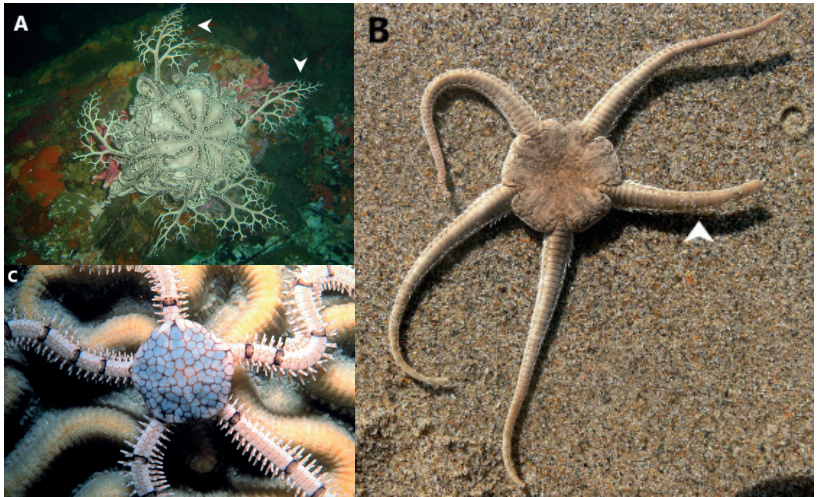
Cientistas alertam para a acidificação do Ártico. 2013. In: **Revista EXAME**. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/cientistas-alertam-para-acidificacao-do-artico/2/>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

Tesouros: Brasil tem sete ecossistemas diferentes sob ameaça em seu litoral. 2017. In: **ANDA**. Disponível em: <<https://www.anda.jor.br/2017/05/tesouros-brasil-tem-sete-ecossistemas-diferentes-em-seu-litoral-sob-ameaca/>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

Estrutura

O corpo do ofiuroide é composto pelo disco central, que pode variar entre 1 e 12 cm de diâmetro, cuja superfície aboral pode apresentar pequenas placas calcárias e tubérculos ou espinhos (**Figura 4.9**). No centro da superfície oral há grandes placas (escudos) que formam o aparelho mastigador composto por cinco mandíbulas triangulares inter-radiais. Na maioria das espécies, uma das placas orais é modificada para a formação do madreporito (**Figura 4.10**). Além disso, não possuem ânus e os cílios superficiais são praticamente ausentes. A partir do disco central, estendem-se cinco longos braços, os quais são ramificados em espécies de estrelas-cesto. Ao contrário dos asteroídeos, não possuem sulco ambulacral e os ossículos, denominados de vértebras, se localizam mais internamente e são articulados, conectados aos músculos e cobertos pelos escudos. Entre os ossículos e o escudo oral há o canal hídrico radial, enquanto que pequenos pés ambulacrais se localizam entre os escudos oral e lateral.

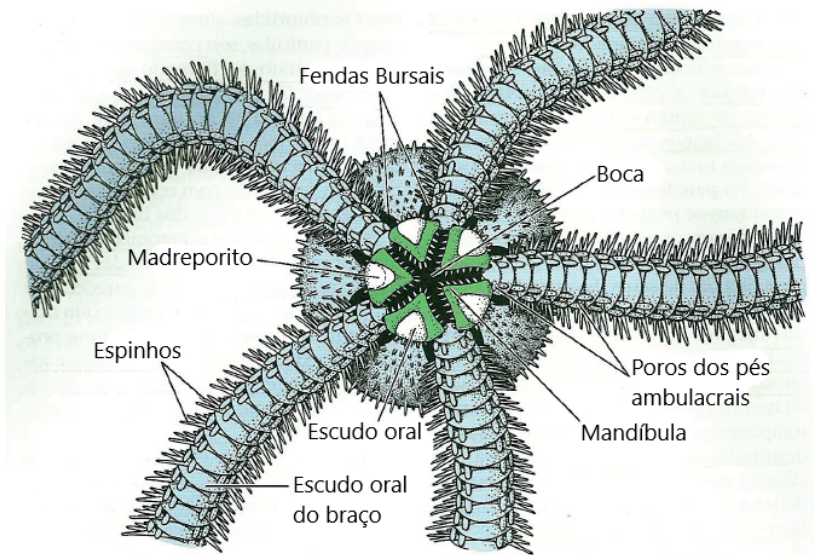
Figura 4.9 | Exemplos de equinodermos pertencentes à classe *Ophiuroidea*



Legenda: A) *Astrocladus euryale*. As setas indicam os braços ramificados; B) *Ophiur ophiura*. Observe o braço em processo de regeneração (seta); C) *Ophionereis reticulata*. Detalhe para o disco central.

Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Brittle_star>. Acesso em: 16 dez. 2017.

Figura 4.10 | Ilustração da estrutura da superfície oral de um ofiuroide



Legenda: observe as placas que formam a mandíbula, contendo a boca ao centro e das quais uma contém o Madreporito.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 444).

Os ofiuroides são animais bastante móveis e utilizam o movimento de seus braços para a locomoção. O disco é mantido acima do substrato, com dois braços posicionados à frente e dois atrás. Os braços laterais realizam movimentos de remadura, impulsionando o animal por saltos ou solavancos. Entretanto, algumas espécies como o *Ophionereis annulata* utilizam também os pés ambulacrais, numa locomoção por rastejamento.

Sistema hidrovacular

Nos ofiuroides o sistema hidrovacular é constituído pelo escudo oral, que forma o madreporito com um único poro e único canal, e pelo canal pétreo, que sobe até o canal anelar localizado na superfície aboral das mandíbulas. O canal hídrico, que possui quatro vesículas polianas, dá origem aos canais radiais, os quais, em cada ossículo, dá origem a um par de canais laterais que conduzem aos pés ambulacrais. Na região entre o pé ambulacral e os canais laterais há uma valva, porém, não há ampolas, sendo a pressão do fluido gerada por uma dilatação do canal ambulacral ou por contrações do canal hídrico radial.

Nutrição

Estes animais possuem trato digestivo simples, com a boca contida numa cavidade emoldurada por mandíbulas e limitada por uma membrana peristomial. O esôfago conecta a boca ao estômago sacular que preenche a maior parte do disco, onde ocorrem as digestões extra e intracelular – já os ofiuroides não possuem ânus.

Os ofiuroides apresentam hábitos alimentares carnívoros, detritívoros, consumidores de depósitos ou filtradores, e a maioria utiliza diferentes hábitos, por exemplo, a espécie *Ophiocomina nigra* que, apesar de ser primariamente um organismo consumidor de depósitos, utiliza também os demais métodos alimentares.

Os consumidores de depósitos utilizam o movimento dos braços para gerar uma corrente na água e, portanto, suspendendo as partículas alimentares que serão capturadas pelos pés ambulacrais e conduzidas até a boca através da linha meio-oral, presente em cada braço. Em relação aos filtradores, estes utilizam seus braços elevados e retorcidos, de modo que a superfície oral fique em contato com a

corrente de água. Os pés ambulacrais formam estruturas filtradoras, como pentes, coletando e transportando o alimento para a boca. Os ofiuroides carnívoros e detritívoros captam o alimento com os braços que, por ondulação, o conduz até a boca.

Transporte interno, troca gasosa e excreção

A troca gasosa é feita através dos pés ambulacrais e das bursas, um conjunto de dez sacos internos na superfície oral do disco. Fendas, dispostas ao longo das margens dos braços na superfície oral, conectam as bursas ao meio externo. A corrente de água que flui entre as fendas e as bursas ocorre pela ação de cílios ou pela contração de músculos do disco.

Algumas espécies possuem o pigmento respiratório hemoglobina e as bursas respiratórias podem atuar como o principal meio de remoção dos detritos. Em comparação aos demais equinodermos, o celoma dos ofiuroides é bastante reduzido e restrito à superfície aboral dos braços pelos ossículos vertebrais. Já o sistema hêmico é essencialmente semelhante ao dos equinodermos da classe *Asteroidea*.

Sistema nervoso

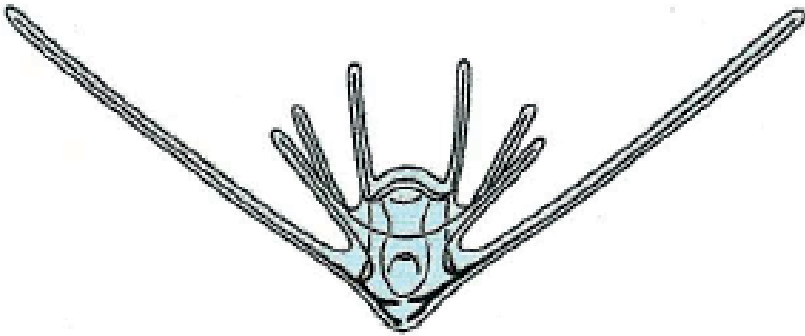
Com um sistema nervoso composto por um anel nervoso circum-oral e nervos radiais, os ofiuroides são fototrópicos negativos e capazes de encontrar alimento sem o uso do tato. O sistema sensorial é desprovido de órgãos especializados, constituído de células epiteliais dispersas pelo corpo do animal.

Reprodução e desenvolvimento

Os ofiuroides podem regenerar braços perdidos durante a fuga contra predadores, incluindo parte do disco. Além disto, algumas espécies, em especial as que possuem seis braços, como as pertencentes ao gênero *Ophiacts*, podem se reproduzir assexuadamente através da divisão do disco central onde cada parte compreende três braços. A maioria é dioica, porém algumas espécies são hermafroditas. As gônadas são sacos localizados próximos às fendas, no lado celômico das bursas. A incubação pode ocorrer nas bursas, com a liberação dos indivíduos jovens através das fendas,

ou pelo rompimento da parede do disco. O desenvolvimento inicial ocorre pela formação da larva ofioplúteo (**Figura 4.11**), composta por quatro pares de braços com faixas ciliadas, suportados por bastões calcários. A metamorfose ocorre durante a fase larval livre-natante, com o posicionamento do indivíduo no fundo do mar, resultando num ofiuoide adulto.

Figura 4.11 | Ilustração da larva ofioplúteo, característica dos ofiuoídeos



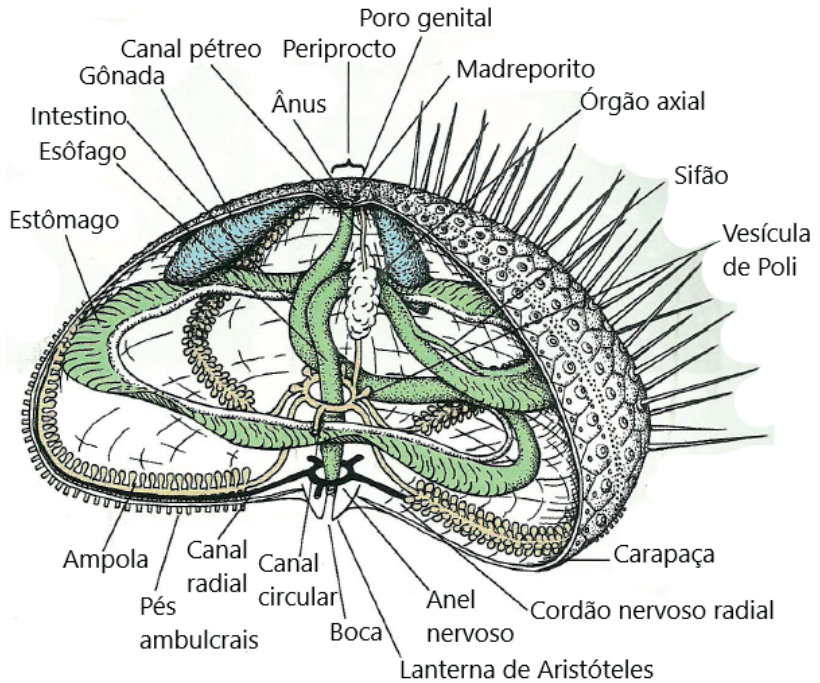
Legenda: detalhe para os pares de braços que a compõe.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 442).

Classe Echinoidea

Os equinóides são também conhecidos como ouriços-do-mar, corações-do-mar e bolachas-do-mar. O termo Echinoidea significa “semelhante ao ouriço” (porco-espinho), devido ao corpo arredondado, ou achatado ao longo do eixo oral-aboral, e coberto por espinhos de variados tamanhos e formatos, de acordo com as espécies. Além disto, os equinóides possuem os ossículos esqueléticos achatados e suturados no interior de um estojo sólido, denominada concha (**Figura 4.12**).

Figura 4.12 | Ilustração da estrutura corporal de um ouriço-do-mar



Legenda: observe o posicionamento da lanterna de Aristóteles e os pés ambulacrais conectados às ampolas.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 447).



Refleta

Em 1983 uma epidemia, sem causa determinada, dizimou a população de equinóides do gênero *Diadema*, causando o aumento na densidade de algas, consumidas por estes equinodermos. Com isto, parte dos recifes de corais na costa da Jamaica morreu. Este acontecimento foi intensificado pela sobrepesca de peixes, eliminando as espécies que também se alimentavam destas algas. Sabemos que o desequilíbrio em uma única espécie, seja animal ou vegetal, causa um efeito cascata em toda a cadeia ecológica. A remoção de parte das algas ou a reintrodução de indivíduos do gênero *Diadema* na costa da Jamaica seria uma medida capaz de reverter o desequilíbrio e de impedir a morte dos recifes de corais?

Estrutura

Os ouriços-do-mar constituem o grupo dos equinoides regulares (Figura 4.13), cujo corpo é esférico e os espinhos são longos e móveis. A mobilidade dos espinhos ocorre pela contração de músculos presentes entre a base do espinho e a concha, enquanto que fibras colágenas conduzem a um estado rígido e ereto. De acordo com as espécies, os espinhos podem ser pontiagudos ou cegos e até mesmo venenosos. Além disto, o corpo é dividido em dez secções, sendo cinco denominadas áreas ambulacrais e que contém pés ambulacrais, e cinco denominadas secções interambulacrais e sem a presença de pés ambulacrais, dispostas alternadamente.

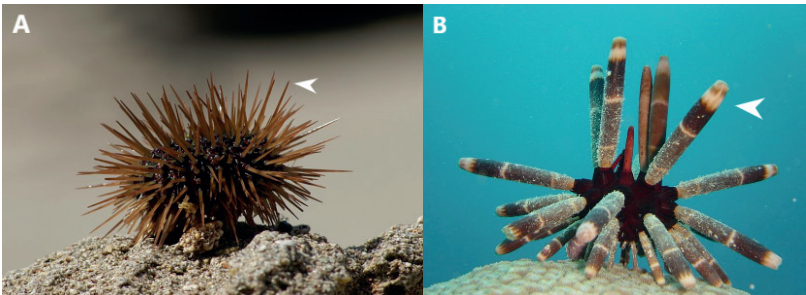


Exemplificando

A carapaça dos equinoides é composta por dez fileiras duplas de placas, das quais cinco pares são ambulacrais e, portanto, homólogos aos braços de estrelas-do-mar, possuindo poros ao longo dos locais contendo os pés ambulacrais.

O eixo corporal oral está direcionado para o substrato e porta a boca, circundada por uma membrana peristomial e cinco pares de pequenos pés ambulacrais bucais, por cinco pares de estruturas cerdosas, denominadas brânquias, e por pequenos espinhos e pedicelárias. O eixo aboral contém o ânus, numa região denominada de periprocto, constituída de uma membrana circular e variável número de placas genitais e oculares.

Figura 4.13 | Exemplos de equinoides regulares



Legenda: A) *Echinometra mathaei*. A seta indica os espinhos pontiagudos; B) *Eucidaris tribuloides*, cujos espinhos são arredondados (indicados pela seta).

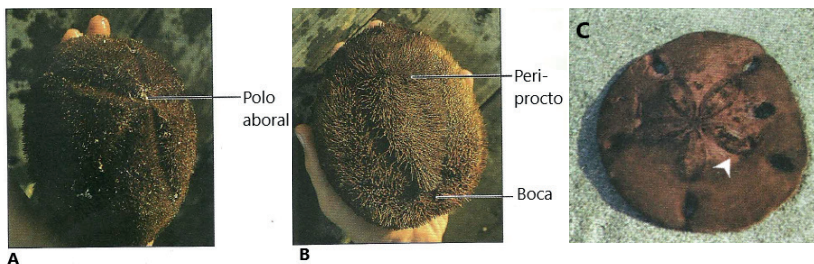
Fonte: (A) <<https://goo.gl/D59wuu>>; (B) <<https://goo.gl/xTN94L>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

Placas esqueléticas estão dispostas nos polos oral e aboral, contendo poros nas regiões ambulacrais, que conectam as ampolas aos pés ambulacrais, projetando-os ao exterior. Também distribuídas por toda a superfície corporal estão as pedicelárias, constituídas de mandíbulas, algumas podendo conter glândulas venenosas.

Um segundo grupo de equinoides, denominados de irregulares (Figura 4.14) por apresentarem simetria bilateral, inclui as bolachas-do-mar, bolos-do-mar e corações-do-mar. Os corações-do-mar possuem corpo oval e achatado na superfície oral e convexa, na superfície aboral, e são especializados em escavação. Pequenos espinhos recobrem o corpo e pés ambulacrais estão presentes nas superfícies oral e aboral. As áreas ambulacrais possuem formato de pétalas (petaloides) que irradiam a partir do centro, e cujos pés ambulacrais são modificados para a troca gasosa. Nas áreas ambulacrais orais (filódios) os pés ambulacrais são responsáveis pela captura de alimentos. Bolachas-do-mar diferem dos corações-do-mar quanto à forma corporal, sendo arredondado e achatado, e com o periprocto localizado na região ventral. Os petaloides localizam-se na superfície aboral, enquanto que a superfície oral contém sulcos distintos.

A locomoção ocorre através dos pés ambulacrais, que funcionam da mesma forma em que nas estrelas-do-mar, e dos espinhos, que elevam e impulsionam o corpo do animal.

Figura 4.14 | Exemplos de equinoides irregulares



Legenda: vista das superfícies aboral (A) e oral (B) do equinoide *Moema*. Detalhe para o periprocto, região que contém o ânus, distante da região que contém a boca. (C) *Encope micropora*. Observe os petaloides na superfície aboral (seta).

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 446).

Sistema hidrovascular

O sistema hidrovascular dos equinoides é semelhante ao das estrelas-do-mar, onde uma das escamas genitais possui poros

e canais que funcionam como o madreporito. O canal pétreo se estende até o canal anelar, localizado no peristomo, em corações-do-mar, ou acima do aparelho mastigador, em ouriços-do-mar e bolachas-do-mar. A partir do canal anelar se estendem canais radiais, que percorrem as áreas ambulacrais e terminam em protrusões, denominadas tentáculos terminais. Canais laterais se intercalam com os canais radiais, e os canais que interligam as ampolas e os pés ambulacrais passam no interior dos ossículos ambulacrais. Adicionalmente, os ouriços-do-mar possuem ventosas bastante desenvolvidas nos pés ambulacrais, providas de um sistema de músculos e ossículos de sustentação.

Nutrição

Os ouriços-do-mar são raspadores, pois utilizam para esta função a lanterna de Aristóteles, um aparelho formado por cinco placas calcárias, denominadas pirâmides, e projetadas em direção à boca, a partir da qual se estendem cinco dentes. Este aparelho é ausente em corações-do-mar. A boca se conecta à faringe, que passa no interior do esôfago, que por sua vez se liga ao estômago tubular. O estômago se une ao intestino, que conduz ao ânus, dentro do periprocto. Durante a alimentação, o excesso de água é removido através do sifão, um tubo paralelo ao estômago e que se abre no interior do intestino. A maioria dos ouriços-do-mar se alimenta de algas e outros animais. As bolachas-do-mar e os corações-do-mar se alimentam de partículas presentes nos substratos, capturada através dos pés ambulacrais e conduzidas até a boca através dos sulcos alimentares.

Transporte interno, troca gasosa e excreção

O sistema hêmico é mais desenvolvido que os observados em asteroídeos e o fluido celômico é o principal meio de circulação. Os pés ambulacrais e as ampolas são septados, promovendo uma via de duas mãos para a circulação. A troca gasosa em equinóides regulares ocorre através das brânquias, pelas quais o fluido celômico é bombeado por um sistema de músculos e ossículos associados à lanterna de Aristóteles. Entretanto, as brânquias estão ausentes em corações-do-mar e em bolachas-do-mar. Em adição, assim como ocorre nos demais equinodermos, a troca gasosa em equinóides ocorre também através dos pés ambulacrais. Cilios promovem uma corrente contrária à que ocorre na ampola, gerando um sistema de contracorrente que favorece a oxigenação.

Sistema nervoso

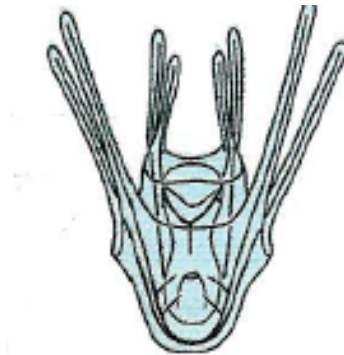
O sistema nervoso dos equinoides é composto pelo anel circum-oral que circunda a faringe no interior da lanterna, e pelo nervo radial que passa por entre as pirâmides e ao longo do lado inferior da concha, terminando abaixo dos canais radiais do sistema hidrovacular. Os equinoides são fototrópicos negativos e células sensoriais disseminadas pelos espinhos, pedicelárias e pés ambulacrais formam o principal sistema sensorial, constituído também por estatocistos localizados dentro de corpos esféricos, denominados esferídios.

Reprodução e desenvolvimento

Todos os equinoides são dioicos, havendo, em equinoides regulares, cinco gônadas dispostas ao longo dos interambulacros no lado interno da concha, enquanto que nos irregulares a gônada posterior desapareceu. O gonoduto se estende a partir de cada gônada, abrindo-se em gonóporos presentes nas papilas genitais. A fecundação é externa, entretanto, algumas espécies de equinoides irregulares incubam seus ovos no perístomo ou ao redor do periprocto, enquanto que em alguns regulares a incubação pode ocorrer na superfície côncava dos petaloides.

A clivagem resulta numa blástula ciliada, seguida da formação da gástrula com formato cônico e que dará origem à larva planctônica com seis pares de braços, denominada equinoplúteo (**Figura 4.15**). A metamorfose ocorre rapidamente, dando origem a um jovem equinoide.

Figura 4.15 | Larva equinoplúteo, característica dos equinoides



Legenda: a metamorfose ocorre num curto espaço de tempo. Detalhe para os braços.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 442).



O equinoplúteo é livre natante e, no final deste estágio, começam a se formar as placas genitais e oculares. Para a metamorfose, a larva afunda gradativamente, porém, não ocorre ligação com o substrato, tal como ocorre nos asteroídeos. Entretanto, foi descoberto que larvas de bolacha-do-mar *Dendroaster excentricus* passam pela metamorfose após se sedimentar em locais onde haja indivíduos adultos, os quais liberam substâncias que induzem este processo.

Classe Concentricycloidea

Estrutura

Descritos pela primeira vez entre 1983 e 1984 após serem coletados em madeiras afundadas no mar da Nova Zelândia, os indivíduos desta classe são diminutos e em formato discoide, com simetria radial e ausência de braços (Figura 4.16). A superfície aboral é coberta por ossículos em forma de placas e os espinhos marginais localizam-se na periferia do corpo.

Sistema hidrovacular, transporte interno e troca gasosa

O sistema hidrovacular possui dois canais anelares, cujos pés ambulacrais surgem a partir do canal mais externo. Um hidroporo possui função semelhante ao madreporito, conectando o canal interno à superfície aboral. Não há informação sobre o processo troca gasosa nestes animais.

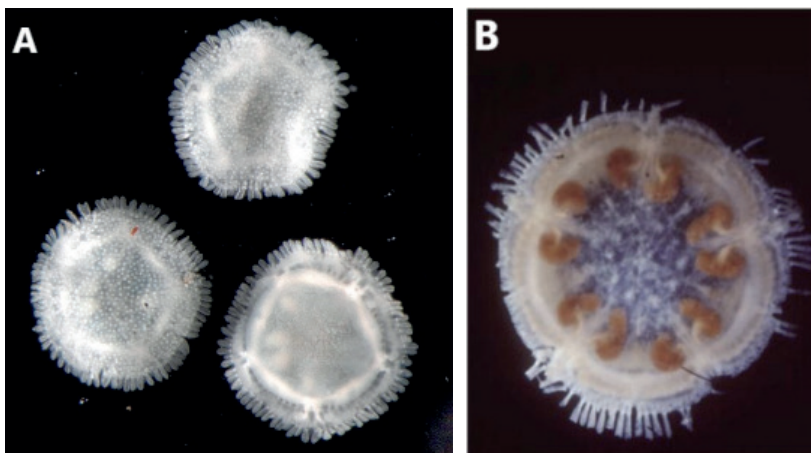
Nutrição, excreção e sistema nervoso

A superfície oral é coberta por um véu membranoso, através do qual os nutrientes são absorvidos. Pode estar presente um estômago em forma de saco, porém estão ausentes o intestino e o ânus, sem informações quanto ao sistema nervoso.

Reprodução e desenvolvimento

Gônadas estão associadas às cinco bursas e, apesar da ausência de braços, o padrão de crescimento é bastante semelhante ao dos asteroídeos.

Figura 4.16 | Ilustração de equinodermos da Classe *Concentricycloidea*



Legenda: observe ausência de braços e os espinhos marginais.

Fonte: (A) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Xyloplax_janetae.jpg>; (B) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sea_Daisies.jpg>. Acesso em: 16 dez. 2017.

Sem medo de errar

Durante a visita dos alunos ao aquário, a professora Rosa aproveitou para realizar uma atividade de fixação do aprendizado, dividindo os alunos em grupos, em que cada um recebeu uma pergunta para ser respondida. O segundo grupo foi indagado quanto à forma de locomoção dos ofiuroides, equinodermos conhecidos como serpentes-do-mar.

Os ofiuroides são animais bastante ativos e que se locomovem a maior parte do tempo. A forma mais comum de locomoção é através de saltos ou solavancos, realizados pelo posicionamento de dois braços à frente e dois atrás, que são arrastados, e o impulsionamento do corpo é feito pelos braços laterais, que produzem movimentos rápidos de remadura. Porém, algumas espécies utilizam os pés ambulacrais, que se movimentam produzindo ondas, resultando numa locomoção por rastejamento.

Faça valer a pena

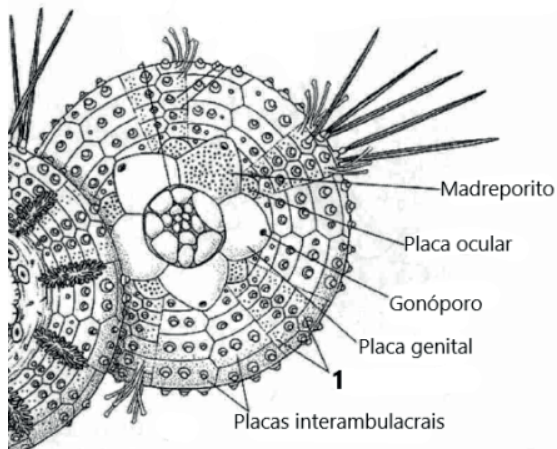
1. Após a fertilização, geralmente externa, os equinodermos iniciam seu processo de desenvolvimento, passando por um estágio larval livre natante, a qual se alimenta e se locomove até o início de um processo de metamorfose, originando um jovem indivíduo.

Assinale a alternativa que contenha a correta associação entre a classe de equinodermos e sua respectiva larva.

- a) Classe *Ophiuroidea* - equinoplúteo; Classe *Echinoidea* - ofioplúteo; Classe *Concentricycloidea* – desconhecida.
- b) Classe *Ophiuroidea* - desconhecida; Classe *Echinoidea* - equinoplúteo; Classe *Concentricycloidea* – ofioplúteo.
- c) Classe *Ophiuroidea* - equinoplúteo; Classe *Echinoidea* - desconhecida; Classe *Concentricycloidea* – ofioplúteo.
- d) Classe *Ophiuroidea* - ofioplúteo; Classe *Echinoidea* - equinoplúteo; Classe *Concentricycloidea* – desconhecida.
- e) Classe *Ophiuroidea* - ofioplúteo; Classe *Echinoidea* - desconhecida; Classe *Concentricycloidea* – equinoplúteo.

2. A classe *Echinoidea*, pertencente ao filo *Echinodermata*, é composta por equinodermos denominados de regulares, como os ouriços-do-mar, e irregulares, como as bolachas-do-mar. A figura a seguir representa a vista pela superfície face aboral de um ouriço-do-mar.

Figura | Ouriço do mar regular *Arbacia punctulata*



Fonte: Ruppert; Fox; Barnes (1996, p. 929).

A seta 1 aponta uma das áreas na qual as placas esqueléticas são multiperfuradas.

Assinale a alternativa que contenha a função destas perfurações no animal vivo.

- a) Entrada de água no sistema ambulacrário.
- b) Saída de água do sistema ambulacrário.
- c) Projeção, para o exterior, dos pés ambulacrários.
- d) Eliminação dos gametas.
- e) Inserção de espinhos no esqueleto.

3. Analise as afirmativas abaixo sobre os equinodermos:

- I. Os ofiuroides possuem os braços completamente separados e disco central pequeno.
- II. Os equinoides não possuem braços, sendo as áreas ambulacrais homólogas a essas estruturas.
- III. Na classe Concentricycloidea o hidroporo possui função semelhante a do Madreporito.
- IV. Todos possuem a lanterna de Aristóteles, utilizada para raspar os alimentos.
- V. Equinoides e ofiuroides se locomovem pela movimentação dos braços, gerando solavancos e saltos.

Assinale a alternativa que contenha as afirmativas corretas.

- a) I; II e IV.
- b) II; III e V.
- c) I, II e III.
- d) III, IV e V.
- e) Todas as afirmativas estão corretas.

Seção 4.3

Echinodermata: classe *Holothuroidea*; classe *Crinoidea* e filogenia dos equinodermos

Diálogo aberto

Olá! Nesta seção iremos conhecer as classes *Holothuroidea*, que compreende os pepinos-do-mar, e *Crinoidea*, que compreende os lírios-do-mar, e aprender sobre a filogenia dos equinodermos.

Os equinodermos encantaram Maria, uma das alunas da professora Rosa. Lembra-se? Ela se divertiu ao descobrir que no mar também existem pepinos, bolachas, estrelas e lírios, mas que, nesse caso, se trata de animais invertebrados e muito curiosos em todos os aspectos. Além disso, durante a visita ao aquário, Maria ficou encantada com os lírios-do-mar, representantes da classe *Crinoidea*, considerada a mais antiga e primitiva das classes de equinodermos ainda existentes. Os lírios-do-mar passam parte de sua vida presos à substratos através da haste, parte do corpo mais alongada, e que em algumas espécies pode chegar até quase 1 metro. No ápice da haste encontra-se a coroa, formada pelos longos braços ramificados e pelo cálice, constituído de placas calcárias. Já as espécies de vida livre não possuem haste, mas conservam a coroa, a qual é importante também para a alimentação destes animais. E é sobre a alimentação dos crinoides que o grupo de alunos, ao qual Maria faz parte, deve responder ao seguinte questionamento: como deve ser descrita a nutrição dos crinoides?

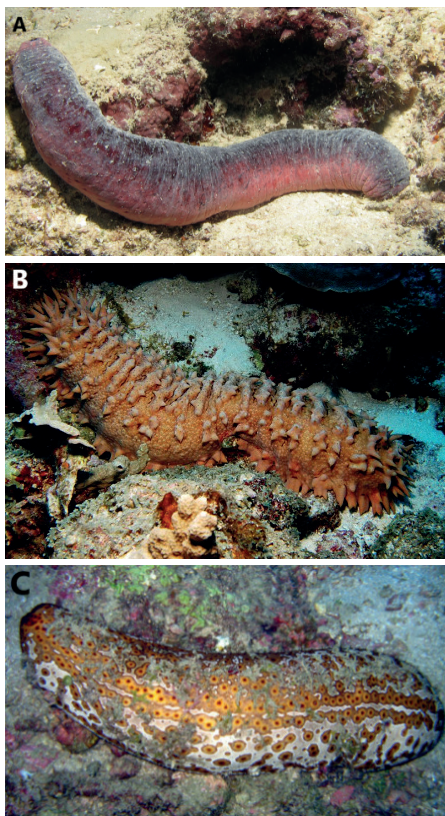
Não pode faltar

Classe *Holothuroidea*

Estrutura

Os holoturoides, conhecidos como pepinos-do-mar (**Figura 4.17**) devido à sua aparência, não possuem braços e a boca e o ânus estão dispostos em extremidades opostas e apresentam variação de tamanho entre 3 e 24 cm.

Figura 4.17 | Representantes da Classe Holothuroidea



Legenda: A) *Holothuria edulis*; B) *Thelenota ananas*; C) *Bohadschia argus*. Observe as diferenças quanto à superfície corporal, cuja epiderme em A possui aparência lisa, enquanto que em B a aparência é espinhosa.

Fonte: (A) <https://en.wikipedia.org/wiki/Holothuria_edulis>; (B) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thelenota_ananas1.jpg>; (C) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bohadschia_argus.jpg>. Acesso em: 28 dez. 2017.

Repousam contra o substrato com o lado do corpo contendo três áreas ambulacrais (trívios), denominadas sola, enquanto que as outras duas áreas ambulacrais são dorsais, contendo pés ambulacrais modificados em tubérculos, ou ausentes. Áreas interambulacrais se alternam com as áreas ambulacrais. Outra peculiaridade desta classe é a disposição aleatória dos pés ambulacrais pelo corpo do animal, diferente do padrão radial observado nas classes estudadas nas seções anteriores. Em adição, os pés ambulacrais podem terminar em ventosas ou apresentarem formato delgado e desprovido de ventosas, recebendo o nome de papilas. Ao redor da boca há ente

10 e 30 tentáculos resultantes da modificação de pés ambulacrais orais, que podem ser retraídos completamente e que possuem ramificação variada (**Figura 4.18**).

A epiderme dos holoturoides não possui cílios e é coberta por uma cutícula. A derme é espessa e contém ossículos (escleritos), cujas formas variadas são utilizadas para a identificação taxonômica destes animais. A estrutura dérmica, em conjunto com uma camada de músculos circulares permite que os pepinos-do-mar se tornem totalmente rígidos ou bastante flexíveis, servindo como proteção contra predadores.

Estes animais apresentam pouca locomoção, vivendo entre rochas, algas ou em buracos escavados na areia ou na lama. A escavação ocorre pela contração alternada dos músculos longitudinais e circulares, semelhante ao que ocorre nas minhocas, e os tentáculos auxiliam na remoção do sedimento. Para a locomoção, podem utilizar os pés ambulacrais da sola para rastejar, num processo semelhante ao das estrelas-do-mar, e em algumas espécies mais sedentárias, os pés ambulacrais são utilizados para a fixação do animal. Entretanto, as espécies de *Elasipodida* são holoturoides que vivem exclusivamente em mares profundos e possuem pés ambulacrais aumentados, sola bastante achatada e a coroa de tentáculos orientada ventralmente, permitindo que estes animais andem sobre o piso oceânico. Algumas espécies possuem também papilas ligadas, formando nadadeiras, velas ou sinos, semelhante ao que ocorre nas medusas, permitindo locomoção por meio de natação.



Assimile

Espécies escavadoras, como os *Apodida* e *Molpadiida*, além da movimentação por contração alternada de músculos longitudinais e circulares da parede corporal para a construção do buraco no qual o animal viverá, os tentáculos também auxiliam nesta tarefa empurrando a areia para fora. Além disso, a orientação destes animais em relação ao substrato ocorre de diferentes maneiras, havendo construções em forma de "U", onde os tentáculos estendem-se numa das aberturas, mantendo a corrente ventilatória anal pulsátil iniciada na abertura oposta. Outras espécies, no entanto, direcionam o ânus ou a boca na superfície do substrato. Quando os pepinos-do-mar escavadores encontram a posição adequada, tornam-se sedentários, movendo-se minimamente.

Sistema hidrovascular

Diferente do que ocorre nas demais espécies de equinodermos, nos holoturoides o madreporito (**Figura 4.18**) não se encontra conectado à superfície corporal e nem ligado ao celoma, mas conecta-se ao anel hídrico, logo abaixo da faringe, através de um curto canal pétreo. Em muitas espécies há perfurações na parede da cloaca, que conduz à dutos pelos quais o fluido celômico se perde quando ocorre intensa contração do corpo. A manutenção da pressão do sistema é regulada pelas vesículas polainas, originadas no canal anelar que envolve a base da faringe. Ampolas podem estar presentes tanto nos pés ambulacrais quanto nos tentáculos, entretanto, em espécies em que os pés ambulacrais são ausentes, as ampolas se localizam nos tentáculos, no canal anelar oral e nas vesículas de poli. Partículas indesejáveis são removidas do fluido celômico através de funis presos à parede do celoma, uma vez que estão ausentes os corpos de Tiedemann.

Nutrição, transporte interno, troca gasosa e excreção

A maioria é de consumidores de materiais depositados, em que utilizam seus tentáculos para varrer o sedimento, ou de partículas em suspensão na água, capturadas também através dos tentáculos livres na corrente. O alimento é preso nas papilas dos tentáculos e então conduzido à boca e à faringe, que possui suporte através de um anel calcário. O estômago não está presente em todas as espécies, e funciona como uma moela. A digestão ainda não é completamente compreendida e ocorre num longo intestino, contendo alças, e que pode se abrir numa cloaca antes de chegar ao ânus (**Figura 4.18**).



Reflita

Os holoturoides não seletivos ingerem grandes quantidades de areia através da boca, excretando areia e lama. Espécies como *Parastichopus parvimensis*, habitantes de águas rasas da costa ocidental da América do Norte, apresentam eficiência de aproximadamente 22% na utilização dos depósitos orgânicos, dos quais os componentes vegetais são predominantemente não digeridos. As minhocas (filo *Annelida*)

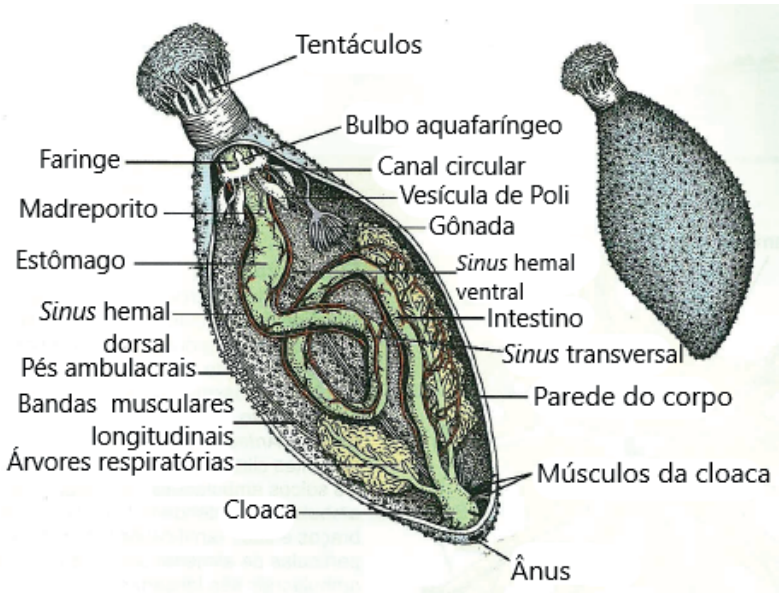
também são devoradoras de terra, sendo importantes para a saúde do solo terrestre, pela produção de húmus e pela aeração. Podemos dizer que os holoturoides, assim como as minhocas, são importantes para a saúde dos solos submarinos?

O transporte interno ocorre através de uma corrente gerada pelo fluido celômico, e a presença de hemócitos contendo hemoglobina, pode resultar numa cor avermelhada ao fluido. Em relação a troca gasosa, o principal meio utilizado é um sistema de túbulos que formam árvores, dispostas uma em cada lado do tubo digestório (**Figura 4.18**). Estas árvores emergem da parte superior da cloaca e são constituídas de um tronco principal, do qual partem inúmeros ramos que terminam em vesículas. O bombeamento de água através dos túbulos das árvores ocorre pela pressão gerada na cloaca após seu preenchimento com água marinha, seguido do fechamento do esfíncter anal. A contração dos túbulos e a ação reversa da cloaca resultam na saída de água do organismo. Os *Elasipodida* não possuem árvores respiratórias, sendo a superfície corporal e, principalmente, os pés ambulacrais responsáveis pela troca gasosa.

A excreção da amônia, sob a forma cristalina, é transportada para os túbulos gônadas, intestinos e árvores respiratórias, através dos quais são eliminados no meio externo.

O sistema hemal é o mais desenvolvido dentre os equinodermos, sendo constituído por um anel e por seios radiais que correm paralelos ao sistema hidrovacular. Além disso, um vaso dorsal e um ventral acompanham o canal intestinal, onde se encontram de 120 e 150 corações unicamerais na região do intestino delgado, que bombeiam o sangue através de um sistema de lamelas que se projetam no interior do intestino.

Figura 4.18 | Ilustração da anatomia do holoturoide *Sclerodactyla*



Legenda: detalhe para os tentáculos ao redor da boca, originados a partir de pés ambulacrais modificados e para os Sinus hemal dorsal e ventral, que compõem o sistema hemal.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 449).

Sistema nervoso

O sistema nervoso é constituído pelo anel nervoso circum-oral, localizado próximo à base dos tentáculos e do qual se estendem cordões nervosos para os tentáculos e para a faringe. Cinco nervos radiais transpassam o anel calcário e percorrem toda a extensão do lado celômico da derme. As espécies do grupo *Apodida*, por serem escavadores que direcionam a boca para baixo, possuem um estatocisto em cada nervo, no ponto em que estes passam pelo anel calcário.

Reprodução e desenvolvimento

A regeneração nos holoturoides não está associada à reprodução, mas ao restabelecimento de estruturas perdidas em ações de defesa, como os túbulos de Cuvier, que são ejetados a partir da ruptura da cloaca sobre possíveis ameaças. Esses túbulos

podem ser pegajosos ou conter uma substância tóxica denominada holoturina. Adicionalmente, um fenômeno sazonal em que o alimento é escasso ou como processo de eliminação de resíduos contidos em tecidos internos, ocorre a evisceração, processo no qual partes do intestino e órgãos associados são expelidos, sendo, posteriormente, regenerados.

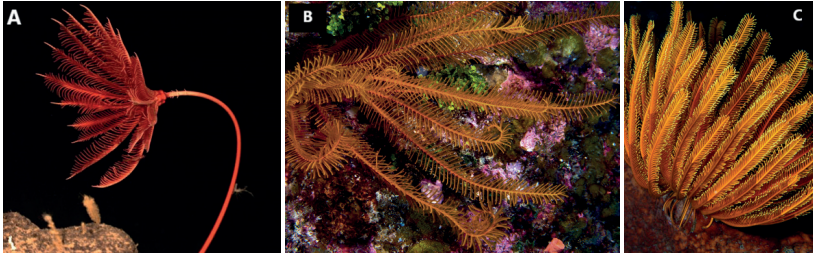
A maioria dos holoturoides é dioica e a única gônada se liga ao gonópore localizado entre os tentáculos. Poucas espécies são incubadoras, quando os ovos liberados são resgatados pelos tentáculos e presos à sola ou à superfície dorsal. Em espécies não incubadoras, o desenvolvimento ocorre na água, formando um embrião planctônico. O primeiro estágio larval (auriculária) é semelhante à bipinária dos asteroídes, contendo uma faixa locomotora ciliada. A continuação do desenvolvimento conduz à larva doliolária, que possui forma de barril e de três a cinco cintas ciliadas, originadas da faixa ciliar do estágio larval anterior. A metamorfose ocorre de forma gradual, com a formação dos tentáculos antes da formação dos pés ambulacrais funcionais, quando o jovem holoturoide recebe o nome de pentáctula. Em seguida, o animal se sedimenta, desenvolvendo-se num adulto.

Classe Crinoidea

Estrutura

Os crinoides (**Figura 4.19**) representam a classe mais antiga e mais primitiva, em alguns aspectos, dentre os equinodermos. A maior parte da derme possui ossículos internos e a epiderme apresenta cílios apenas nos sulcos ambulacrais. O corpo é constituído pela haste, cuja base possui um disco achatado ou extensões radiculares que promovem a fixação ao substrato, e pela coroa pentameral, que origina os braços e encontra-se presa à haste através da superfície aboral (cálice), ficando, portanto, a superfície oral (tégmen) voltada para cima. A haste desaparece após o estágio larval em espécies de vida livre, como as penas-do-mar, que recebem este nome devido a presença de uma fileira de pínulas (apêndices articulados) em cada lado do braço. Muitas espécies possuem ao redor da haste pequenos cirros espiralados, que podem servir para ancoragem (**Figura 4.20 A**).

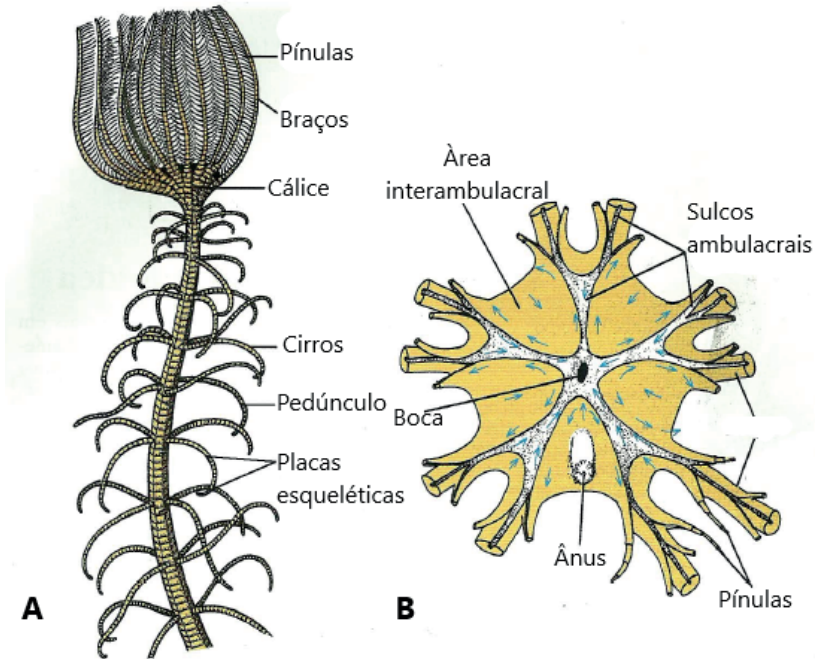
Figura 4.19 | Diversidade da classe *Crinoidea*



Legenda: A) *Proisocrinus ruberrimus*; B) *Davidaster rubiginosa*; C) *Comanthia schlegeli*. Detalhe para os longos braços ramificados, que auxiliam movimentação.

Fonte: (A) <<https://goo.gl/FBg9Mz>>; (B) <<https://goo.gl/4zajei>>; (C) <<https://goo.gl/CxJihb>>. Acesso em: 28 dez. 2017.

Figura 4.20 A | Ilustração da anatomia de um crinoide



Legenda: A) Estrutura de um lírio-do-mar, com parte da haste; B) Vista oral do crinoide *Antedon*. Detalhe para a longa haste que sustenta o cálice contendo os braços do animal.

Fonte: Hickman; Roberts; Larson (2004, p. 450).



Exemplificando

Apesar de muitas espécies de crinoides possuírem haste, apenas a coroa possui equivalência para com o corpo pentamer al característico dos equinodermos, do qual originam os braços, como observado em asteroides e ofiuroides.

A boca se localiza na região central do tégmen, da qual partem cinco sulcos ambulacrais, cujas margens formam lóbulos em direção aos braços (**Figura 4.20 B**). Em muitos crinoides os braços podem sofrer bifurcação na base, além da presença de ramificações que resultam em braços adicionais. Também na superfície oral, em uma das áreas interambulacrais, localiza-se o ânus, numa estrutura denominada de cone anal. Três pés ambulacrais, unidos pela base, estão presentes no lado interno de cada lóbulo.

A locomoção dos crinoides de vida livre, como os comatulídeos, ocorre por natação, resultante de alternada movimentação ondulatória dos braços, e por rastejamento, em que o animal eleva o corpo do substrato e utiliza os braços para se movimentar.

Sistema hidrovascular

Ao contrário de um madreporito único, os crinoides possuem vários poros na superfície do tégmen, que se conectam ao celoma próximo aos canais pétreos, originados do canal anelar que envolve a boca. Canais radiais, originados dos raios do canal anelar, se estendem no interior dos braços, bifurcando-se em cada ramificação e pínula. Dos canais radiais partem canais laterais que suprem os pés ambulacrais; na ausência de ampolas, a pressão hidráulica é gerada pela contração muscular do canal hídrico radial.

Nutrição, transporte interno, troca gasosa e excreção

Os crinoides se alimentam de partículas em suspensão, através de seus braços esticados e livres na corrente. Este processo ocorre através das diferentes funções realizadas pelos pés ambulacrais em trio, presentes nos lóbulos dos sulcos ambulacrais. As partículas são capturadas pelo muco secretado pelos pés ambulacrais primários, seguido de enrolamento destes com os pés ambulacrais secundários para o interior do sulco ambulacral. As partículas podem ser removidas

dos pés ambulacrais através de corrente gerada pelos cílios presentes no sulco ambulacral ou pelos pés terciários, ou por atrito contra os lóbulos adjacentes. O alimento é conduzido até a boca, conectada a uma curta faringe que, por sua vez, se abre no intestino, ligado ao ânus, presente no ápice do cone anal. Porém, o processo digestivo completo ainda não é bem conhecido nestes animais.

Mesentérios calcificados repartem o celoma em cinco canais paralelos na região oral dos braços e na haste, cinco canais celômicos passam por uma perfuração no centro dos ossículos, resultando em um canal em cada cirro.

O sistema hemal é composto por um anel oral conectado a uma rede de vasos e seios em alguns mesentérios celômicos, dando origem aos vasos radiais dos braços.

Sistema nervoso

O sistema nervoso possui três divisões, em que o sistema motor (ou entoneural) é o principal, o qual se trata de um sistema aboral localizado no vértice do cálice, na forma de uma taça. Este sistema provê nervos para os cirros, braços e pínulas. O sistema oral (ou ectoneural) é sensorial e consiste num nervo radial subepidérmico abaixo do sulco ambulacral dos braços e num anel nervoso ao redor da boca. O terceiro sistema, sensorial hiponeural, ocorre abaixo do sistema oral e é composto e nervos laterais nos braços que inervam a pínulas e os pés ambulacrais.

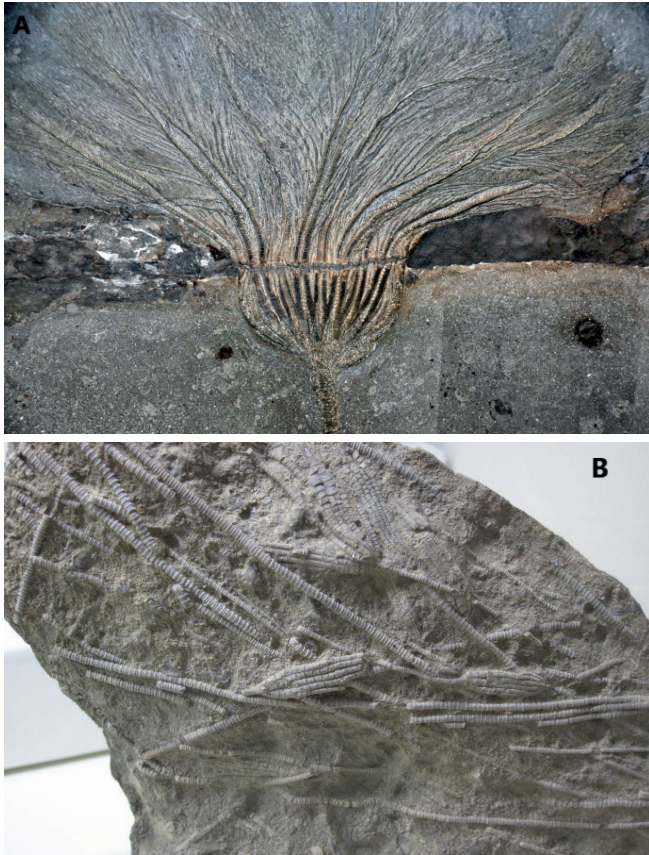
Reprodução e desenvolvimento

Os crinoides também podem regenerar braços e parte da massa visceral, representando um importante mecanismo de sobrevivência contra predadores. São todos dioicos e sem gônadas distintas, com os gametas gerados no epitélio germinativo, em expansões presentes no celoma (canais genitais), mais precisamente no interior de algumas pínulas. A desova ocorre pela ruptura da parede das pínulas, e dos ovos eclodem larvas livres natantes com formato em barril e com um tufo de cílios apical e faixas ciliadas transversais. Assim como ocorre em outras classes, a larva se sedimenta para que ocorra o processo de metamorfose, que originará um crinoide sésil (pentacrinoide).

Filogenia dos equinodermos

Os equinodermos possuem os fósseis mais antigos de todo o Reino Animal, datando do período Cambriano. A forma sésil, observada nos crinoides, era uma característica comum aos equinodermos durante a Era Paleozoica e, devido a esta característica – posicionar os pés ambulacrais voltados para cima –, acredita-se que a função de locomoção foi desenvolvida posteriormente. Apesar de grande semelhança para com os crinoides atuais (**Figura 4.21 A e B**) os equinodermos sésseis extintos possuíam placas dobráveis que protegiam os sulcos ambulacrais e a boca.

Figura 4.21 | Registros fósseis de crinoides



Legenda: A) *Seirocrinus subangularis*; B) *Ectenocrinus simplex*. Observe a grande semelhança com os crinoides atuais, devido a presença de haste e os longos braços.

Fonte: (A) <<https://goo.gl/4KNAdH>>; (B) <<https://goo.gl/rx2Zd9>>. Acesso em: 28 dez. 2017.

Dentre os extintos, o grupo mais antigo é o dos eocrinoides, que viveram do Cambriano ao Ordoviciano, que possuíam ou não haste, e apresentavam uma teca (concha) fechada. Sua superfície oral era bastante semelhante ao dos crinoides atuais. Com a evolução dos grupos de equinodermos, são observadas alterações como a forma da teca passando para oral e discoide, e a ausência de braços, dando aos equinodermos do grupo dos edrioasteroides um formato semelhante ao dos holoturoides atuais. A classe Carpoidea (início do Cambriano) desperta interesse, pois seus representantes possuíam formato assimétrico, possuindo ou não haste. Adicionalmente, aqueles que possuíam haste apresentavam o corpo em posição horizontal, em relação ao substrato.



Pesquise mais

O registro fóssil mais rico dentre os equinodermos é de crinoides, datando do Ordoviciano. O calcário de Burlington, em Iowa, Illinois e Missouri (EUA) possui aproximadamente 15.000 crinoides/m³ de calcário; afloramentos na região norte do Brasil também tem registros desta classe, e o estudo destes fósseis auxilia no delineamento de processos evolutivos ao longo da história das espécies e das alterações ocorridas no ambiente. Entenda um pouco mais sobre a importância e como são realizados os estudos sobre fósseis, com destaque para os crinoides, através dos artigos citados abaixo:

TÁVORA, V. A. et al. Sistemática e Paleobiologia de Microfósseis de Equinodermas da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 38, p. 116-127, 2015. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/5396>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

BOSETTI, E. P. et al. Formação Ponta Grossa: História, Fácies e Fósseis. **I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra III Simpósio Nacional Sobre Ensino de Geologia no Brasil**. p. 353-360, 2008. Disponível em: <<http://doczz.com.br/doc/240388/353-forma%C3%A7%C3%A3o-ponta-grossa---hist%C3%B3ria--f%C3%A1cies-e-f%C3%B3sseis>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

Apesar de os equinodermos possuírem o mais rico e amplo registro fóssil, sua origem e relações filogenéticas ainda estão incompreendidas, fazendo parte de intensas especulações e

pesquisas. Entretanto, alguns pontos são razoavelmente aceitos, como: a evolução dos equinodermos se deu a partir de ancestrais móveis e com simetria bilateral; a simetria radial e o esqueleto são adaptações de uma vida sésil; e a função inicial do sistema hidrovacular era para a alimentação e não para a locomoção.

Sem medo de errar

Vimos que a aluna Maria se divertiu muito visitando o aquário por poder ver de perto algumas das espécies estudadas em sala de aula, através dos livros. Além disto, Maria se encantou com os crinoides, conhecidos como lírios-do-mar. Para alegria da aluna, seu grupo terá que responder a uma questão sobre estes animais, mais precisamente sobre como os crinoides se alimentam. A nutrição dos crinoides ocorre pela ingestão de partículas em suspensão, capturadas através de seus braços esticados e livres na corrente de água marinha. A captura das partículas é feita pelo muco secretado pelos pés ambulacrais primários (ressalta-se que os pés ambulacrais dos crinoides são dispostos em trio dentro dos lóbulos dos sulcos ambulacrais). Em seguida, os pés ambulacrais primários, contendo as partículas capturadas, se enrolam com os pés ambulacrais secundários para o interior do sulco ambulacral. A liberação das partículas pode ocorrer através de corrente gerada pelos cílios presentes no sulco ambulacral ou pelos pés terciários, ou então por atrito contra os lóbulos adjacentes. Finalmente, o alimento é conduzido até a boca, conectada a uma curta faringe que, por sua vez, se abre no intestino, ligado ao ânus, presente no ápice do cone anal. O processo digestivo completo ainda não é bem conhecido nestes animais.

Faça valer a pena

1. Os holoturoides não incubadores apresentam desenvolvimento na água, formando um embrião planctônico e com diferentes estágios larvais. O primeiro estágio larval denomina-se _____ e é semelhante à bipinária dos asteroides, contendo uma faixa locomotora ciliada. O estágio larval seguinte denomina-se _____, com forma de barril e que possui de três a cinco cintas ciliadas, originadas da faixa ciliar do estágio larval anterior.

Ao final do desenvolvimento ocorre a metamorfose de forma gradual, dando origem aos _____ antes da formação dos _____ funcionais, momento em que o jovem holoturoide recebe o nome de _____. Em seguida, o animal se sedimenta, desenvolvendo-se num adulto.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas presentes no texto acima.

- a) Auriculária, pentáctula, pés ambulacrais, tentáculos, doliolária.
- b) Pentáctula, doliolária, tentáculos, pés ambulacrais, auriculária.
- c) Auriculária, doliolária, pés ambulacrais, tentáculos, pentáctula.
- d) Auriculária, doliolária, tentáculos, pés ambulacrais, pentáctula.
- e) Pentáctula, auriculária, pés ambulacrais, tentáculos, doliolária.

2. Quanto às características dos crinoides, afirma-se que:

- I. Possuem corpo constituído de haste e coroa.
- II. A superfície aboral, voltada para baixo, denomina-se tégmen, enquanto que a superfície oral é voltada para cima e denomina-se cálice.
- III. Os crinoides de vida livre movimentam-se por natação ou rastejamento, utilizando, para tais movimentos, os braços.
- IV. Possuem mesentérios que repartem o celoma em cinco canais e formam canais nos cirros.
- V. O sistema nervoso é dividido em sistema entoneural, que é sensorial; ectoneural, um sistema motor; e hiponeural, sendo também este um sistema sensorial.

Assinale qual alternativa contém as afirmativas corretas quanto aos crinoides.

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

3. Analise as seguintes características sobre o sistema hidrovascular:

- 1. Possuem vários poros na superfície do tégmen.
- 2. Canais radiais se estendem no interior dos braços.
- 3. Madreporito conecta-se ao anel hídrico.
- 4. Bifurcação dos canais radiais em cada ramificação e pínula.

5. Perfurações na parede da cloaca conduzem aos dutos que eliminam o fluido celômico quando ocorre intensa contração do corpo.
6. A pressão hidráulica é gerada pela contração muscular do canal hídrico radial.
7. A manutenção da pressão do sistema é regulada pelas vesículas polainas.
8. Ampolas podem estar presentes tanto nos pés ambulacrais quanto nos tentáculos.

Assinale a alternativa que contenha, corretamente, as características referentes aos crinoides e aos holoturoides, quanto ao sistema hidrovascular destas classes.

- a) Crinoides: 1, 2, 3 e 6; Holoturoides: 4, 5, 7 e 8.
- b) Crinoides: 1, 2, 4 e 6; Holoturoides: 3, 5, 7 e 8.
- c) Crinoides: 1, 3, 5 e 6; Holoturoides: 2, 4, 7 e 8.
- d) Crinoides: 1, 2, 4 e 8; Holoturoides: 3, 5, 6 e 7.
- e) Crinoides: 1, 3, 4 e 7; Holoturoides: 2, 5, 6 e 8.

Referências

ANDA. **Tesouros**: Brasil tem sete ecossistemas diferentes sob ameaça em seu litoral. 2017. Disponível em: <<https://www.anda.jor.br/2017/05/tesouros-brasil-tem-sete-ecossistemas-diferentes-em-seu-litoral-sob-ameaca/>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

BOSETTI, E. P. et al. Formação Ponta Grossa: História, Fácies e Fósseis. I **Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra III Simpósio Nacional Sobre Ensino de Geologia no Brasil**. p. 353-360, 2008. Disponível em: <<http://doczz.com.br/doc/240388/353-forma%C3%A7%C3%A3o-ponta-grossa---hist%C3%B3ria--f%C3%A1cies-e-f%C3%B3sseis>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

HICKMAN, C.P.; ROBERTS, L.S.; LARSON, A. **Princípios Integrados de Zoologia**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 2004. 846 p.

LIMA, E. J. B; FERNANDES, M. L. B. Diversidade de equinodermos (Echinodermata) no Estado de Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 11, p. 55-63, 2009. Disponível em: <<https://zoociencias.ufff.emnuvens.com.br/zoociencias/article/view/448>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

REVISTA EXAME. **Cientistas alertam para a acidificação do Ártico**. 2013. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/cientistas-alertam-para-acidificacao-do-artico/2/>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**. 6ª ed. São Paulo: Roca, 1996. 1029 p.

SAVIETTO, S. F., et al. Ambientes marinhos e costeiros: Qual a percepção de estudantes de escolas do Litoral Norte de São Paulo? **Revista da SBEnBio**, v. 7, p. 6746-6757, 2014. Disponível em: <<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0591-1.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

TÁVORA, V. A. et al. Sistemática e Paleobiologia de Microfósseis de Equinodermas da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v. 38, p. 116-127, 2015. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/5396>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

ISBN 978-85-522-0803-7



9 788552 208037 >