

# ***Biologia***

Zoologia

Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

Elaboradores

Antonio Carlos Marques

5

módulo

*Nome do Aluno* \_\_\_\_\_

**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Governador: *Geraldo Alckmin*

**Secretaria de Estado da Educação de São Paulo**

Secretário: *Gabriel Benedito Issac Chalita*

**Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP**

Coordenadora: *Sônia Maria Silva*

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Reitor: *Adolpho José Melfi*

**Pró-Reitora de Graduação**

*Sônia Teresinha de Sousa Penin*

**Pró-Reitor de Cultura e Extensão Universitária**

*Adilson Avansi Abreu*

**FUNDAÇÃO DE APOIO À FACULDADE DE EDUCAÇÃO – FAFE**

Presidente do Conselho Curador: *Selma Garrido Pimenta*

Diretoria Administrativa: *Anna Maria Pessoa de Carvalho*

Diretoria Financeira: *Sílvia Luzia Frateschi Trivelato*

**PROGRAMA PRÓ-UNIVERSITÁRIO**

Coordenadora Geral: *Eleny Mitrulis*

Vice-coordenadora Geral: *Sônia Maria Vanzella Castellar*

Coordenadora Pedagógica: *Helena Coharik Chamlian*

**Coordenadores de Área**

**Biologia:**

*Paulo Takeo Sano – Lyría Mori*

**Física:**

*Maurício Pietrocola – Nobuko Ueta*

**Geografia:**

*Sônia Maria Vanzella Castellar – Elvio Rodrigues Martins*

**História:**

*Kátia Maria Abud – Raquel Glezer*

**Língua Inglesa:**

*Anna Maria Carmagnani – Walkyria Monte Mór*

**Língua Portuguesa:**

*Maria Lúcia Victório de Oliveira Andrade – Neide Luzia de Rezende – Valdir Heitor Barzotto*

**Matemática:**

*Antônio Carlos Brolezzi – Elvia Mureb Sallum – Martha S. Monteiro*

**Química:**

*Maria Eunice Ribeiro Marcondes – Marcelo Giordan*

**Produção Editorial**

*Dreampix Comunicação*

Revisão, diagramação, capa e projeto gráfico: *André Jun Nishizawa, Eduardo Higa Sokei, José Muniz Jr. Mariana Pimenta Coan, Mario Guimarães Mucida e Wagner Shimabukuro*



***Cartas ao  
Aluno***



Carta da

---

## *Pró-Reitoria de Graduação*

Caro aluno,

Com muita alegria, a Universidade de São Paulo, por meio de seus estudantes e de seus professores, participa dessa parceria com a Secretaria de Estado da Educação, oferecendo a você o que temos de melhor: conhecimento.

Conhecimento é a chave para o desenvolvimento das pessoas e das nações e freqüentar o ensino superior é a maneira mais efetiva de ampliar conhecimentos de forma sistemática e de se preparar para uma profissão.

Ingressar numa universidade de reconhecida qualidade e gratuita é o desejo de tantos jovens como você. Por isso, a USP, assim como outras universidades públicas, possui um vestibular tão concorrido. Para enfrentar tal concorrência, muitos alunos do ensino médio, inclusive os que estudam em escolas particulares de reconhecida qualidade, fazem cursinhos preparatórios, em geral de alto custo e inacessíveis à maioria dos alunos da escola pública.

O presente programa oferece a você a possibilidade de se preparar para enfrentar com melhores condições um vestibular, retomando aspectos fundamentais da programação do ensino médio. Espera-se, também, que essa revisão, orientada por objetivos educacionais, o auxilie a perceber com clareza o desenvolvimento pessoal que adquiriu ao longo da educação básica. Tomar posse da própria formação certamente lhe dará a segurança necessária para enfrentar qualquer situação de vida e de trabalho.

Enfrente com garra esse programa. Os próximos meses, até os exames em novembro, exigirão de sua parte muita disciplina e estudo diário. Os monitores e os professores da USP, em parceria com os professores de sua escola, estão se dedicando muito para ajudá-lo nessa travessia.

Em nome da comunidade USP, desejo-lhe, meu caro aluno, disposição e vigor para o presente desafio.

Sonia Teresinha de Sousa Penin.

Pró-Reitora de Graduação.



Carta da

---

## *Secretaria de Estado da Educação*

Caro aluno,

Com a efetiva expansão e a crescente melhoria do ensino médio estadual, os desafios vivenciados por todos os jovens matriculados nas escolas da rede estadual de ensino, no momento de ingressar nas universidades públicas, vêm se inserindo, ao longo dos anos, num contexto aparentemente contraditório.

Se de um lado nota-se um gradual aumento no percentual dos jovens aprovados nos exames vestibulares da Fuvest — o que, indubitavelmente, comprova a qualidade dos estudos públicos oferecidos —, de outro mostra quão desiguais têm sido as condições apresentadas pelos alunos ao concluírem a última etapa da educação básica.

Diante dessa realidade, e com o objetivo de assegurar a esses alunos o patamar de formação básica necessário ao restabelecimento da igualdade de direitos demandados pela continuidade de estudos em nível superior, a Secretaria de Estado da Educação assumiu, em 2004, o compromisso de abrir, no programa denominado Pró-Universitário, 5.000 vagas para alunos matriculados na terceira série do curso regular do ensino médio. É uma proposta de trabalho que busca ampliar e diversificar as oportunidades de aprendizagem de novos conhecimentos e conteúdos de modo a instrumentalizar o aluno para uma efetiva inserção no mundo acadêmico. Tal proposta pedagógica buscará contemplar as diferentes disciplinas do currículo do ensino médio mediante material didático especialmente construído para esse fim.

O Programa não só quer encorajar você, aluno da escola pública, a participar do exame seletivo de ingresso no ensino público superior, como espera se constituir em um efetivo canal interativo entre a escola de ensino médio e a universidade. Num processo de contribuições mútuas, rico e diversificado em subsídios, essa parceria poderá, no caso da estadual paulista, contribuir para o aperfeiçoamento de seu currículo, organização e formação de docentes.

Prof. Sonia Maria Silva

Coordenadora da Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas

# *Apresentação da área*

Antes de virar estas páginas, faça uma pausa...

Você se dá conta que, nesse exato momento, enquanto seus olhos percorrem cada letra deste texto, milhões de informações chegam até você pela retina? Pense nisso! Pense também que essas informações, para saírem do papel e alcançarem as células nervosas de seu cérebro, percorrem um caminho longo e fantástico! Caminho que pode começar muito antes do que a gente vê... Pode começar quando essa folha de papel era ainda uma árvore, que fazia parte de uma floresta, que por sua vez abrigava outras árvores e inúmeros animais... Você consegue enxergar tudo isso através dessas páginas? Sim? Não? Vamos ajudá-lo: é sobre essas coisas tão próximas de você que vamos falar aqui...

Você vai saber um pouco mais sobre a célula e seus componentes; sobre o funcionamento de cada uma e do organismo que elas compõem. Aprenderá a respeito de como os seres vivos se organizam e se distribuem nesse nosso planetinha azul. Vamos falar de plantas e de bichos, de vírus e bactérias, de fungos e do ser humano. Sim, do ser humano, de você inclusive! Como você funciona por dentro e por fora. Como suas ações podem ter resultados que vão muito além daqueles que se espera.

E já que falamos de resultados, esperamos que os seus, durante a vida, sejam os melhores! Estamos aqui para colaborar com isso... Porém, não se esqueça: depende muito mais de você! Nós, aqui, só vamos direcionar um pouco seu olhar para algumas coisas importantes, mas quem vai enxergar, de fato, é você! Portanto, não confie só no que está ao longo dessas páginas. Vá além! Leia muito! Jornais, revistas, coisas sobre ciências e sobre o mundo - afinal, ele é grande demais para caber em alguns fascículos! Não se esqueça que acumular conhecimento é o ganho mais efetivo que se pode ter: não se desgasta e ninguém nos tira!

Conte conosco durante essa tarefa. Pode estar certo: torcemos por você!

# Apresentação do módulo

O objetivo deste fascículo é de que você aprenda a **pensar sobre a zoologia**, ao invés de decorá-la. Em geral, temos um bom conhecimento acumulado sobre os animais, mas não estamos acostumados a fazer conexões entre o que sabemos e o que observamos. Refletir sobre os problemas biológicos relacionados aos animais aumenta nossa capacidade de raciocínio sobre os sistemas como um todo. Afinal, é em grande parte sobre isso que trata a zoologia, e a própria biologia: sistemas de organismos vivos que interagem e que têm uma longa história evolutiva. Algumas informações certamente não serão imediatas, mas uma simples busca em um livro texto e, muitas vezes, no próprio dicionário, pode ajudar na melhor compreensão do sistema como um todo. Desta forma, a pesquisa de novas informações e a composição de tabelas comparativas dos grupos de animais organizam e ampliam nosso conhecimento. Isso não é muito diferente do processo de raciocínio que o cientista faz, uma vez que ele estuda e domina o que já é sabido e faz conexões entre diversas observações para responder a perguntas que ninguém ainda respondeu. Tente fazer a mesma coisa e não enxergue o conhecimento como uma coisa estanque, em que a citologia é separada da bioquímica ou da zoologia, por exemplo. A capacidade de integrar conhecimentos é que diferenciara a pessoa que entendeu uma disciplina da que simplesmente a decorou, porque as integrações não são ensinadas, mas podem ser aprendidas conforme a dedicação de cada um.

Este fascículo está organizado em unidades curtas, cada uma relacionada a um grande tópico da zoologia. A exposição não segue a maneira tradicional (grupo a grupo de animais). Há unidades que tratam de princípios gerais, integradores, e outras que tratam dos diferentes ambientes ocupados por animais. Junto com as unidades há uma série de atividades extras, propostas para serem realizadas na escola e fora dela. Algumas são propostas de visitas a locais específicos, acessíveis. Essas atividades são complementares, mas importantes porque ajudam a observar e aprender sem que seja debruçado sobre um livro. Sítios da *internet* relacionados a alguns tópicos abordados, complementares ao livro texto, são fornecidos. Bom estudo !<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Agradeço a Rodrigo Hirata Willemart pelos comentários e melhorias sugeridos ao texto. A utilização de parte das figuras foi gentilmente cedida pelo Prof. José Mariano Amabis e foram extraídas de Amabis, J.M. & Martho, G.R.1985. *Curso Básico de Biologia*, v. 2, Os seres vivos. Editora Moderna.



## Unidade 1

# As bases para o estudo dos animais

Organizadores  
Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

Elaboradores  
Antonio Carlos Marques

A área da Biologia que se ocupa do estudo dos animais é a **Zoologia**<sup>1</sup>. Você sabe que os animais estão em nossa vida cotidiana e, por isso, acabamos nos familiarizando com uma série de aspectos dos mesmos, sem necessariamente sermos zoólogos. Pense nos animais que você conhece, começando pelos que convivem em nossas casas, às vezes, desejados (cães, gatos, peixes, aves), ou indesejados (formigas, baratas, morcegos, percevejos, pulgas, carrapatos). Há animais que são utilizados pelo ser humano, seja como alimento (boi, porco, cabrito, polvo, camarão, mexilhão, – até baratas e ratos são alimentos em alguns locais do mundo), como transporte (cavalo, boi, jumento etc.) ou como diversão (cavalo, golfinhos), além dos muitos astros das telas como esponjas falantes, gato e rato que se perseguem incessantemente, peixes e formigas astros de filmes. Nossa interação com os animais às vezes tem conseqüências bem maiores. Há animais responsáveis por sérios problemas para a espécie humana, como envenenamentos (por águas-vivas, cobras, aranhas), doenças (inúmeras verminoses, ácaros, piolhos), pragas de cultivos (desde besouros até lesmas), problemas relacionados à obtenção de energia (como mexilhões e hidrozoários que entopem turbinas de hidrelétricas), dentre tantas outras interações. E nós? Somos também animais, um raminho na **árvore evolutiva** deste enorme grupo. No total, há mais de um milhão de espécies animais conhecidas, e estima-se que este grupo possa ser 10, 20 vezes maior!

Dentro de toda essa **diversidade**, como organizamos os animais em seus diferentes grupos? Tomando-nos como exemplo, somos vertebrados mamíferos porque possuímos vértebras e glândulas mamárias, respectivamente. Hierarquicamente, Vertebrata é um subfilo e *Mammalia* é uma classe deste subfilo, como também são, por exemplo, as classes Aves e Amphibia (anfíbios). A **classificação** (Fig. 1) usada pelos zoólogos traduz a **evolução** do grupo. A evolução ocorre ao longo do tempo, havendo uma seqüência ilimitada de eventos evolutivos na história de cada grupo de organismos. Transpondo isso para a classificação animal, temos que, em termos relativos, sempre um subfilo tem sua origem anterior à classe que ele compreende, ou seja, o primeiro vertebrado surgiu, necessariamente, antes do primeiro mamífero. Faz sentido, não?

1- <http://www.ufba.br/~zoo1/intzoo.html> [aspectos gerais da Zoologia, como e por que estudá-la].

- <http://curlygirl.no.sapo.pt/animalia.htm> [informações gerais sobre os grupos animais mais importantes e seus sistemas (digestivo, circulatório, respiratório, excretor e de osmorregulação, nervoso e órgãos dos sentidos e reprodutor). O nível de informação está, muitas vezes, além do necessário para o ensino médio e, portanto, concentre-se somente nos aspectos mais gerais. Em geral, há bons quadros comparativos para os grupos animais no final das exposições de cada sistema. Cuidado com o português de Portugal; aqui, algumas grafias de palavras são diferentes. Na dúvida, consulte um dicionário.].

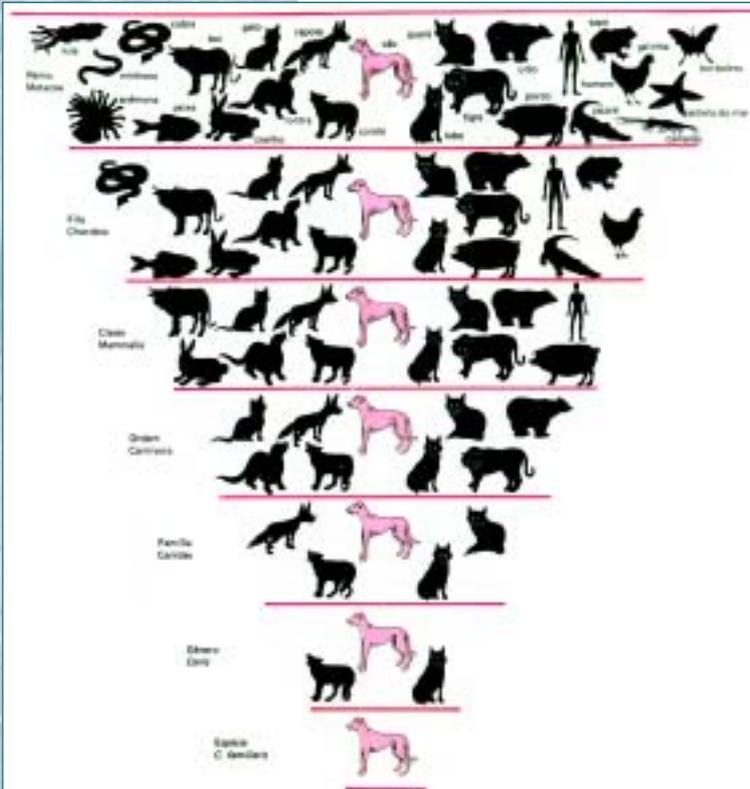


Figura 1. Classificação dos organismos, utilizando um cão como exemplo. As categorias espelham origens. Assim, a origem dos mamíferos (classe Mammalia) foi anterior à origem da família dos canídeos (Canidae), que inclui o cão (segundo Amabis & Martho, 1985, p. 9).

E como inferimos uma **filogenia**? A inferência sobre a evolução de um grupo, na forma de uma **árvore filogenética**, ocorre pela comparação das características dos diversos subgrupos deste. Assim, para entender a filogenia dos vertebrados, é preciso comparar os **caracteres** (morfológicos, comportamentais, fisiológicos, genéticos – quaisquer características) de todos os seus grupos (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos). Ao fazermos isso, por exemplo, temos que as vértebras são comuns a todos eles e, então, inferimos que elas apareceram na linhagem ancestral dos mesmos, isto é, aquela linhagem que deu origem aos vertebrados. Repare que, desta maneira, a vértebra é equivalente a um testemunho de que todos os vertebrados vieram do mesmo **ancestral comum** que, no caso, foi o primeiro organismo a ter vértebras. As glândulas mamárias também são um testemunho de uma linhagem, a que originou todos os mamíferos. É possível saber tam-

bém que elas surgiram após as vértebras (Fig. 2) porque, dentro dos vertebrados, apenas os mamíferos apresentam glândulas mamárias. Perceba também que “surgir antes” ou “surgir depois” é uma idéia de tempo relativo. Para sabermos o tempo absoluto do surgimento de um grupo, isto é, quando apareceu seu ancestral (milhares, milhões, centenas de milhões de anos atrás!), é preciso utilizar outras fontes de dados. Esta é uma inferência da **datação** do surgimento das características ou das linhagens e é possível com outros métodos que não a mera comparação dos grupos entre si. Um dos métodos mais conhecidos para esta inferência é o uso da **paleontologia**, ou estudo dos **fósseis** (Fig. 3). Fósseis são organismos já extintos mas que deixaram testemunhos de sua existência, preservados em sedimentos ou em âmbar (a resina que sai de algumas árvores e se solidifica, às vezes com um animal envolvido por ela – você assistiu “Parque dos Dinossauros”, não?). Pode-se estimar, por exemplo, a data de aparecimento do primeiro vertebrado, por meio do fóssil mais antigo que possua vértebras que, no caso, é do início do período Cambriano, um período geológico de 540 milhões de anos atrás. Os primeiros animais surgiram há 600 milhões de anos, no Pré-Cambriano. Haja evolução, não? Desde seu surgimento, diferenciaram-se em muitas linhagens e colonizaram os mais diversificados ambientes da Terra. Algumas dessas linhagens estão totalmente extintas e delas conhecemos somente os fósseis. Todo esse processo implicou grandes diferenciações, um exaustivo e infindável processo de mudança e seleção das linhagens. O que vemos hoje, e vamos estudar neste fascículo, é o final deste processo (até o momento, pois a evolução nunca acaba): como e onde os animais vivem, o que isso altera sua **morfologia** e o que podemos entender sobre sua evolução. Para isso vamos passar por uma série de ambientes.

Figura 2. Uma proposta de árvore filogenética para os vertebrados, incluindo algumas características. Os retângulos pretos indicam as características que apareceram na evolução da linhagem e foram mantidas nas linhagens posteriores. Por exemplo, as vértebras aparecem no ancestral dos vertebrados e são mantidas nas linhagens posteriores, como os anfíbios, aves e mamíferos, por exemplo. As setas indicam os nomes dos grupos no nível indicado. No caso dos mamíferos, como é um ramo final na árvore, não é necessário também nomear seu ramo.

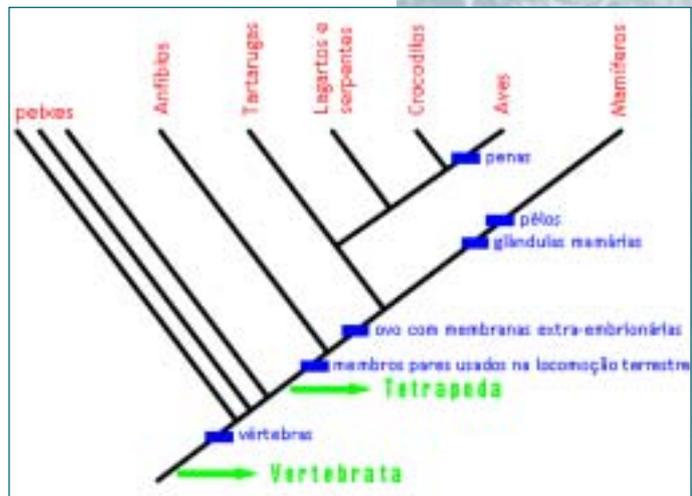


Figura 3. Um fóssil de um molusco marinho parente dos polvos atuais (à esquerda), e uma concha de um organismo atual (à direita). Ambos são membros da classe Cephalopoda.



**Atividade em classe 1:**

Em grupo, façam uma lista dos animais que vocês viram no último mês. Façam duas classificações para estes animais: (a) a primeira deve ser baseada nas características morfológicas deles; e a segunda (b), deve ser pelo ambiente (na natureza) em que eles vivem. Comparem e discutam estas listas.

**Atividade extra 1:**

Considerando a proposta filogenética da Fig. 2, podemos construir uma tabela comparativa dos grupos de animais envolvidos e das características. Se considerarmos (+) para a presença da característica no grupo e (-) para a ausência, é possível construir uma tabela que sintetize toda a proposta. Desta forma, complete a tabela abaixo e veja que há uma hierarquia de inclusão de uma característica em outra. Compare esta hierarquia com a árvore evolutiva acima.

	Vértebras	Membros pares	Ovo com casca	Penas	Glândulas mamárias	Pêlos
Peixes						
Anfíbios						
Tartarugas						
Lagartos						
Crocodilos						
Aves						
Mamíferos						

## Unidade 2

# Os protistas e os animais

### Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

### Elaboradores

Antonio Carlos  
Marques

Quais são as funções básicas necessárias para um organismo conseguir viver? Se você refletir sobre isso, perceberá que há diversas respostas possíveis e que isso depende do tipo de organismo e do ambiente em que ele habita. Comece com você mesmo! Biologicamente, o que você precisa para viver? E uma borboleta, do que precisa? E ... uma ameba, o que você acha que ela precisa para viver? Não há como dizer que uma necessidade biológica é mais importante que outra. Se você, a borboleta e a ameba pararem de excretar, vocês sobrevivem? Aliás, ameba excreta? Se vocês pararem de se movimentar, vocês sobrevivem? Será que há animais que não se movimentam jamais?

A essa altura você já deve ter percebido que há condições muito diferentes para os organismos sobreviverem, determinadas por sua evolução. Com relação à obtenção de energia, por exemplo, os vegetais são **autótrofos** e os animais são **heterótrofos**, sendo portanto obrigados a conseguir energia química produzida por vegetais. O ambiente também é importante na compreensão das funções de um organismo. Por exemplo, organismos aquáticos têm necessidades de **excreção**, **osmorregulação** e **respiração** diferentes das dos terrestres. E, em animais aquáticos, os de água doce têm necessidades diferentes das dos marinhos. Na discussão sobre a classificação baseada em morfologia e em ambientes que você fez na última unidade, possivelmente concluíram que as duas não são equivalentes. As funções de um organismo são determinadas pela sua evolução mas, ao longo desta, há uma série de **convergências** que encontramos muitas vezes relacionadas ao ambiente. Por exemplo, organismos voadores como morcegos (mamíferos) e aves pertencem a grupos completamente distintos, mas apresentam uma série de adaptações ao voo que são semelhantes, como uma alta taxa metabólica, a presença de asas e musculatura especializada, entre outras características.

Se há necessidades diferentes para os diferentes animais, quem cumpre todas estas funções? Isso é realizado por **células**, que estão associadas em **tecidos**, que por sua vez estão associados em **órgãos** e estes associados em **sistemas**. Ou seja, para a movimentação, por exemplo, há célula e tecido responsáveis por isso em uma minhoca, e uma cobra, por incrível que pareça, são as mesmas que as de uma cobra! Estão apenas organizadas de maneira diferente!

Há, entretanto, um grupo de organismos que cumpre todas as funções básicas para sobrevivência em uma única célula. São os protistas, um grupo diverso de organismos **eucarióticos**, alguns com afinidades animais, sendo

heterótrofos, outros com afinidades vegetais, possuindo **plastos** com pigmentos fotossintetizantes, como é o caso da Euglena. Há a hipótese de que esses plastos sejam uma associação especial entre uma célula eucariótica com **procariotos** tais como as algas azuis (cianobactérias). Mas há alguns que são heterótrofos e autótrofos, ou seja, que têm características animais e vegetais! Neles, os responsáveis pelas funções são as **organelas** (Fig. 4). Eles não devem nada a nenhum animal, isto é, conseguem dar conta das mesmas necessidades que um animal multicelular tem!

A distinção dos grupos de protistas está relacionada ao tipo de estrutura que usam para sua locomoção (Fig. 5): flagelados, ciliados, amebas (utilizam **pseudópodes**, ver Fig. 4) e esporozoários (têm locomoção restrita, sem estruturas especiais).

Você já ouviu falar em algum protista? Certamente, sim! Eles estão intimamente associados ao seres humanos, sendo notórios causadores de diversas doenças (Quadro 1). Estas doenças fazem com que estes organismos possuam particularidades em seus **ciclos de vida**. Há alguns ciclos de vida de protistas que são extremamente complexos, muito mais que o nosso ciclo. Ou seja, temos de desmistificar nossa soberba de sermos biologicamente mais importantes ou complexos que os outros organismos.

Há protistas parasitas entre os flagelados (a doença de Chagas é causada por *Trypanosoma cruzi*; a leishmaniose ou úlcera de Bauru por *Leishmania*; a vaginite ou tricomoníase por *Trichomonas vaginalis*; a giardíase por *Giardia lamblia*), entre as amebas (amebíase por *Entamoeba coli*) e entre os esporozoários (toxoplasmose por *Toxoplasma gondii*; malária por *Plasmodium spp.*<sup>1</sup>) (Quadro 1).

Figura 4. Uma ameba de vida livre com suas organelas para digestão (vacúolo digestivo), osmorregulação (vacúolo contrátil), reprodução (núcleo), locomoção (pseudópodes) (segundo Amabis & Martho, 1985, p.52).

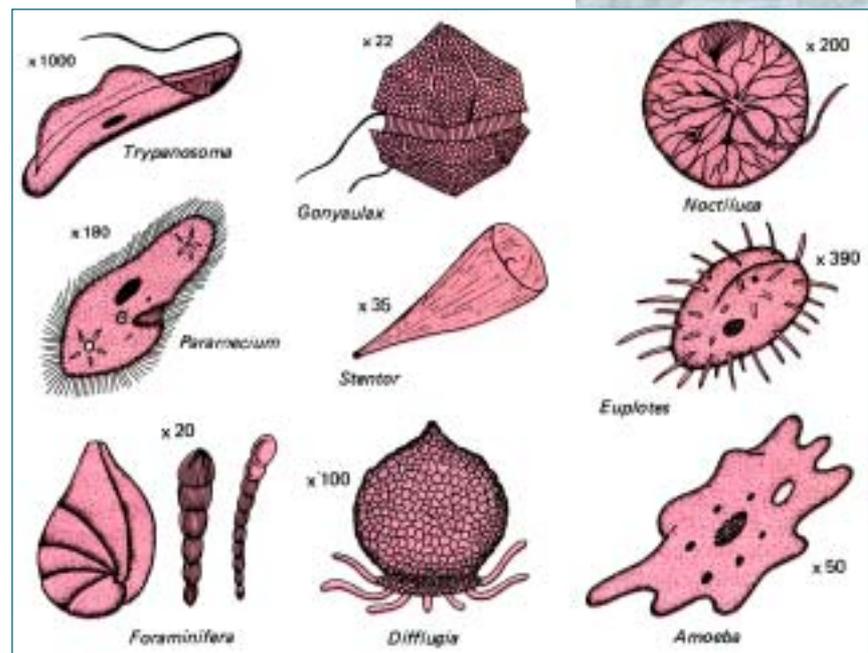
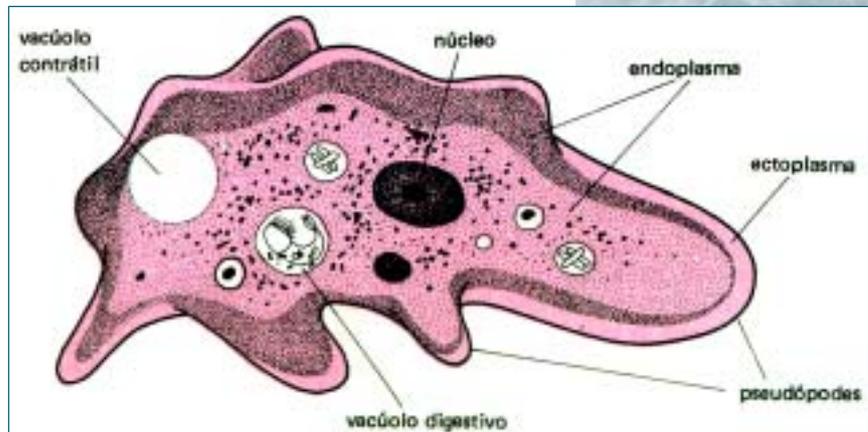
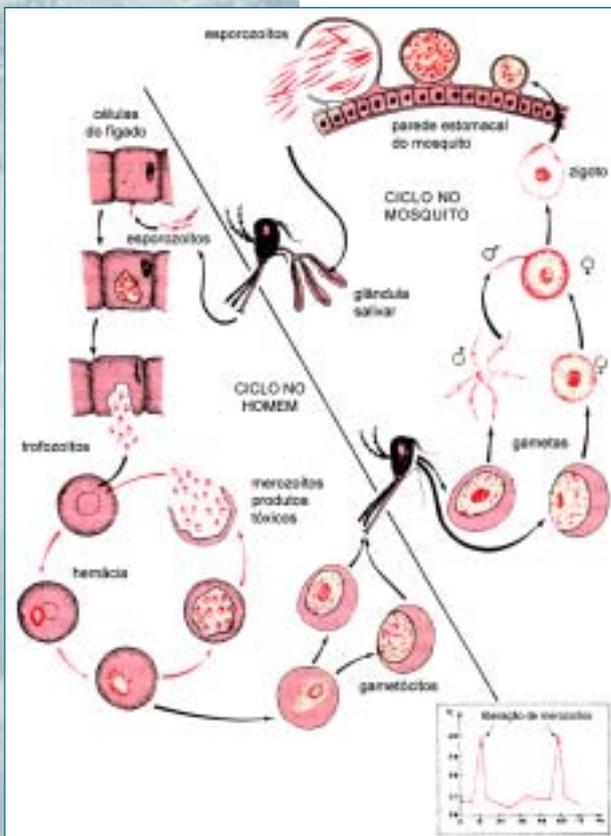


Figura 5. Exemplos de protistas, incluindo flagelados (por exemplo, *Trypanosoma*), ciliado (por exemplo, *Paramecium*) e amebas (por exemplo, *Amoeba*) (segundo Amabis & Martho, 1985, p.51).

<sup>1</sup> - <http://www.editorasaraiva.com.br/biosonialopes/htm/esquemas.htm> [animação sobre ciclo de vida do *Plasmodium*]

Quadro 1. Comparação entre os diversos tipos de doenças causadas por alguns protistas parasitas de seres humanos (protozooses). São apresentados o nome da doença, seu causador e grupo a que pertence, sintomas característicos, forma de contágio e profilaxias.

DOENÇA	PROTISTA	SINTOMAS	FORMA DE CONTÁGIO	PROFILAXIA
Doença de Chagas	<i>Trypanosoma cruzi</i> (Flagelado)	Resultantes de disfunção nervosa central e periférica	Picada do barbeiro (hemíptero)	Condições habitacionais adequadas para eliminação do barbeiro
Leishmaniose ou Úlcera de Bauru	<i>Leishmania</i> spp. (Flagelado)	Ulcerações da pele	Picada de mosquito palha (flebotomo)	Controle e interrupção do ciclo de vida do mosquito
Vaginite por tricomoníase	<i>Trichomonas vaginalis</i> (Flagelado)	Inflamação das paredes da vagina	Doença sexualmente transmissível	Cuidados no ato sexual e higiene íntima
Giardíase	<i>Giardia lamblia</i> (Flagelado)	Ocasionalmente provoca diarreias graves	Contaminação fecal de água e alimentos	Cuidados higiênicos com alimentos e água e saneamento
Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i> (Ameba)	Diarréia dolorosa com perda de sangue	Contaminação fecal de água e alimentos	Cuidados higiênicos com alimentos e água e saneamento
Malária	<i>Plasmodium</i> spp. (Esporozoário)	Acessos periódicos de calafrios (doença aguda ou crônica)	Picada de mosquito (anófeles)	Cuidados contra o mosquito, preferivelmente sua eliminação



A malária é uma das doenças infecciosas mais importantes que atingem os humanos. O ciclo do parasita é determinado pela presença dos hospedeiros: a reprodução sexuada ocorre no mosquito e a assexuada, no ser humano. Esta reprodução assexuada é intensa, fazendo com que haja grande aumento periódico no número de indivíduos que, quando rompem as hemácias, liberam seus resíduos e causam episódios de febre e calafrios característicos (Fig. 6).

**Atividade em classe 2:**

Em grupo, façam um desenho esquemático de um ciliado (o paramécio, por exemplo). Comparem com a ameba da Fig. 4. Pensem nestes organismos como seres completos que vivem na água doce. A partir disso, pensem em quais são suas necessidades biológicas e acrescente as estruturas responsáveis por essas em seu desenho. Discutam e pesquisem em seus livros didáticos.

Figura 6. Ciclo do *Plasmodium*, causador da malária. No canto inferior, à direita, está representado o gráfico de temperatura do doente em relação ao tempo. Tente explicar este gráfico em um texto (segundo Amabis & Martho, 1985, p. 61).

**Atividade extra 2:**

Considerando os protistas parasitas *Plasmodium*, *Trypanosoma* e *Entamoeba*, compare seus ciclos de vida com relação ao número de hospedeiros, filos a que pertencem estes hospedeiros e principais regiões ou ambientes em que ocorrem no Brasil.

	Nº hospedeiros	Filos dos hospedeiros	Regiões ou ambientes de ocorrência
<i>Plasmodium</i>			
<i>Trypanosoma</i>			
<i>Entamoeba</i>			

## Unidade 3

# A sobrevivência de um animal

### Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

### Elaboradores

Antonio Carlos  
Marques

Como vimos na unidade anterior, somos todos animais e temos necessidades físicas para sobreviver. Da mesma maneira, todos os outros animais também estão sujeitos a problemas para sua sobrevivência. Lembre-se de que o processo de sobrevivência já é, por si só, um êxito da seleção natural, uma vez que animais que não estavam adaptados ao ambiente que habitavam tiveram suas linhagens selecionadas negativamente. Ou seja, por princípio, quem está aí no mundo, os animais que nós vemos, estão adaptados para suas condições naturais. Claro que grandes mudanças, muitas vezes causadas pelo ser humano, acabam por extinguir linhagens.

Mas será que os ambientes em que os animais vivem são todos iguais? Vejamos: quantos ambientes diferentes você consegue imaginar? No que eles diferem? Um determinado animal pode viver em qualquer ambiente?

Nossa classificação dos ambientes pode ser mais ou menos refinada. Por exemplo, há diversos animais que habitam o ambiente aquático. Mas quantos ambientes aquáticos nós temos? O ambiente de um lago e o do mar, por exemplo, são extremamente diferentes entre si devido a fatores como a salinidade e o hidrodinamismo (isto é, o grau de agitação) da água. Se nos restringirmos ao ambiente marinho, é muito diferente o animal habitar a coluna d'água (**plâncton** ou **nécton**) ou o fundo do oceano (**bentos**). Se agora nos restringirmos ao bentos, é muito diferente viver em uma faixa tropical ou na Antártica, por exemplo. E, para os da faixa tropical, é muito diferente ocorrer em um recife de coral ou em profundezas de 4 ou 5 mil metros. E não acaba por aí... Neste processo, estamos detalhando o ambiente em que vive um organismo, cada vez mais.

A cada estágio deste detalhamento encontramos particularidades nos organismos. Se tomarmos os organismos bentônicos da região tropical que vivem em recifes de coral, por exemplo, suas necessidades biológicas tendem a ser muito mais discrepantes em comparação com as de um organismo terrestre que em comparação com as de um organismo da Antártida. Mas podemos dizer que é somente o ambiente que determina como será o organismo? A resposta para a pergunta é "não". As particularidades de sobrevivência, que são expressas na morfologia, na fisiologia, no comportamento, estão, em algum nível, ligadas à evolução. Por exemplo, não há qualquer esponja vivendo fora d'água, bem como não há borboleta alguma embaixo d'água. Outro aspecto: um camarão vive na água salgada, como a esponja, mas é mais semelhante e mais próximo evolutivamente da borboleta, que vive no ambiente terrestre. Por isso, é que ambos são artrópodes. Ou seja, nos seres vivos atuais há um componente relacionado ao seu ambiente, é verdade, mas há um com-

ponente, muito maior, que é a carga histórica que ele traz, ou sua história evolutiva. Assim, biologicamente, podemos tentar compreender as generalidades das esponjas e das borboletas e camarões e, com isso, compreender como suas linhagens foram evolutivamente selecionadas.

Ao pensar ou observar um determinado animal em um local qualquer, devemos dissecá-lo mentalmente nos muitos fatores a que ele está sujeito. Tomemos um besouro passeando sobre uma flor em uma praça qualquer de nosso bairro como exemplo. Bem, primeiro de tudo, ele deve ter meios de encontrar a flor e evitar seus predadores (**sistemas nervoso e sensorial**). Nesta flor, ele pode **alimentar-se** ou pôr seus ovos nesta planta após sua **reprodução**, porque suas larvas se alimentam da planta (**ciclo de vida e desenvolvimento**). Conseguindo seu alimento, ele deve fazer sua **digestão** e distribuí-lo por todas suas células (**circulação**), garantindo também que suas trocas gasosas (**respiração**) cheguem a estas células para que elas sobrevivam, podendo gerar energia. Ao se alimentar, esse organismo produz uma série de produtos nitrogenados que devem ser eliminados por **excreção**. Para isso, ele pode ser mais ou menos dependente de água, que dilui estes produtos. De qualquer maneira, de tempos em tempos, esse besouro deve obter água, essencial para seus processos metabólicos, e a quantidade de água está relacionada à **osmorregulação** (entre outros fatores), deslocando-se por meio de suas pernas ou suas asas (**locomoção**). E sua perpetuação gênica será obtida por meio da **reprodução** (até já mencionamos suas larvas acima, assumindo que ele se reproduz). Essa complexidade de fatores está presente no besouro, mas pode ser diferente para outra família de besouros de um ambiente diferente (vivendo dentro de um tronco ou em um lago, por exemplo), ou para uma pulga, ou para um camarão, ou para uma estrela-do-mar. Até chegarmos à estrela-do-mar, estamos nos afastando evolutivamente de nosso besourinho e podemos então tentar compreender quais são as conseqüências disso.

### Atividade em classe 3:

Vocês se lembram da lista dos animais que fizeram na atividade da primeira unidade, junto com aquela classificação? Pois bem, novamente em grupo, tentem montar uma filogenia, como também visto na primeira unidade, para os animais desta lista. Lembrem-se que as características que aparecem na maior parte dos animais são também aquelas que tendem a aparecer logo na base da evolução e, quando as características forem aparecendo em um menor número de animais, é porque estamos “subindo” na nossa árvore evolutiva.

### Atividade extra 3:

Complete a tabela abaixo para cada organismo utilizando as palavras disponíveis (todas as palavras deverão ser utilizadas). Repare que há dois organismos terrestres e que eles possuem diversas características diferentes, mostrando que, mesmo para um determinado habitat, há diferenças que estão relacionadas à linhagem evolutiva (por exemplo, ao filo) ao qual o organismo pertence.

	Água viva	Minhoca	Gambá
Habitat	marinha: planctônica	terrestre: solo	terrestre: especialmente arborícola
Filo		anelídeo	vertebrado
Parente	coral	poliqueta	
Osmorregulação e excreção			
Respiração			
Ciclo-de-vida			
Digestão			
Sistema nervoso			
Locomoção			
Alimento			

Palavras disponíveis: **anelídeo**, direto sem larva, difusão, ganglionar, por apêndices (pernas), extra e intracelular, **terrestre: solo**, sedimento do solo, jato-propulsão, **coral**, indireto com larva, difusão, extracelular, frutos, pulmonar, **vertebrado**, pequenos crustáceos, Cnidário, nefrídios, cutânea, com cérebro, **terrestre: especialmente arborícola**, contração do corpo, direto sem larva, rins, baleia, extracelular, **marinha planctônica**, em rede, **poliqueta**

## Unidade 4

# A vida no mar: o bentos

Organizadores  
Paulo Takeo Sano  
Lyria Mori  
Elaboradores  
Antonio Carlos  
Marques

A vida começou no mar. E o surgimento dos animais também. A partir de então, na evolução animal, o ambiente marinho continuou com o maior número de linhagens (Fig. 7). Atualmente, apenas 6% dos filos não têm nenhum representante marinho. Dos filos com maior número de espécies (poríferos<sup>1</sup>, cnidários<sup>2</sup>, platelmintes, nematódeos, moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e vertebrados), todos têm espécies que vivem no mar.



Figura 7. Proporção de filos do reino animal segundo o ambiente em que vivem.

Mas como é viver no mar? A primeira coisa a se considerar é onde se vive, se sobre o substrato (bentos) ou na coluna d'água (plâncton e nécton). Isso tem implicações óbvias sobre a locomoção e o sistema nervoso (SN) com seus órgãos dos sentidos (OS). Tomemos alguns exemplos de animais bentônicos: uma esponja (Fig. 8A) é **séssil** (isto é, não se desloca), e não conta com SN nem OS. Porém, por mais incrível que possa parecer, uma esponja tem movimento em suas células, que ela utiliza para regular a quantidade de entrada de água, por exemplo. Como é possível ter movimento sem sistema nervoso? Já uma anêmona (Fig. 8B), que também é séssil, tem SN na forma de uma rede neural e conta com estruturas sensoriais esparsas, uma vez que, por ter uma **simetria radial**, recebe estímulos ambientais de todos os lados. Um molusco gastrópode (como um caramujo marinho; Fig. 8C) já é **vágil**, isto é, move-se por meio do deslizamento ciliar sobre o muco produzido, e isso está relacionado à sua **simetria bilateral** com uma concentração de células nervosas (**gânglios**) e OS na região anterior, que é a que explora o ambiente. Igualmente bilaterais, caranguejos (Fig. 8D) são bastante ativos, locomovendo-se por intermédio de seus **apêndices articulados** com intrincada musculatura, mas mantêm um SN cerebral e OS na região anterior (mesmo andando de lado!). Por fim, um lírio-do-mar (Fig. 8E) também tem a capacidade de ser vágil, embora seja pouquíssimo ativo no meio. É curioso que o lírio também apresenta simetria radial e, assim como a anêmona, ele apresenta OS esparsos e SN em rede neural.

<sup>1</sup> - <http://www.ufba.br/~zoo1/porifera.html> [biologia e aspectos gerais dos poríferos].

- <http://acd.ufrj.br/labpor/1-Esponjas/Esponjas.htm> [informações gerais, classificação, ecologia e importância econômica].

<sup>2</sup> - <http://www.ufrpe.br/lar/index3.html> [informações sobre recifes de corais, importantes formações de cnidários].

Com essa pequena amostra da diversidade bentônica, podemos concluir que a morfologia está relacionada ao ambiente, mas está também limitada pela história evolutiva da linhagem a que pertence o organismo (Fig. 9). Por exemplo, cnidários e lírios-do-mar são radiais e isso implica que suas linhagens sobreviventes atuais ‘sintam’ o ambiente que as cerca vindo de todos os lados, daí um SN em rede e OS esparsos. Para este tipo de vida (sésil), em especial para animais que vivem em locais com correntes vindas de todas as direções, a simetria radial é bastante eficiente. No entanto, esses animais contam com o acaso para encontrar seu alimento – eles somente têm alimento quando este é trazido pela corrente de água. Já moluscos e artrópodes são bilaterais e exploram o ambiente sempre com a mesma região (a anterior). A exploração ativa do ambiente com os órgãos dos sentidos evita a passividade da simples “chance” de se encontrar o alimento ou não. Além disso, quando encontram o alimento, esses animais apresentam sua boca também na região bem anterior, junto dos OS, o que facilita a ingestão.

A **simetria** e o **hábito de vida** de um organismo nem sempre interferem, no entanto, no tipo de alimentação. Uma esponja sésil é **filtradora**, isto é, filtra seu alimento a partir da água, com partículas em suspensão, que entra por seus poros. Uma anêmona é uma **predadora** de pequenos animais do plâncton, caçando-os com seus **nematocistos**. O lírio-do-mar é um comedor de alimentos que estão suspensos na água (**suspensívoro**), utilizando para isso seus **braços** e **pés ambulacrários**. Um molusco gastrópode pode ser predador ou **herbívoro**, raspando as algas com sua **rádula**. Por fim, um caranguejo pode ser um **detritívoro**, buscando ativamente restos orgânicos para se alimentar. O **hábito alimentar**, portanto, é uma conjunção de dois fatores: (a) a evolução do grupo que inclui o organismo e (b) o seu ambiente. Todos fatores morfo-fisiológicos, na realidade, são assim: embora determinados por uma forte carga evolutiva (hereditária), apresentam uma certa maleabilidade adaptativa a determinadas condições.

Lembra da esponja? Deixamos no ar a pergunta sobre movimento sem sistema nervoso. As esponjas (Fig. 10) são os animais mais simples que existem. Basicamente, elas são uma combinação de diversas células, com funções diferentes, que “vivem juntas”. Se um protista, uma única célula, pode ter movimento, porque não poderiam existir os mesmos movimentos em uma esponja, não é mesmo? O que surpreende é a maneira como o sinal do movimento é transmitido de uma célula para outra. Isso nos faz pensar que há muitas soluções apresentadas pelos

Figura 9. Uma proposta simplificada de filogenia para os animais. Na árvore filogenética estão marcadas as características relacionadas à simetria e ao sistema nervoso dos organismos. Para ler a árvore, você deve proceder como na Fig. 2. A simetria radial com SN em rede esteve na base dos animais, logo após o surgimento de Porifera. Este é o padrão que se manteve em Cnidaria, mas foi modificado antes do surgimento dos *Platyhelminthes* – todos os animais surgidos desde então são bilaterais. No entanto, os *Echinodermata* apresentam uma reversão desta característica, voltando à condição primitiva de simetria e SN.

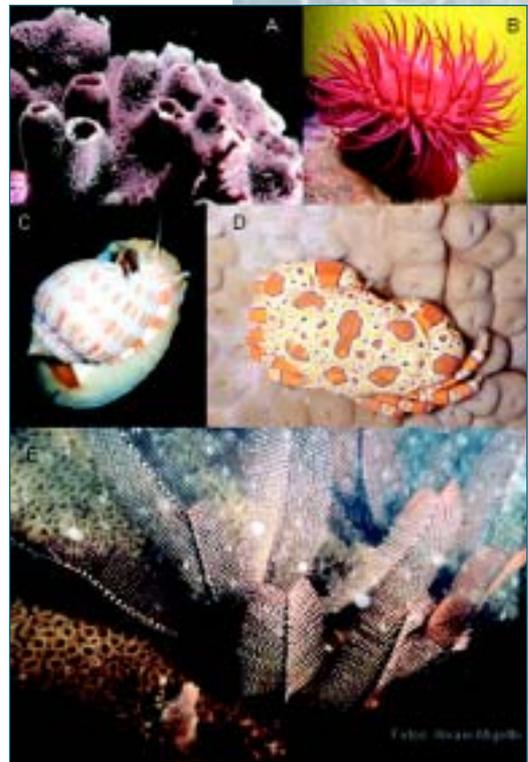
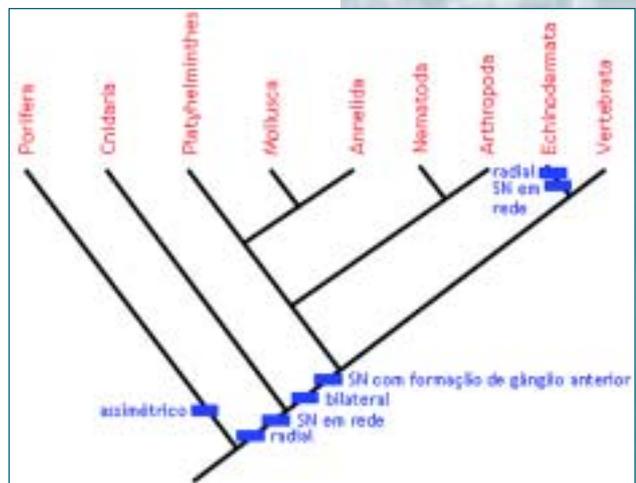


Figura 8. Alguns exemplos de animais bentônicos marinhos. **A**, uma esponja (filo Porifera); **B**, uma anêmona-do-mar (filo Cnidaria, classe Anthozoa); **C**, um caramujo marinho (filo Mollusca, classe Gastropoda); **D**, um caranguejo (filo Arthropoda, classe Crustacea – note que está sobre um cnidário coral-mole, que está com os pólipos fechados). **E**, um lírio-do-mar (filo Echinodermata – note que ele também está sobre um coral-mole, mas desta vez com os pólipos abertos).



organismos para perguntas semelhantes. A transmissão de impulsos, na forma mais comum que conhecemos, é através da passagem de estímulos neurais de célula nervosa para célula nervosa (neste caso, de neurônio para neurônio). Mas, vendo a esponja, compreendemos que esta não foi a primeira forma de se resolver a questão de como transmitir o estímulo, e nem é a única.

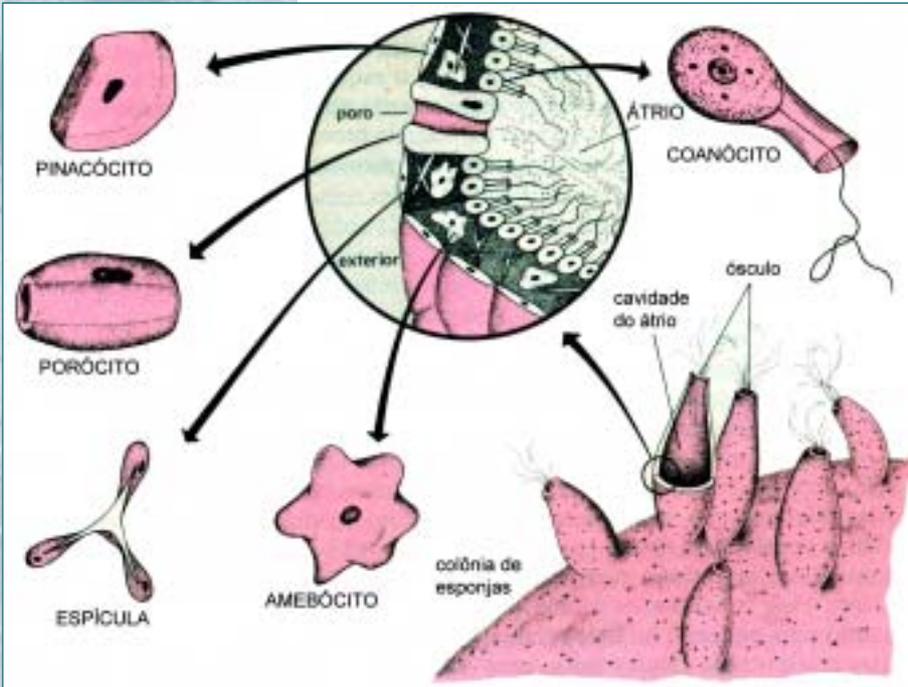


Figura 10. Esquema que mostra os tipos celulares básicos que compõem a esponja: pinacócitos (células de revestimento), porócitos (para entrada d'água), espícula (feita pelos esclerócitos, para sustentação), amebócitos (digestão, transporte e reprodução) e coanócito (alimentação). No detalhe, aparece um corte da esponja com sua organização (segundo Amabis & Martho, 1985, p. 115).

têm olhos), há diversos aspectos retratados de sua morfologia e biologia. Assista a um desses desenhos e enumere os organismos marinhos que você encontrar, relacionando o que é procedente e o que é improcedente. Para balizar suas observações, utilize seu livro ou caderno de zoologia. Faça uma tabela conforme o modelo sugerido abaixo para o próprio Bob Esponja (Porifera).

**Atividade em classe 4:**

Na Fig. 9, identifique os filamentos animais que são sésseis e discuta, em grupo, quais são as adaptações para este hábito de vida.

**Atividade extra 4:**

Os animais marinhos estão na moda. Ao menos dois grandes sucessos estiveram em nosso cotidiano nos últimos tempos: a série "Bob Esponja" e o filme "Procurando Nemo". Neles, apesar da descaracterização de certos aspectos da biologia dos personagens (isto é, ignorando esponjas que falam ou

Morfologia correta	Morfologia incorreta	Biologia correta	Biologia incorreta
- poros	- olhos - pernas	- bentônico - frívolo com regeneração	- móvel - fala

## Unidade 5

# *A vida no mar: o plâncton*

O meio marinho apresenta uma contraposição entre bentos e plâncton. Porém, embora pareçam universos separados, eles estão intimamente ligados. Em geral, a associação entre esses dois conjuntos é determinada pelo ciclo de vida dos organismos. A maioria dos organismos adultos do bentos produzem larvas que vivem no plâncton. Estas larvas são responsáveis pela dispersão da espécie, alcançando novos locais de sobrevivência, e pela colonização de novos substratos, onde se desenvolvem como novos adultos bentônicos. Ou seja, a associação é tão íntima que estamos tratando do mesmo indivíduo, com o mesmo genoma, mas com morfologia completamente diferente. Equivale dizer que você nasce com a morfologia completamente diferente da que apresenta agora. E não devemos parar somente nos caracteres reprodutivos secundários, que nos seres humanos estão relacionados ao aparecimento de pêlos, mudança de voz, desenvolvimento de determinados órgãos. No caso de diversos animais, trata-se de mudar completamente a forma, de aparecerem e sumirem estruturas e órgãos, mudar a alimentação e o comportamento. Muitas vezes isso inclui uma verdadeira **metamorfose**. Como isso é possível? As diferentes morfologias pelas quais passa o indivíduo são a expressão de genes do desenvolvimento que apresentam uma determinada cronologia de funcionamento. Os genes estão sempre no organismo, mas não significa que estejam sempre funcionando – eles “ligam” e “desligam” dependendo do estágio da vida que o organismo está passando. Metaforicamente, é como se fosse uma linha de montagem, como a de um carro por exemplo: há as primeiras máquinas que fazem o monobloco, passa-se à montagem da carroceria, e vai-se adicionando componentes, sempre por máquinas diferentes.

A presença de larvas ocorre em grande parte dos animais marinhos e caracteriza um **ciclo de vida indireto** (Fig. 11), em contraposição àqueles que não possuem larvas, que têm o **ciclo de vida direto**. Mas você já pensou que as fases adultas (macho e fêmea) devem estar férteis em sincronia, sob pena de falhar a reprodução sexuada da espécie? Se não houvesse sincronia, não haveria reprodução dos indivíduos e, desta maneira, não haveria descendentes e a espécie se extinguiria. Se apenas os gametas masculinos amadurecerem, sem que os óvulos estejam prontos, não há eficiência alguma. O tempo perfeito de amadurecimento e liberação é conseguido a partir de **ciclos endógenos** dos organismos ou por estímulos que provocam uma reação em cadeia da liberação de gametas, aumentando a eficiência da fertilização. Um estímulo bem conhecido, por exemplo, é o ciclo lunar para os organismos aquáticos.

Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

Elaboradores

Antonio Carlos

Marques

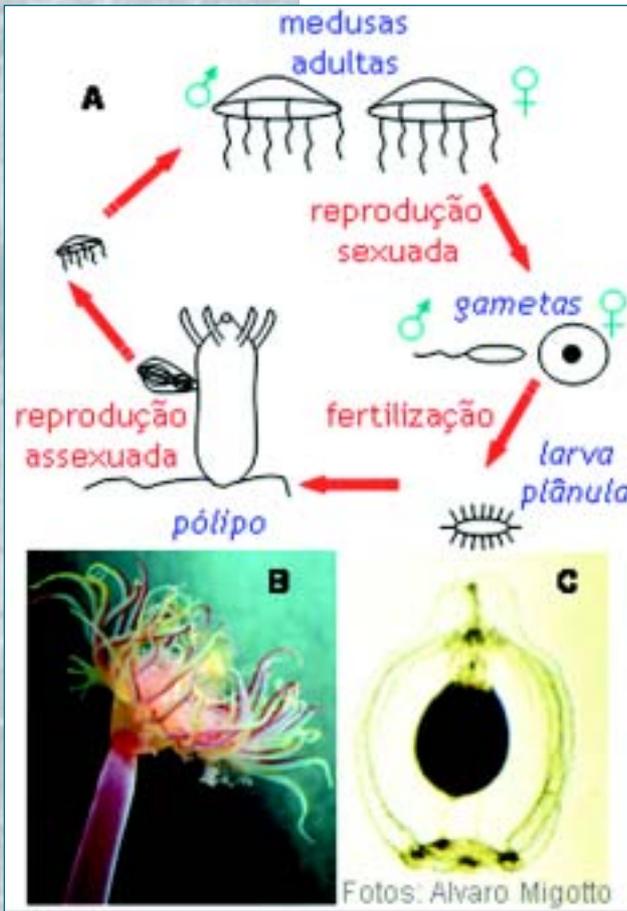


Figura 11. Um dos exemplos mais clássicos de ciclo de vida, de um cnidário hidrozoário. **A**, em seu ciclo, eles têm uma forma que vive aderida ao substrato (**pólipo**) que origina **medusas** por reprodução assexuada. Estas medusas nadam ativamente no plâncton por **jato-propulsão** e produzem gametas, que sofrem **fertilização externa** (quando os gametas são jogados na água e nesta ocorre a fertilização) ou **interna** (quando o espermatozóide fertiliza o óvulo ainda no corpo da fêmea). A partir da fertilização há ainda outra larva, chamada **plânula**, que então assenta no substrato e metamorfoseia-se em um novo pólip. **B**, um pólip de Hydrozoa com **(C)** sua medusa correspondente.



Figura 12. **A**, um copépode planctônico, que pode ser ingerido por **(B)** uma craca bentônica. Os dois pertencem ao mesmo grupo, são artrópodes crustáceos.

Não são somente as formas larvais que vivem no plâncton. Se fosse assim, ele seria um grande berçário. Há alguns grupos de organismos, como pequenos crustáceos chamados copépodes (Fig. 12A), que têm toda sua vida no plâncton: os machos agrupam seus espermatozóides em **espermatóforos** e transmitem estes 'pacotes' para a fêmea. Esse tipo de transmissão é chamada fertilização indireta. Uma vez eclodido o ovo, as larvas emergidas vivem no plâncton, onde crescem por intermédio de sucessivas mudas (como é típico dos Arthropoda) até se tornarem adultos.

O encadeamento de ciclos de vida entre o bentos e o plâncton é também estendido à teia alimentar do plâncton. Por exemplo, copépodes são ingeridos por animais bentônicos tais como cracas (Fig. 12B), que são crustáceos como os copépodes, mas fixos. As larvas do plâncton podem ser igualmente predadoras vorazes de outros grupos de animais. Isso ocorre porque algumas larvas, quando liberadas, têm uma quantidade muito baixa de **vitelo** associado, que é a reserva alimentar do ovo. Portanto, faz parte da história evolutiva de sua espécie, pregar para sobreviver. Assim, qualquer simplificação do meio de vida marinho é arriscada, dada a complexidade dos ciclos de vida de seus representantes.

Você já imaginou estar em um local em que não há chão? Nós nos orientamos de diversas maneiras, mas o chão é uma referência importante para nosso posicionamento. E como faz o plâncton, que não tem essa referência? A maioria dos organismos planctônicos possui um órgão sensorial que permite que eles se orientem em relação à gravidade. Esses órgãos são chamados **estatocistos** e, não fosse por eles, os planctontes (animais que vivem no plâncton) não conseguiriam saber para qual lado está o fundo e para onde está a superfície do mar.

Uma vez orientados, os planctontes se movem na massa d'água a partir de ação muscular. Para ajudar, alguns têm uma morfologia que os auxilia a boiar, como no caso das formas semi-esféricas das medusas (Fig. 11C) ou a presença de um grande número de cerdas (como os artrópodes copépodes). Boiar passivamente é uma estratégia de vida interessante porque diminui o gasto de energia envolvido com a natação. Embora possa não parecer, boiar é um tipo de estratégia bastante requintado, pois permite também que o planctonte regule a altura em que deseja estar na coluna d'água. Com essas condições estabelecidas, os planctontes podem então fazer uma procissão vertical na coluna d'água, denominado **migração vertical**.

### Atividade em classe 5:

Em grupo e baseados na Fig. 3, listem os filos animais que têm larvas de que vocês se lembram. Feito isso, comparem em que ambiente estão estas larvas, consultando livros didáticos e discutindo com seu monitor. Compare, mesmo que grosseiramente, uma larva terrestre e uma de água salgada, de grupos diferentes. As características destas larvas estão também presentes nos adultos do mesmo grupo?

### Atividade extra 5:

Você já visitou o mercado municipal de São Paulo ? Vá visitá-lo e, em especial, conheça a seção de frigoríficos marinhos. A variedade de formas ali encontrada é fantástica, incluindo representantes de diversos filos animais. Todos são alimentos do ser humano. Detenha-se na morfologia dos animais, desde os bizarros peixes de profundidade até a leveza dos mariscos (bivalves). A seguir, preencha a tabela abaixo para cada organismo que você identificar. O exemplo demonstrado é o camarão. As informações sobre os organismos que você encontrar podem ser acessadas em um livro básico de biologia do ensino médio. A construção do quadro auxilia no treino de observação e memorização das características destes animais.

	<i>Camarão</i>		
Habitat	<i>Bentos</i>		
Filo	<i>Arthropoda</i> ( <i>artropode</i> )		
Grupo menor	<i>Crustáceo</i>		
Parente	<i>Logosta, sirí,</i> <i>caranguejo</i>		
Respiração	<i>Branquial</i>		
Ciclo-de-vida	<i>Com larva</i>		
Digestão	<i>Intracelular</i>		
Sistema nervoso	<i>Cérebro anterior</i>		
Locomoção	<i>Apêndices articulados</i>		
Alimento	<i>Detritos do fundo marinho</i>		

## Unidade 6

# A vida no mar: o nécton

Organizadores  
Paulo Takeo Sano  
Lyria Mori  
Elaboradores  
Antonio Carlos  
Marques

O nécton, assim como o plâncton, também vive na coluna d'água. O plâncton, embora tenha capacidade de nadar, inclusive em suas migrações verticais, é incapaz de sair da grande massa d'água (corrente) em que vive. Ou seja, o plâncton de uma determinada corrente, como o que vive nas águas quentes que passam por nossa costa no sentido norte-sul (corrente do Brasil), não tem capacidade de sair desta corrente. O nécton, entretanto, tem uma maior capacidade de natação, podendo “furar” as correntes em que se encontra. Claro que esta movimentação implica maior gasto de energia individual, acompanhado de um sistema especializado para isso.

Mas quem são os representantes do nécton? Sem dúvida, os mais conhecidos são os peixes (Fig. 13A) que, em seus cardumes, singram correntes ao redor do mundo. Mas há outros organismos, dentre os quais podemos destacar, por exemplo, as baleias e as tartarugas (Fig. 13B). Ambas migram das áreas de reprodução para as de alimentação. Por exemplo, a baleia jubarte vem do sul para buscar seu refúgio reprodutivo no arquipélago dos Abrolhos. A migração para pontos específicos é um comportamento comum observado em diversos grupos, tais como os peixes (salmões, por exemplo) e organismos não aquáticos (diversas espécies de aves, por exemplo).



Figura 13. Exemplos de animais nectônicos. **A**, um peixe; **B**, uma tartaruga marinha que, eventualmente, sai da água.

A maior capacidade de natação dos peixes está relacionada ao grande desenvolvimento muscular, com pacotes de músculos (**miômeros**) ao longo de seu tronco e sua cauda, e da morfologia hidrodinâmica que apresentam. As contrações musculares alternadas do corpo do peixe fazem com que este ondule, empurrando o animal para frente. Porém, é notável que a célula muscular do peixe tenha a mesma estrutura que a da lesma, um organismo molusco tão lento. As diferenças entre a velocidade destes organismos estão, portanto, em outros fatores. Um deles é a própria organização em miômeros, como já descrito. Há também o fato de que os moluscos têm o **sistema circulatório aberto**, isto é, o fluido sanguíneo que leva nutrientes e oxigênio essenciais para a rapidez na locomoção, percorre o corpo através de espaços entre os tecidos. Já nos peixes (na realidade em todos os vertebrados), a circulação do sangue é mantida dentro de vasos, em um **sistema circulatório fechado**, que permite uma velocidade de circulação – e conseqüente distribuição dos componentes – muito mais rápida.

É comum encontramos grandes predadores no nécton, os quais têm que viver próximos de suas presas em um equilíbrio dinâmico. As presas desses animais são organismos do próprio nécton ou do plâncton que, em sua maior parte, vivem nas águas mais próximas do continente, na parte que está imersa na água do mar, conhecida como **plataforma continental**. Um exemplo de relação entre o nécton e o plâncton são as baleias de barbatana, que filtram milhões de litros d'água para conseguir seu alimento, um crustáceo planctônico chamado krill, parecido com o camarão. Estima-se que extensas populações de baleias consomem cerca de 77 milhões de toneladas de krill por ano. Esses dados nos fazem imaginar a taxa reprodutiva do crustáceo: é altíssima. Para sua reprodução e para manter esta enorme população, tal crustáceo também precisa de muita energia, em seu caso obtida do **fitoplâncton**, base da cadeia marinha.

As barbatanas das baleias são a ponta do iceberg de uma enorme evolução morfológica relacionada à alimentação. Essas estruturas substituem os dentes e servem para filtrar o plâncton. Isso demonstra incrível adaptação e capacidade para dar energia, por exemplo, a uma baleia azul, o animal mais pesado que já viveu na Terra. Se compararmos, veremos que nem todas as baleias têm barbatanas. Há as que retiveram um padrão mais comum e ancestral nos mamíferos, os dentes propriamente ditos, como as conhecidas cachalotes e orcas. Boa parte da história dos mamíferos pode ser contada por estas estruturas, que são testemunho de sua longa evolução, que modificou diferencialmente incisivos, molares, caninos etc. Por isso, qu  uma grande diversidade de dentes entre os grupos de mamíferos. Por exemplo, os **carnívoros** (cães, onças, lontras, ursos, guaxinins, entre outros) apresentam dentes afiados adaptados para dilacerar carne, diferentes dos longos incisivos dos roedores (ratos, esquilos, capivaras, entre outros), ou dos grandes e complexos molares dos herbívoros, como os artiodátilos, por exemplo (bois, porcos, veados, entre outros).

Você reparou que até agora só foram citados vertebrados no nécton? O único invertebrado marinho considerado nectônico é a fantástica lula gigante, com até 18 m de comprimento! Assim como os peixes, a lula tem uma musculatura muito desenvolvida e forma hidrodinâmica, como bem sabe quem já saboreou esse molusco. Mas ela não se locomove com ondulações do corpo – ela deixa que a água entre em uma ampla cavidade abaixo de seu **manto** e, então, contrai fortemente o corpo criando um forte jato d'água que é direcionado por um sifão, empurrando-a para o lado oposto. É a jato-propulsão.

### *Atividade em classe 6:*

Os sistemas circulatórios abertos e fechados estão presentes diferencialmente nos diversos grupos animais. Discuta com seus colegas como se organiza este sistema, quem impulsiona o fluido sanguíneo, por onde este passa e quais suas principais funções.

### *Atividade extra 6:*

Um desafio para você pesquisar: animais com sistema circulatório aberto tendem a ser mais lentos que os que possuem sistema circulatório fechado. Mas há pelo menos uma importante exceção: os insetos. Insetos têm o sistema circulatório aberto, mas são tão ativos que até conseguem voar. Como esse paradoxo é resolvido neste caso?

## Unidade 7

# A vida na água doce

### Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

### Elaboradores

Antonio Carlos  
Marques

A vida na água doce lembra, em diversos aspectos, a que ocorre no mar. Definições como bentos, plâncton e nécton são igualmente válidas. As necessidades adaptativas dos organismos também apresentam grande sobreposição como, por exemplo, adaptações para a vida na coluna d'água com órgãos sensoriais específicos como os estatocistos. Até mesmo os grupos animais dos dois ambientes são semelhantes. Entre os grandes grupos mencionados (poríferos, cnidários, platelmintos, nematódeos, moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e vertebrados) apenas os equinodermos não têm representantes na água doce. Porém, mesmo com relação aos outros grupos (com exceção de vertebrados), a diversidade marinha é muito maior que aquela encontrada na água doce.

É evidente que a maior diferença entre o ambiente marinho e de água doce é a salinidade do mar. Em geral, a salinidade de mar aberto é em torno de 35 partes por mil, ao passo que na água doce ela é zero. Mas em que influi a presença de uma alta concentração de sal no ambiente? O conteúdo celular apresenta uma série de substâncias, como proteínas, açúcares e sais. Ou seja, a célula também possui uma determinada concentração de sais. O envoltório da célula, a **membrana celular**, é **semipermeável**, o que significa que a água pode passar através dela, do interior da célula para fora ou vice-versa. O sentido da água depende, em última instância, da diferença de concentração de sais entre os meios externo e interno. Pode haver uma tendência para que a água entre (quando a concentração de sais do meio externo é menor que a do interno) ou saia da célula (quando a do meio externo é maior). Esse processo recebe o nome de **osmose**, e a diferença de pressão entre os meios chama-se **pressão osmótica** (como já visto no módulo 1).

Na maioria dos invertebrados marinhos, a concentração do interior das células é igual à do exterior. Pequenas flutuações na pressão são compensadas pelo próprio sistema de entrada e saída de água através da membrana. Por este sistema não envolver gasto energético, ele recebe o nome de **difusão passiva**. As células são denominadas de **isosmóticas** e esse equilíbrio resulta em que não haja mecanismos especializados para a regulação da salinidade interna destes animais.

Porém, nos animais de água doce (e até mesmo em algumas espécies marinhas), há uma intensa entrada de água para o interior das células, uma vez que estas são **hiperosmóticas** em relação ao meio (isto é, a pressão osmótica no interior da célula é maior que a do exterior). Assim, o problema é como contrabalançar a água que entra na célula e sua eliminação para o exterior ou, em outras palavras, como fazer a **osmorregulação**.

A maneira mais simples de osmorregulação é aquela em que cada célula cuida de seu próprio conteúdo. Para isso, organelas intracelulares denominadas **vacúolos contráteis** drenam a água do conteúdo celular e, de tempos em tem-

pos, estes vacúolos cheios se colapsam com a membrana da célula e contraem para eliminação da água acumulada para o meio exterior. Esse processo é o que ocorre nos organismos unicelulares, como as amebas de água doce, e também ocorre naquelas espécies de esponjas que invadiram este ambiente.

Grande parte dos animais tem outros mecanismos diferentes para resolver o problema da eliminação da água que entra nas células. No entanto, em grande parte, estes mecanismos são variações sobre o mesmo tema. Em todos os animais bilaterais (grupo que inclui todos os animais exceto esponjas e cnidários) ocorre um sistema celular denominado **sistema nefridial**, com componentes chamados **nefrídios**. Basicamente os nefrídios bombeiam, através do batimento de seus cílios, a água excedente que entra na célula passivamente, empurrando essa água excedente por um túbulo que vai até o exterior do animal. Na água doce, os platelmintos, anelídeos oligoquetas (isto é, as minhocas) e moluscos fazem uso deste processo para sua osmorregulação.

O interessante do processo nefridial é que, ao passar pelo túbulo que levará o excesso de líquido para o exterior, há também um **transporte ativo** de substâncias que interessam à célula, tais como açúcares e sais que são retirados do líquido que será eliminado e são reaproveitados. Por sua vez, não são retirados do líquido a ser eliminado, alguns produtos do **metabolismo celular**, como os excretas com nitrogênio, que são produtos do metabolismo das proteínas, além dos hormônios gastos e o excesso de íons, que escoam para o exterior via túbulo do sistema nefridial (Fig. 14). Este processo de eliminação tem o nome de **excreção**, e o líquido resultante eliminado recebe a denominação de **urina**. Repare que este processo soma-se ao de osmorregulação para alguns grupos, mas eles não significam a mesma coisa.

É graças ao processo de excreção que os organismos se livram de substâncias que, acumuladas, lhes seriam tóxicas. Mas nem todos utilizam nefrídios para a excreção. Há grupos que excretam por células que trocam livremente produtos nitrogenados com o meio externo, através de difusão simples, como ocorre em esponjas e cnidários, na base da evolução animal, e com os equinodermos.

### Atividade em classe 7:

Discuta com seus colegas que outros tipos de trocas podem ocorrer através da difusão simples, além dos excretas nitrogenados.

### Atividade extra 7:

Você já visitou o Museu de Zoologia, no Ipiranga? Lá existe uma exposição sobre todos os grupos animais. Isso auxilia, principalmente, a ter uma visão geral de como estão organizados. Se puder visitá-lo, faça uma síntese dessa classificação.

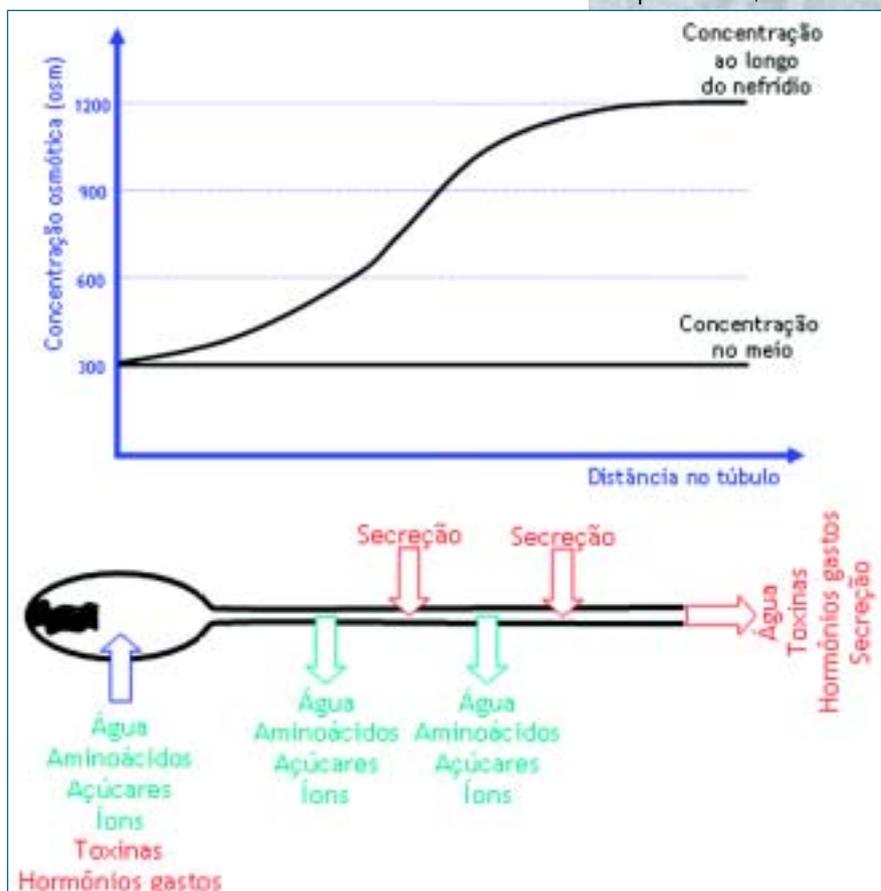


Figura 14. Esquema de um processo excreção nefridial. O gráfico mostra a concentração osmótica no meio e a do nefrídio, desde seu início (na célula terminal), passando pelo túbulo, até o final.

## Unidade 8

# A conquista do ambiente terrestre pelos invertebrados

Organizadores  
Paulo Takeo Sano  
Lyria Mori  
Elaboradores  
Antonio Carlos Marques

Se a passagem do ambiente marinho – onde surgiram a vida e os animais – para o de água doce, já ofereceu uma série de desafios, a saída total da água é ainda mais desafiadora. Diversos grupos animais conquistaram o ambiente terrestre, tais como platelmintes, nematódeos, moluscos, anelídeos e artrópodes

(Fig. 15). Todas estas conquistas foram independentes, isto é, feitas em tempos diferentes, sendo convergências a um tipo de ambiente. Para conquistar a terra há que se solucionar os problemas de sustentação do corpo e locomoção, de respiração, excreção, reprodução, órgãos sensoriais, obtenção de água, entre muitos outros. Alguns grupos, como os artrópodes, tiveram várias conquistas independentes do ambiente terrestre, como ocorreu para as aranhas, os crustáceos e os miriápodes/insetos. Dentre os insetos ocorreu ainda um retorno de diversos grupos ao ambiente aquático, seja na fase jovem ou adulta.

Mesmo com a transição para a terra, diversos grupos continuaram muito dependentes da umidade. Os platelmintes, as minhocas (anelídeos) e as lesmas (moluscos) só vivem em ambientes bastante úmidos, porque eles dependem de grande umidade na sua **epiderme** para fazer as **trocas gasosas**, processo em que as células obtêm o oxigênio ( $O_2$ ) necessário para a respiração celular e eliminam o gás carbônico ( $CO_2$ ) resultante dessa mesma respiração. Este tipo de troca gasosa é primitivo, já

que ocorre nos grupos aquáticos, como em esponjas e cnidários, além dos ancestrais platelmintes, que também viviam na água e nos quais há difusão simples por toda a superfície externa do animal. Mas a difusão só é efetiva se a distância de uma célula qualquer até a superfície externa com oxigênio for bem pequena, limitando sua existência aos animais menores; caso contrário, o oxigênio não chega em todos os pontos do corpo. Porém, em alguns organismos, há difusão em uma região específica destes organismos, a qual é

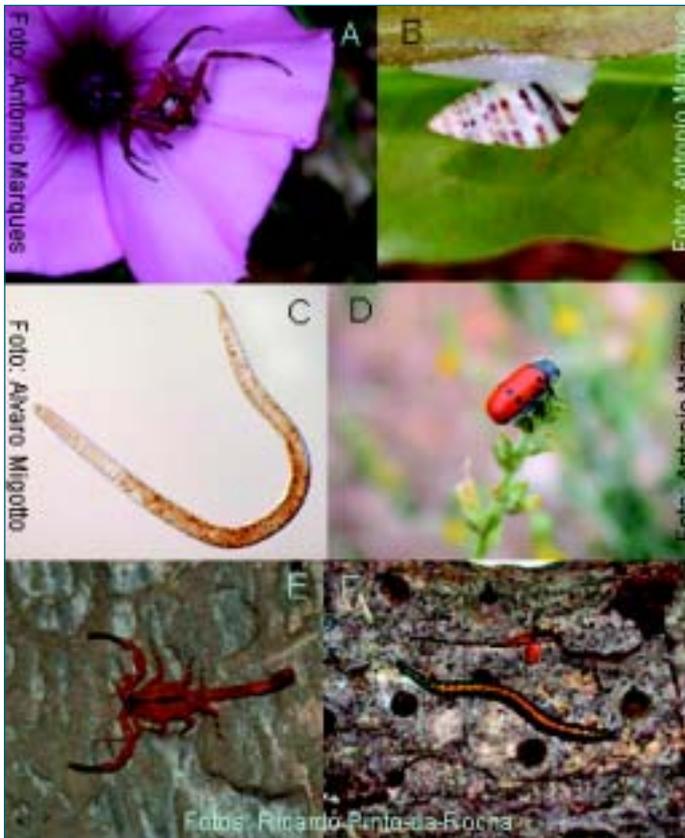


Figura 15. Alguns exemplos de invertebrados terrestres. **A**, uma aranha (Arthropoda, Arachnida), camuflada na flor que ela habita. **B**, um caramujo (Mollusca, Gastropoda). **C**, um diminuto nematódeo. **D**, um besouro (Arthropoda, Coleoptera). **E**, um escorpião (Arthropoda, Arachnida). **F**, uma planária terrestre (Platyhelminthes).

bastante **vascularizada**, isto é, bastante irrigada por sangue. Nesta região, o sangue chega dos tecidos do animal trazendo o  $\text{CO}_2$  de sua respiração celular e, ao encontrar a superfície externa oxigenada, absorve  $\text{O}_2$ . Nos animais aquáticos que não têm difusão por todo o corpo, há **sistemas branquiais** diversos que são, em geral, evaginações de paredes finas e também bastante irrigadas, o que permite que o sangue se oxigene e distribua este  $\text{O}_2$  para o corpo através do sistema circulatório. Isso acontece pela presença de carregadores de  $\text{CO}_2/\text{O}_2$  conhecidos como **pigmentos respiratórios**, dos quais o mais conhecido talvez seja a hemoglobina. Os pigmentos respiratórios ligam-se ao  $\text{O}_2$  quando a concentração deste é alta (nas regiões de respiração) e desligam-se do mesmo quando é baixa (nos tecidos com alta concentração de  $\text{CO}_2$ ).

Mas e a respiração nos animais terrestres? Nos artrópodes terrestres, a respiração pode ser por meio de **pulmões** (como na maioria dos aracnídeos) ou por um engenhoso **sistema traqueal**, como nos insetos. Este sistema consiste de túbulos que se ramificam diversas vezes, penetrando nos tecidos dos insetos de tal forma que também garantem que todas as células estejam a uma distância bem pequena do  $\text{O}_2$ , possibilitando as trocas. Essa independência do sistema respiratório em relação ao circulatório, que nos insetos é aberto, é que permite que sejam animais tão ativos conseguindo, inclusive, voar.

Outro problema que há no ambiente terrestre é que a água passa a ser um item valioso. Evidentemente que os organismos terrestres continuam precisando de água para seu metabolismo. Se ela é valiosa, é bastante importante ser eficiente em mantê-la. Uma das formas é controlar seu gasto na excreção do nitrogênio. Os invertebrados aquáticos excretam nitrogênio na forma de amônia, um composto altamente tóxico que precisa de muita água para ser diluído, passado ao meio externo pela superfície do corpo ou pelas brânquias. Precisar de muita água não é problema no ambiente aquático, mas no terrestre significaria um luxo com o qual os animais não podem arcar. Assim, invertebrados terrestres excretam nitrogênio principalmente na forma de ácido úrico, que é insolúvel e relativamente atóxico, precisando assim de uma quantidade mínima de água para ser eliminado. Nos insetos, o ácido úrico é eliminado junto com as próprias fezes do animal, significando uma economia ainda maior de água.

Os artrópodes também apresentam um esqueleto externo (**exoesqueleto**) duro, composto por um polissacarídeo chamado quitina, algumas vezes impregnado por carbonato de cálcio, como em crustáceos. Este esqueleto com uma cutícula externa, impermeável, é também muito importante para evitar a perda d'água pelos artrópodes terrestres em diversas fases de seu ciclo, desde seu ovo, que já é envolto por uma cutícula. Há também outra importante adaptação para a conquista do ambiente terrestre relacionada ao esqueleto. Além de atuar contra a dessecação, na proteção contra os predadores e, junto com os músculos, proporcionar uma grande mobilidade e atividade aos artrópodes, o exoesqueleto provê a sustentação necessária ao corpo do artrópode. É difícil imaginar um animal terrestre sem algum tipo de sustentação efetiva porque, se não houvesse algum tipo de esqueleto, o animal não teria forma definida, nem condições de se deslocar. Seria como uma barraca de camping em que só há o tecido e não há a armação. Para comparação, no ambiente aquático, o esqueleto é, muitas vezes, o próprio corpo do animal cheio de líquido (em geral água), como acontece com as hidras e águas vivas, que são cnidários (Fig. 16).

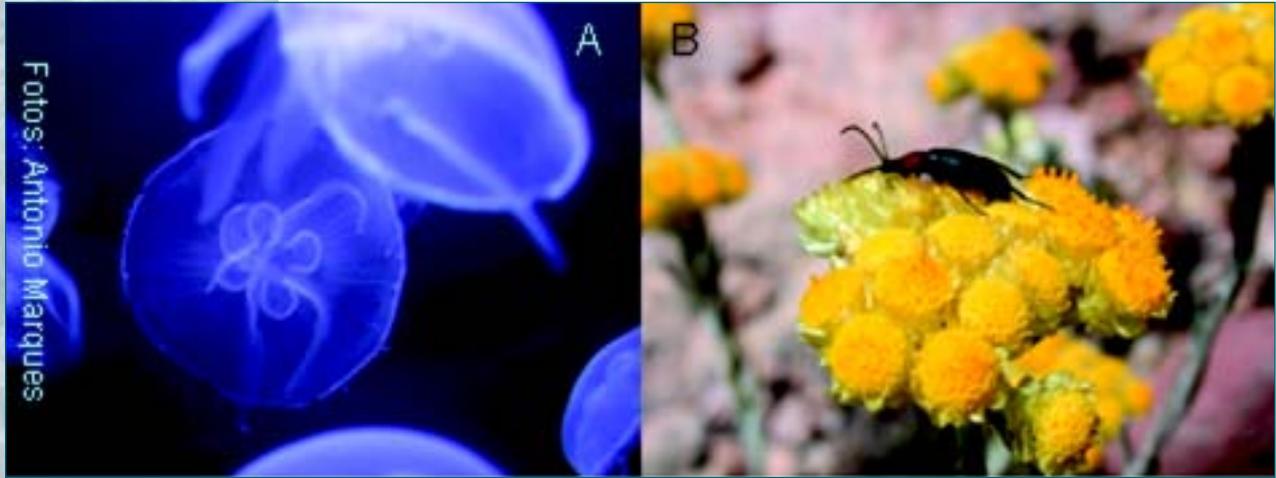


Figura 16. Comparação entre dois esqueletos. **A**, uma medusa possui um esqueleto hidrostático, ou seja, em que o volume de água dá a forma ao corpo. **B**, de maneira bem diferente, um besouro possui um exoesqueleto rígido de quitina.

**Atividade em classe 8:**

Liste todos os artrópodes que você lembrar e, em grupo, discuta quais características estes grupos têm em comum.

**Atividade extra 8:**

O Instituto Butantan tem um museu com uma interessante exposição de artrópodes, especialmente os venenosos, muitos mantidos vivos. Se tiver oportunidade, visite o Instituto Butantan e compare ou complemente a lista de artrópodes que você fez em classe. Você verá que todos os artrópodes têm esqueleto externo (ou exoesqueleto). Compare este esqueleto com os dos outros grupos, complementando a tabela abaixo.

	Possui esqueleto?	Composição?	Exo ou endoesqueleto ?
Porifera			
Cnidaria			
Platyhelminthes			
Mollusca			
Annelida			
Nematoda			
Arthropoda	sim	quitina	exoesqueleto
Echinodermata			
Vertebrata			

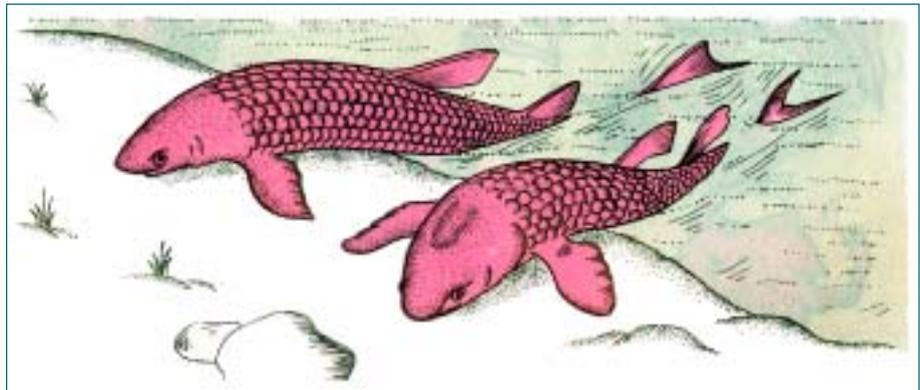
## Unidade 9

# A conquista do ambiente terrestre pelos vertebrados

Organizadores  
Paulo Takeo Sano  
Lyria Mori  
Elaboradores  
Antonio Carlos  
Marques

Os vertebrados se defrontaram com os mesmos desafios que os invertebrados para a conquista do ambiente terrestre. O ar oferece algumas vantagens sobre a água como, por exemplo, ter cerca de 20 vezes mais oxigênio. Há 400 milhões de anos, vertebrados ainda aquáticos, que viviam em poças temporárias, foram selecionados para, durante os períodos de seca, utilizar o oxigênio atmosférico a partir do desenvolvimento de pulmões. Isso porque, no meio aéreo, as brânquias não são eficientes, uma vez que seus filamentos se colapsam. Dessa maneira, peixes chamados “pulmonados” começaram a usar  $O_2$  atmosférico em pulmões que eram divertículos (isto é, pequenas projeções na forma de um saco) da faringe e, com isso, tornaram-se mais independentes dos corpos d’água que habitavam (Fig. 17).

Na escala evolutiva, os pulmões melhoraram sua eficiência por um desenvolvimento da morfologia, com maior vascularização e uma superfície maior para trocas gasosas. Nos anfíbios, por exemplo, quando presente, o pulmão é simples e liso, e a ventilação dos pulmões deve ser complementada com trocas gasosas que ocorrem pela



pele. Já em aves há um sistema de capilares que aumenta a eficiência das trocas gasosas e, em mamíferos, há diversas reentrâncias (alvéolos), que dão maior eficiência respiratória (não há necessidade de respiração pela pele, por exemplo). Essas condições resultaram em maior capacidade de colonização de habitats. Paralelamente, desenvolveu-se a **circulação dupla**, em que há um sistema de vasos para distribuição do sangue oxigenado ao corpo (**circulação sistêmica**) e outro para o envio de sangue não-oxigenado aos pulmões (**circulação pulmonar**), para oxigenação. Durante a evolução, observou-se um aumento da eficiência da circulação dupla. Em anfíbios, a circulação ainda promove mistura de sangue oxigenado e não oxigenado, porque há apenas um ventrículo no coração. Esse ventrículo começa a ser gradativamente separado em dois, sendo quase totalmente separado em crocodilos e totalmente separado em aves e mamíferos (Fig. 18).

Figura 17. Reconstrução hipotética do cenário ocorrido há 400 milhões de anos, em que peixes pulmonados faziam incursões pelo ambiente terrestre. (Mundo Amabis & Martho, 1985, p. 221).

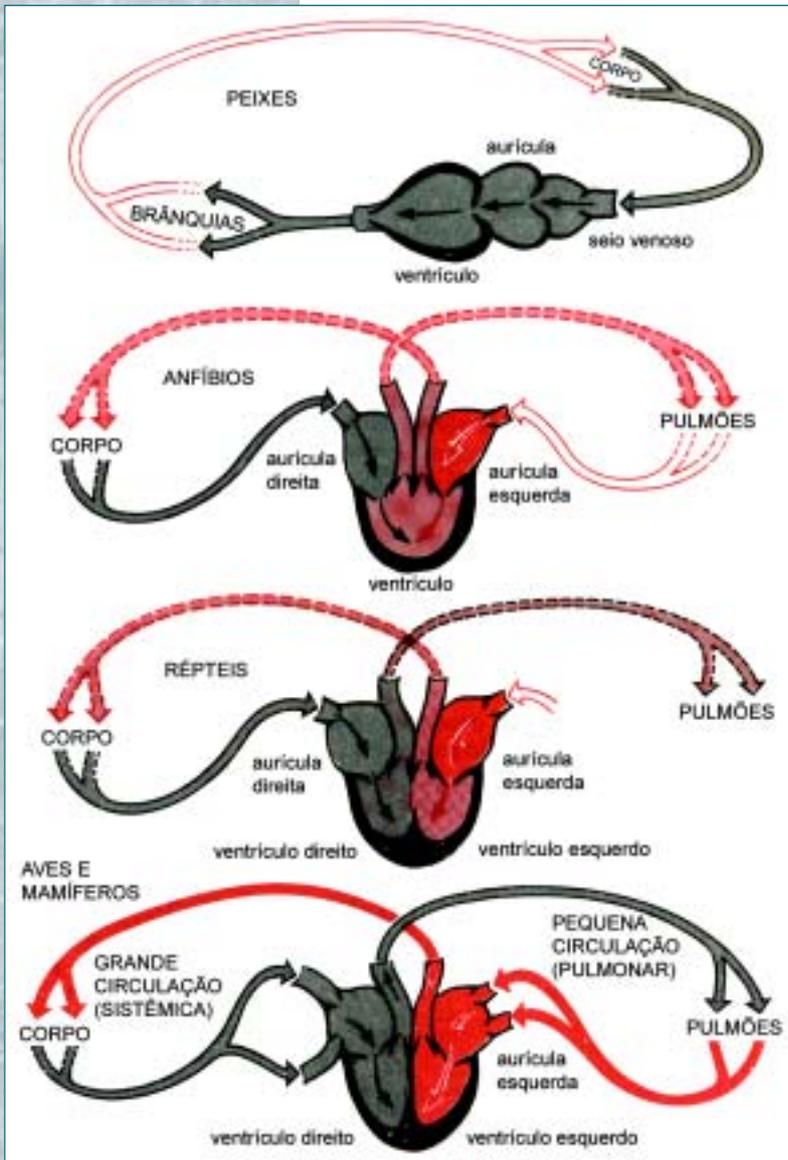


Figura 18. Esquema comparativo entre os sistemas circulatórios de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Setas escuras indicam alta concentração de  $\text{CO}_2$  no sangue, setas claras indicam alta concentração de  $\text{O}_2$  (segundo Amabis & Martho, 1985, p. 387).

tes últimos, as modificações dos membros resultaram, entre outros padrões, na postura bípede adotada pelos primatas e herdada por nós, seres humanos.

Outro aspecto importante na conquista do ambiente terrestre para animais complexos como os vertebrados é a regulação da temperatura. A relação com a temperatura do meio externo, sem poder para regulá-la por meio de seu metabolismo, ocorre em peixes, anfíbios e na maioria dos répteis. Essa condição é denominada **ectotermia**. Ela restringe o animal a viver em determinados locais, onde a temperatura apresenta um ótimo fisiológico para seu metabolismo. Estes animais podem, todavia, deslocar-se para estes locais. Porém, as aves e os mamíferos desenvolveram evolutivamente, de maneira independente, a capacidade de regular a própria temperatura do corpo, estabilizando-a no seu ótimo fisiológico e permitindo que não se perturbassem com extremos térmicos. Essa regulação é baseada na produção de calor pelo metabolismo do próprio corpo e, por isso, denominada **endotermia**.

Na gradativa conquista do ambiente terrestre, também houve uma gradativa mudança nos aspectos reprodutivos. Entre os anfíbios, por exemplo, há larvas que são aquáticas, como os girinos dos sapos e rãs, mostrando que ainda há

Um dos problemas que o ar impõe é a necessidade de alguma sustentação do corpo, uma vez que ele é 1000 vezes menos denso que a água. Desse modo, há também o grande desafio de remodelar o esqueleto e o sistema de locomoção. No caso dos vertebrados terrestres, esse esqueleto é ósseo, como já ocorria nos peixes. Alguns vertebrados, ainda aquáticos, começaram a apresentar uma forma diferente de locomoção, sobre membros laterais, com o desenvolvimento de nadadeiras laterais musculosas, chamadas **lobadas**. Acredita-se que estas nadadeiras sejam as precursoras dos membros locomotores que, a partir dos anfíbios, ocorreram em um número básico de quatro, dando assim nome ao grupo de Tetrapoda. A diversificação desses membros nos tetrápodes foi muito grande, algumas vezes para saltar (como pererecas), rastejar (crocodilos) ou, até mesmo, desaparecendo em animais que se enterram ou rastejam (serpentes). Nas aves, junto com fortalecimento da cintura e surgimento de artifícios morfológicos para deixar o corpo mais leve (como ossos pneumáticos, sacos aéreos etc.), a modificação dos membros permitiu o fantástico advento do voo. A capacidade de voo nos vertebrados apareceu também nos répteis (fósseis) e mamíferos.

uma certa dependência do meio aquático para a reprodução. As larvas têm formas semelhantes às dos peixes, inclusive ainda respirando por brânquias, na maioria das vezes perdidas após a metamorfose para a forma adulta. A partir deste ponto (dos répteis), há uma total independência do meio aquático para a reprodução por meio do incremento do ovo. Um dos maiores problemas era a dessecação do ovo que, então, passou a contar com uma casca. Essa casca envolvia os estágios em desenvolvimento, fornecendo proteção e condições de desenvolvimento dos embriões. Uma dessas condições é suprida pelo **âmnion**, que cria “condições aquáticas”, dentro do ovo, para o desenvolvimento embrionário. Devido a esta estrutura, o grupo formado por répteis, aves e mamíferos leva o nome de Amniota. Uma segunda membrana do ovo é o alantóide, que permite ao embrião respirar e, ao mesmo tempo, serve para a excreção dos produtos nitrogenados do metabolismo. O ovo foi mantido nas aves mas perdido nos mamíferos, em que a maioria tem desenvolvimento embrionário no interior do corpo da mãe, dentro da placenta.

### *Atividade em classe 9:*

Em grupo, discutam quais são as diferenças entre o ambiente aquático e terrestre e como essas diferenças podem ter influenciado a evolução dos vertebrados.

### *Atividade extra 9:*

Um outro local muito interessante para se visitar, neste caso para observar a diversidade de vertebrados, é o Zoológico de São Paulo<sup>1</sup>. Se tiver a oportunidade de visitá-lo, anote os nomes dos animais e os grupos a que pertencem. Detenha-se nos animais por alguns minutos e observe sua morfologia e seu comportamento.

---

<sup>1</sup> - <http://www.zoologico.sp.gov.br/> [página do zôo de São Paulo, com informações sobre répteis, aves e mamíferos].

## Unidade 10

# *Parasitoses humanas*

### Organizadores

Paulo Takeo Sano

Lyria Mori

### Elaboradores

Antonio Carlos  
Marques

Interações animais incluem doenças, em uma relação que chamamos de **parasitismo**. Essas doenças podem ser manifestadas como **endoparasitismo** (quando o parasita está dentro do corpo do hospedeiro) ou **ectoparasitismo** (fora do corpo do hospedeiro), esta última comum com insetos, como piolhos e pulgas, por exemplo.

Como é resultado de uma história evolutiva comum, o parasita foi selecionado para interagir com seu hospedeiro. Assim, há uma dinâmica histórica (isto é, ao longo de gerações) entre parasita-hospedeiro: quando um cria sistema de infecção (por modificação de sua anatomia, fisiologia etc.), o outro cria uma defesa, e assim por diante. Essa concatenação das histórias reflete-se nos ciclos de vida do parasita, que são bem variados. O conhecimento do ciclo de vida nos ajuda na prevenção, ou **profilaxia**, contra esses parasitas. Em termos gerais, a prevenção está, principalmente, em conseguir quebrar o ciclo de vida do parasita, em alguma fase.

Platelmintes e nematódeos estão entre os grupos animais mais importantes relacionados a parasitoses humanas. Para se ter uma idéia, os maiores castigos da humanidade são a malária (ver Unidade 2), as verminoses causadas por nematódeos e a esquistossomose.

Os platelmintes, ou vermes achatados, têm vários representantes parasitas do ser humano. Dois grupos têm grande importância médica: trematódeos e cestóides. Ambos têm ciclo de vida indireto, com fases em dois hospedeiros, o **definitivo** (aquele em que ocorre a reprodução sexuada), e o(s) **intermediário(s)** (em que transcorrem as fases larvais).

Dentre os trematódeos, o representante mais relevante do grupo, em termos médicos, é o esquistossomo, causador da esquistossomose, uma parasitose do sangue humano. Há algumas espécies desse grupo no mundo. No Brasil, existe o *Schistosoma mansoni*. Seu hospedeiro intermediário é um caramujo do gênero *Biomphalaria*, que vive em corpos de água pouco agitada e é infestado por uma fase larval do esquistossomo (miracídio). Dentro do caramujo há reproduções assexuadas que aumentam o número de indivíduos do parasita (fase de esporocisto). Quando saem do caramujo, as larvas (agora denominadas cercárias) nadam nos lagos e infestam a pessoa que estiver nadando ou andando em um lago, por penetração ativa através da pele. Essa penetração pode causar uma coceira local e, por isso, esses corpos d'água são popularmente conhecidos como "lagoa de coceira". No ser humano, os esquistossomos

desenvolvem-se no fígado até que os adultos se dirigem às vênulas do mesentério do intestino, onde se reproduzem. Os ovos atravessam a parede do intestino, causando ulceração e diarreia sangrenta com dor abdominal. No interior do intestino, os ovos são eliminados com as fezes que, se inadequadamente dispostas ou tratadas, podem atingir os corpos d'água, recomeçando o ciclo. A melhor profilaxia está na educação das pessoas e no tratamento adequado de seus dejetos, como rede apropriada de esgotos; uma segunda profilaxia se relaciona à tentativa de controle biológico do hospedeiro intermediário, por exemplo (Fig. 19).

Dentre os cestóides, o platelminte parasita muito comum é a tênia. No caso do ser humano, há duas tênias muito importantes em termos médicos, a do boi (*Taenia saginata*) e a do porco (*Taenia solium*). Os animais adultos vivem fixos às paredes do intestino humano por meio de ventosas e/ou ganchos, drenando alimentos. São **hermafroditas** e, portanto, não têm problemas com relação a encontrar parceiros para reprodução. Os ovos são eliminados no ambiente junto com as fezes do hospedeiro. Porcos ou bois podem ingerir estes ovos, e a tênia (larva oncosfera) atravessa a parede intestinal para cair na circulação, até que se aloje em um músculo (fase de cisticerco). Se ingerirmos essa carne com cisticercos, crua ou mal-passada, eles se ancoram na parede intestinal, fechando o ciclo. As profilaxias estão no tratamento adequado dos dejetos, na fiscalização sobre a qualidade da carne comercializada e em não ingerir carnes cruas ou mal-passadas. Para a tênia do porco, se, por acaso, uma pessoa ingere os ovos que estão no ambiente (por exemplo no chão ou junto ao capim), o cisticerco se aloja na musculatura ou em órgãos vitais (coração, cérebro etc.), causando uma doença chamada cisticercose, que pode ser fatal. Neste caso, hábitos higiênicos podem evitar o contágio (Fig. 20).

Os nematódeos também são vermes muito abundantes que incluem um grande número de parasitas. Dos nematódeos infecciosos de seres humanos, há o *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus* (causadores do amarelão); *Trichinella spiralis* (causadora da triquinose), *Enterobius vermicularis* (causador da oxiurose) e *Wuchereria bancrofti*

Figura 19. Esquema do ciclo de vida do esquistossomo (segundo Amabis & Martho, 1985, p. 142).

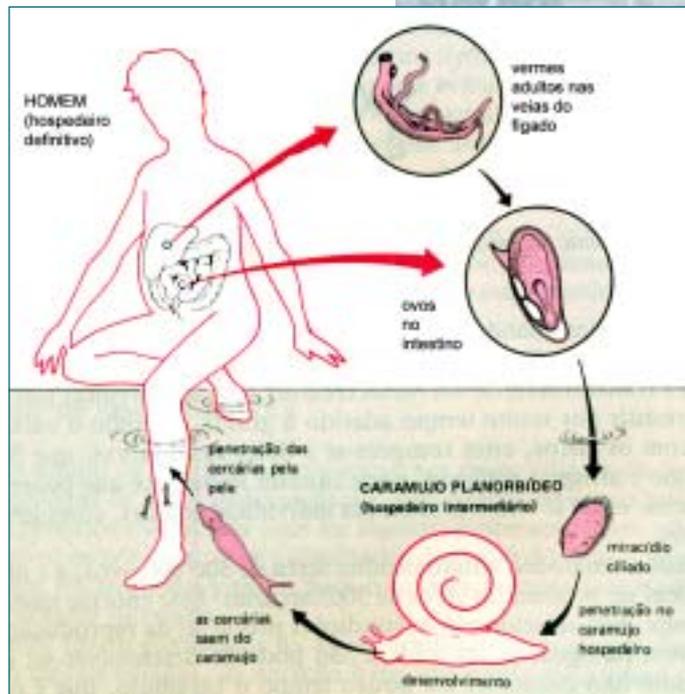
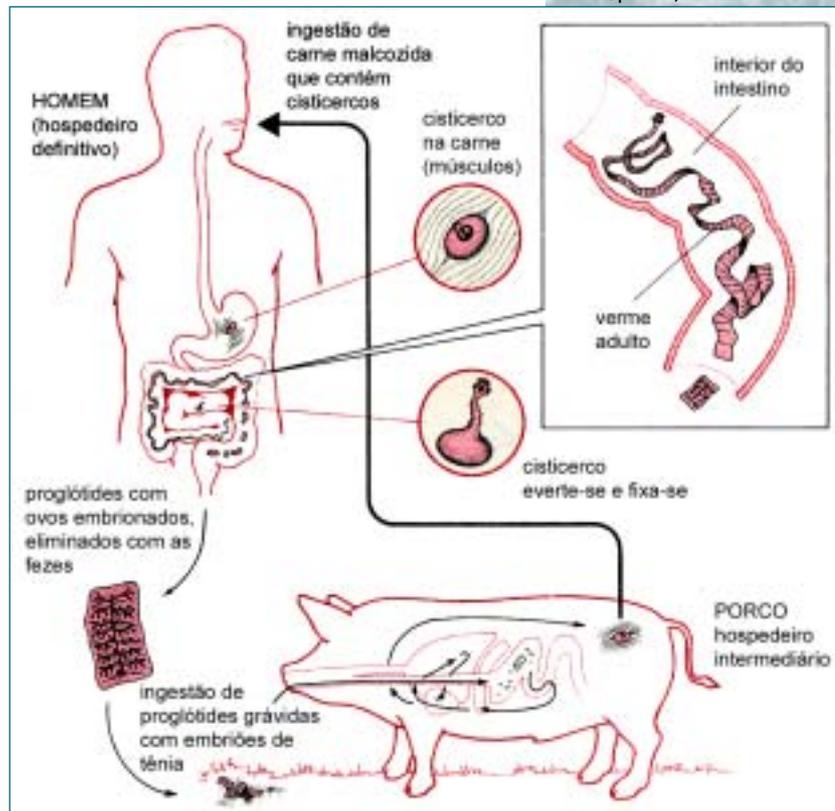


Figura 20. Esquema do ciclo de vida da tênia do porco (segundo Amabis & Martho, 1985, p. 144).



(causadora da elefantíase), entre outros. Mas o nematódeo que contém o maior número de casos é *Ascaris lumbricoides*, conhecido como lombriga<sup>1</sup>, causador da ascaridíase. É um parasita do intestino, onde os adultos vivem e se reproduzem. Seus ovos são eliminados com as fezes para o ambiente, onde podem resistir por tempos até que sejam novamente ingeridos por seres humanos, com alimentos e água infectados. No ser humano, os ovos eclodem, passam pela parede intestinal e caem na circulação, vão ao coração e pulmões, passam à traquéia e são novamente engolidos, atingindo novamente a fase adulta no intestino. A prevenção da doença está no saneamento básico, em hábitos higiênicos e em lavar adequadamente os alimentos.

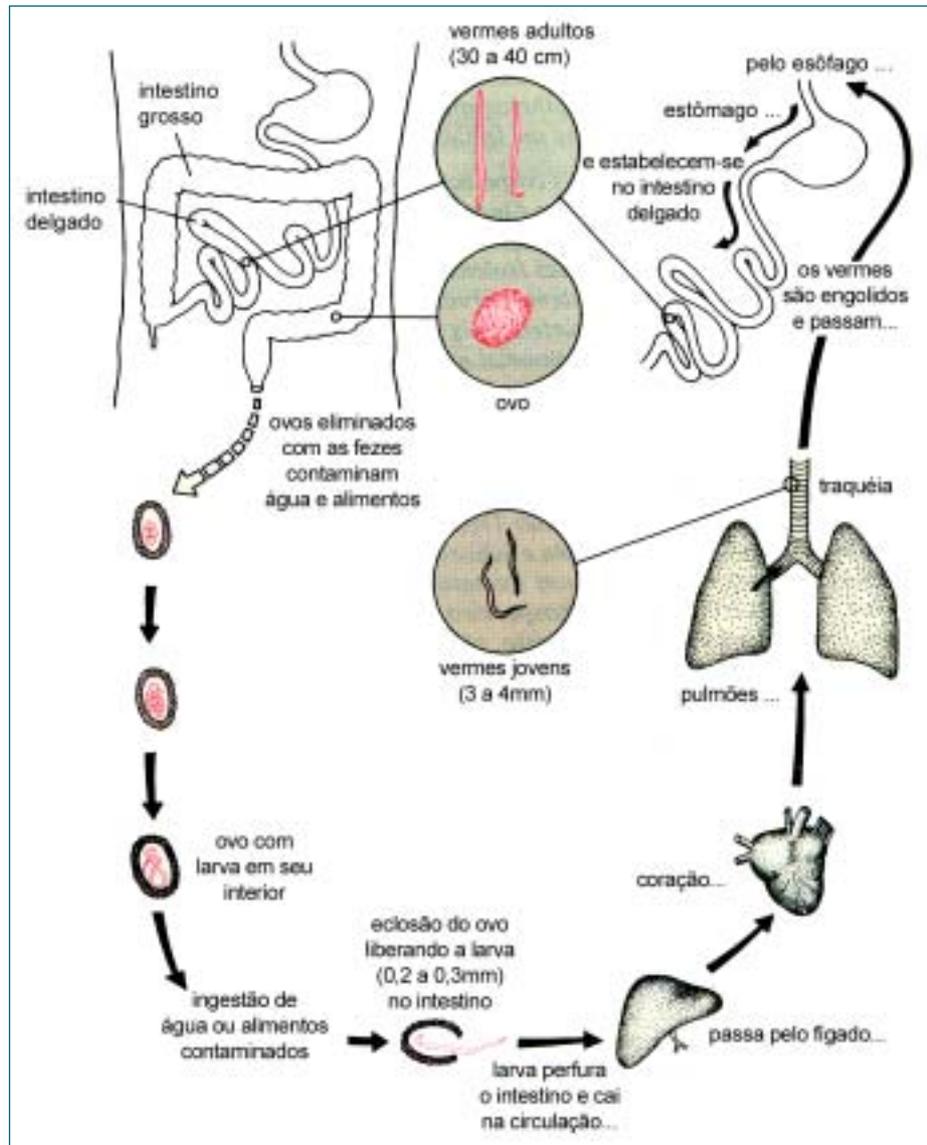


Figura 21. Esquema do ciclo de vida da lombriga (segundo Amabis & Martho, 1985, p. 151).

### Atividade em classe 10:

Em grupo, pesquisem em seus livros didáticos e façam uma lista de profilaxias contra parasitoses humanas. Veja que algumas são comuns a várias doenças.

<sup>1</sup> - <http://www.editorasaraiva.com.br/biosonialopes/htm/esquemas.htm> [animação sobre ciclo de vida da lombriga].

### Atividade extra 10:

Pergunte para familiares e amigos se já tiveram alguma parasitose. Faça uma busca na *internet* com o nome do parasita e veja o que descobre sobre ele. Informações que são interessantes são a doença que ele provoca, fotografias de sua morfologia e profilaxias.

## Bibliografia

Alguns livros didáticos amplamente utilizados podem ajudá-lo nas pesquisas para as atividades aqui propostas, servindo também como fontes adequadas de estudos. Sugiro dois, listados a seguir:

AMABIS, J.M. & MARTHO, G.R. 2001. *Biologia – Dos organismos – Classificação, estrutura e função nos seres vivos*. v. 2. Editora Moderna, São Paulo.

LOPES, S. 2002. *Bio – Introdução ao estudo dos seres vivos, vírus, monera, protista, fungi. As plantas. Os animais*. v. 2. Editora Saraiva. São Paulo.

LOPES, S. 2001. *Bio – Volume único*. Editora Saraiva, São Paulo.

## Sobre o autor

### Antonio C. Marques

é Professor de Zoologia e Evolução do Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP). No IB-USP, obteve os títulos de Bacharel em Ciências Biológicas, Mestre e Doutor na área de Zoologia, e Livre-Docente na área de Sistemática em Biogeografia. Desenvolve pesquisa na área de sistemática e evolução de cnidários marinhos.

# Anotações