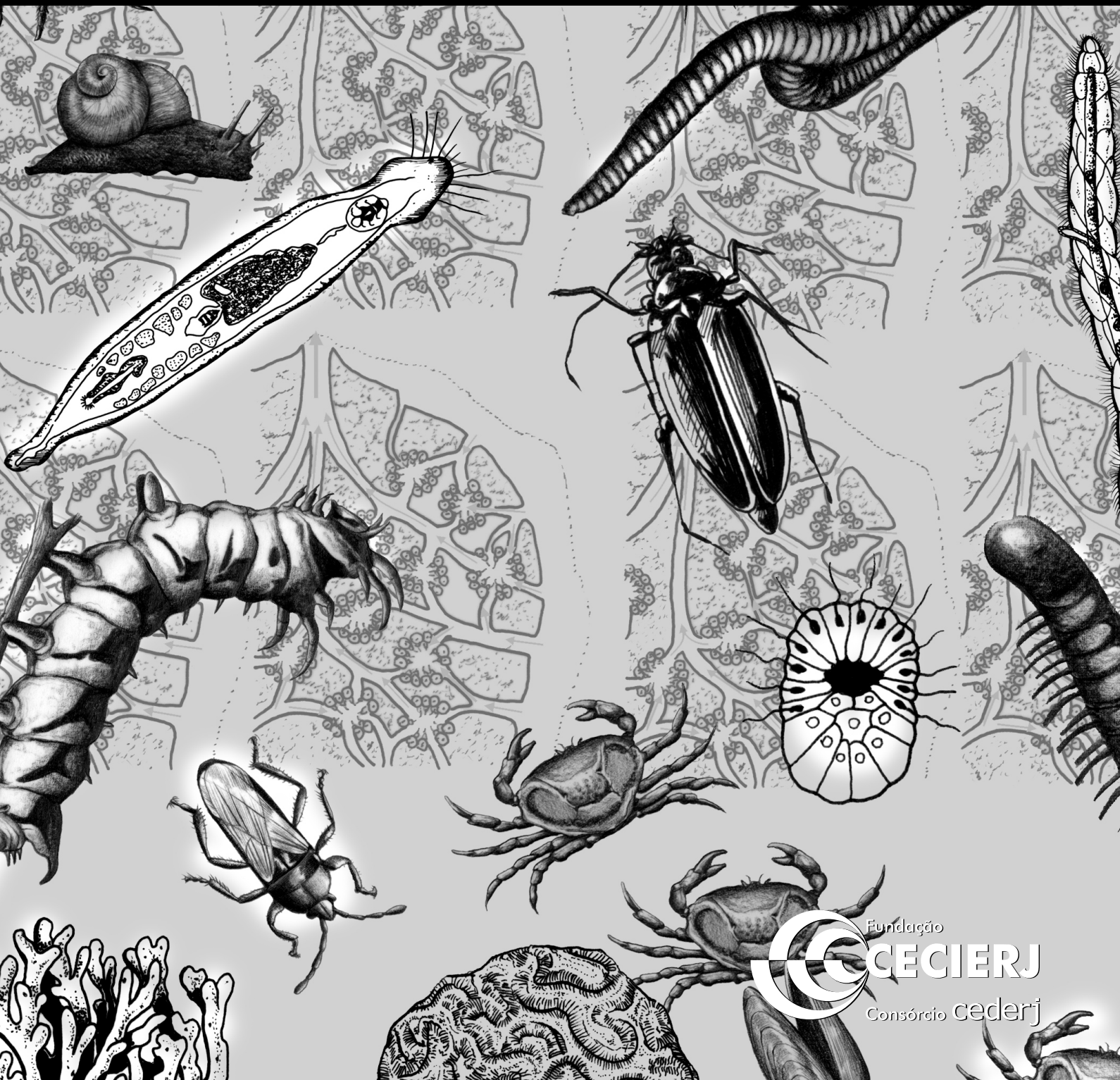


Carlos Renato Rezende Ventura  
Cátia A. Mello-Patiu  
Gabriel Mejdalani

## Diversidade Biológica dos Protostomados







Fundação

**CECIERJ**

Consórcio **cederj**

Centro de Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro

# Diversidade Biológica dos Protostomados

Volume 1 - Módulos 1 e 2  
3ª edição

Carlos Renato Rezende Ventura  
Cátia A. Mello-Patiu  
Gabriel Mejdalani



**GOVERNO DO  
Rio de Janeiro**

**SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA**



**Ministério  
da Educação**



**Apoio:**



# Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Rua Visconde de Niterói, 1364 – Mangueira – Rio de Janeiro, RJ – CEP 20943-001

Tel.: (21) 2334-1569 Fax: (21) 2568-0725

## Presidente

Masako Oya Masuda

## Vice-presidente

Mirian Crapez

## Coordenação do Curso de Biologia

UENF - Milton Kanashiro

UFRJ - Ricardo Iglesias Rios

UERJ - Cibebe Schwanke

## Material Didático

### ELABORAÇÃO DE CONTEÚDO

Carlos Renato Rezende Ventura

Cátia A. Mello-Patiu

Gabriel Mejdalani

### COORDENAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO INSTRUCIONAL E REVISÃO

Ana Tereza de Andrade

Carmen Irene Correia de Oliveira

Marcia Pinheiro

### COORDENAÇÃO DE LINGUAGEM

Marília Barcellos

### REVISÃO TÉCNICA

Marta Abdala

## Departamento de Produção

### EDITORA

Tereza Queiroz

### COORDENAÇÃO EDITORIAL

Verônica Lessa

### REVISÃO TIPOGRÁFICA

Jane Castellani

Raquel Queiroz

Sandra Valéria Oliveira

### COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO

Jorge Moura

### PROGRAMAÇÃO VISUAL

Andréa Dias Fiães

Yozo Kono

### COORDENAÇÃO DE ILUSTRAÇÃO

Eduardo Bordoni

### ILUSTRAÇÃO

Eduardo Bordoni

Jefferson Caçador

Morvan Neto

Sami Souza

### CAPA

Eduardo Bordoni

### PRODUÇÃO GRÁFICA

Patricia Seabra

Copyright © 2005, Fundação Cecierj / Consórcio Cederj

Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, mecânico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, da Fundação.

V468d

Ventura, Carlos Renato Rezende.

Diversidade biológica dos protostomados. v.1 / Carlos Renato Rezende Ventura. – 3.ed. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

216p.; 19 x 26,5 cm.

ISBN: 85-7648-050-6

1. Metazoários. 2. Cnidários. 3. Triploblásticos acelomados.  
4. Triploblásticos pseudocelomados. I. Mello-Patiu, Cátia A.  
II. Mejdalani, Gabriel. III. Título.

CDD: 572



# Governo do Estado do Rio de Janeiro

**Governador**  
Sérgio Cabral Filho

**Secretário de Estado de Ciência e Tecnologia**  
Alexandre Cardoso

## Universidades Consorciadas

**UENF - UNIVERSIDADE ESTADUAL DO  
NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**  
Reitor: Almy Junior Cordeiro de Carvalho

**UERJ - UNIVERSIDADE DO ESTADO DO  
RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Ricardo Vieiralses

**UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
Reitor: Roberto de Souza Salles

**UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Aloísio Teixeira

**UFRRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL  
DO RIO DE JANEIRO**  
Reitor: Ricardo Motta Miranda

**UNIRIO - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO  
DO RIO DE JANEIRO**  
Reitora: Malvina Tania Tuttman



# Diversidade Biológica dos Protostomados

Volume 1

## SUMÁRIO

### Módulo 1

**Aula 1** – Arquitetura, desenvolvimento e diversidade dos metazoários I \_\_\_\_ **7**

*Carlos Renato Rezende Ventura / Gabriel Mejdalani*

**Aula 2** – Arquitetura, desenvolvimento e diversidade dos metazoários II \_ **17**

*Carlos Renato Rezende Ventura / Gabriel Mejdalani*

**Aula 3** – Poríferos, mesozoários e placozoários \_\_\_\_\_ **31**

*Carlos Renato Rezende Ventura / Gabriel Mejdalani*

**Aula 4** – Cnidários e ctenóforos I \_\_\_\_\_ **47**

*Carlos Renato Rezende Ventura*

**Aula 5** – Cnidários e ctenóforos II \_\_\_\_\_ **59**

*Carlos Renato Rezende Ventura*

**Aula 6** – Acelomados I: características gerais e filo Platyhelminthes \_\_\_\_\_ **85**

*Gabriel Mejdalani*

**Aula 7** – Acelomados II: classificação, características e importância dos  
Platyhelminthes \_\_\_\_\_ **99**

*Gabriel Mejdalani*

**Aula 8** – Acelomados III: características dos Nemertea  
e Gnathostomulida \_\_\_\_\_ **113**

*Gabriel Mejdalani*

### Módulo 2

**Aula 9** – Pseudocelomados I: características gerais e filos Rotifera,  
Gastrotricha e Kinorhyncha \_\_\_\_\_ **127**

*Gabriel Mejdalani*

**Aula 10** – Pseudocelomados II: filos Loricifera, Priapulida e Nematoda \_\_\_\_ **143**

*Gabriel Mejdalani*

**Aula 11** – Pseudocelomados III: características  
e importância dos Nematoda \_\_\_\_\_ **157**

*Gabriel Mejdalani*

<b>Aula 12</b> – Pseudocelomados IV: filos Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta _____	<b>167</b>
<i>Gabriel Mejdalani</i>	
<b>Aula 13</b> – Estudo dirigido: construção de chave dicotômica _____	<b>181</b>
<i>Carlos Renato Rezende Ventura</i>	
<b>Gabarito</b> _____	<b>191</b>
<b>Referências</b> _____	<b>213</b>

# Arquitetura, desenvolvimento e diversidade dos metazoários I

## AULA 1

### objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Apresentar os aspectos básicos da arquitetura animal.
- Definir os níveis de complexidade dos animais.
- Definir os planos de simetria corporal.
- Apresentar os tipos de cavidade corporal.

### Pré-requisitos

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

Nesta aula, você irá aprender sobre os aspectos gerais da estrutura do corpo dos animais (arquitetura ou plano corporal), incluindo diferentes níveis de organização, diferentes dimensões, a forma e a posição relativa das partes integrantes do corpo (simetria) e os diferentes tipos de cavidades internas. Cada filo pode ser diferenciado dos demais por um plano corporal exclusivo e por propriedades biológicas típicas.

## ARQUITETURA CORPORAL NO REINO ANIMALIA

Como visto na disciplina *Introdução à Zoologia*, os animais estão agrupados atualmente em cerca de 30 filos. Ao longo deste curso, você será apresentado a uma parcela da diversidade do reino Animalia. Do total de 30 filos, 23 serão aqui abordados. Estes grupos possuem diferentes níveis de complexidade na sua estrutura corporal e no modo de vida.

Dentre os filos tratados no nosso curso, os mais diversificados são aqueles de animais protostomados. Vocês devem lembrar que os protostomados já foram estudados na disciplina *Introdução à Zoologia*. Agora, eles serão abordados com mais profundidade. **De tudo que você já viu sobre protostomados, você seria capaz de descrever algumas de suas características?**

Os filos atuais são remanescentes de aproximadamente 100 filos que surgiram há cerca de 600 milhões de anos durante a **EXPLOÇÃO CAMBRIANA**. Dentro do período de apenas uns poucos milhões de anos (um piscar de olhos quando se considera a imensidão do tempo geológico), praticamente todos os tipos de plano corporal que nós observamos hoje, juntamente com muitos outros conhecidos apenas do registro fóssil, se estabeleceram.

Ao se estabelecerem em ecossistemas ainda muito pobres em espécies multicelulares e praticamente livres da competição, as novas linhagens de animais passaram por um processo de intensa experimentação e diversificação. Esse processo resultou na produção de novos e variados arranjos na arquitetura corporal. A “explosão cambriana” foi um evento inigualável. Grandes processos de especiação posteriores, os quais ocorreram após intensos eventos de extinção, não resultaram na produção de novos filos. Eles geraram apenas variações nos arranjos já estabelecidos.

**A EXPLOÇÃO CAMBRIANA** é considerada um dos momentos mais importantes na história da vida animal. Nesse período (Cambriano, entre 600 e 500 milhões de anos atrás) ocorreu um aumento marcante da diversidade de metazoários. É importante lembrar que organismos unicelulares, tais como bactérias, algas cianofíceas e protozoários, já eram provavelmente bastante diversificados no Cambriano.

É provável que a presença de uma série de filos bem estabelecidos seja um forte fator inibidor para a evolução de novos arranjos corporais. Após o seu estabelecimento, um plano corporal se torna um fator limitante para a forma do corpo de descendentes de uma linhagem ancestral. Insetos (filo Arthropoda), por exemplo, se originam apenas de insetos; e ouriços-do-mar (filo Echinodermata) apenas de ouriços-do-mar. A evolução de novas formas sempre se processa dentro dos limites arquitetônicos definidos pelo padrão ancestral de um filo.

Para compreender os aspectos gerais da arquitetura animal, você precisa inicialmente conhecer os diferentes níveis de organização (complexidade) dos animais. **Quais são os níveis de organização observados no reino Animalia?**

## NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO DOS ANIMAIS

Dentre os diferentes grupos multicelulares, podem ser reconhecidos quatro níveis principais de organização. Cada nível é mais complexo que o precedente. Os organismos unicelulares (protozoários) estão em um nível mais simples, chamado **PROTOPLASMÁTICO**. Todos os organismos abordados no nosso curso são multicelulares.

### NÍVEL PROTOPLASMÁTICO

Todas as funções de um protozoário ocorrem dentro dos limites de uma única célula, onde se situam organelas (por exemplo: complexo de Golgi e mitocôndrias) capazes de realizar funções especializadas.

## Nível celular

Esse nível se caracteriza pela presença de agregados de células funcionalmente diferenciadas. Uma divisão de tarefas é evidente, de maneira que algumas células estão envolvidas, por exemplo, com a reprodução, outras com a nutrição. Essas células possuem pouca tendência para se organizar em tecidos. Alguns protozoários flagelados, como os membros do gênero *Volvox*, que possuem células somáticas e reprodutivas distintas, poderiam ser colocados nesse nível de organização. Muitos zoólogos também colocam as esponjas (filo Porifera) neste nível.

## Nível celular-tissular

### HISTOLOGIA

Um tecido é um grupo de células similares organizadas para realizar uma função específica. O estudo dos tecidos é chamado de histologia (do grego, *histos* = tecido + *logos* = estudo). As células nos metazoários tomam parte na formação de tecidos. Durante o desenvolvimento embrionário, as camadas germinativas se diferenciam em quatro tipos de tecidos: epitelial, conectivo, muscular e nervoso.

Um passo além do nível precedente é a agregação de células similares em camadas definidas, formando tecidos. Vários zoólogos posicionam as esponjas no nível celular-tissular, mas as medusas, anêmonas e formas relacionadas (filo Cnidaria) mais claramente representam este nível de organização.

## Nível tissular-orgânico

A agregação de tecidos em órgãos é um aumento adicional de complexidade. Órgãos são usualmente formados por mais de um tipo de tecido e possuem uma função mais especializada que os tecidos. O primeiro surgimento desse nível é nos vermes achatados (filo Platyhelminthes: planárias, tênias e formas relacionadas), nos quais existem órgãos bem definidos, tais como manchas ocelares (estruturas para percepção da luz), probóscide e órgãos reprodutores.

## Nível orgânico-sistêmico

Quando os órgãos trabalham juntos para realizar alguma função, nós temos o nível mais alto de organização: o sistema orgânico. Sistemas estão associados com as funções básicas do corpo: circulação, respiração, digestão, reprodução e outras. Os animais mais simples que apresentam esse nível são os vermes nemertinos (filo Nemertea), os quais possuem um sistema digestivo completo separado do sistema circulatório. A maioria dos filos animais apresenta esse nível de organização.



## NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO E TAMANHO DO CORPO

Você já deve ter observado que o tamanho do corpo varia enormemente no reino Animalia. Existem, por exemplo, vermes cilíndricos (filo Nematoda) e ácaros (filo Arthropoda) com menos de um milímetro de comprimento, caranguejos (filo Arthropoda) e minhocas (filo Annelida) com alguns centímetros de comprimento e lulas (filo Mollusca) e baleias (filo Chordata) com vários metros de comprimento. **Existe uma relação entre o tamanho do corpo e os níveis de organização dos animais?**

A resposta para a questão acima não é simples. Os níveis mais complexos de organização dos animais permitem, e talvez promovam, a evolução de um maior tamanho do corpo. Durante esse processo de evolução, no qual os animais se tornam maiores, a superfície do corpo aumenta muito mais lentamente que o volume. Essa diferença ocorre porque a superfície aumenta em função do quadrado do comprimento do corpo ( $\text{comprimento}^2$ ), enquanto o volume aumenta em função do cubo do comprimento do corpo ( $\text{comprimento}^3$ ). Em outras palavras, um animal grande possui menos superfície corporal em relação ao seu volume que um animal pequeno.

A área superficial de um animal grande pode ser insuficiente para a nutrição e respiração de células posicionadas profundamente no interior do corpo. Existem duas soluções possíveis para este problema. Uma delas é dobrar ou invaginar a superfície do corpo para aumentar a sua área, ou achatar bastante a superfície, de maneira que todas as partes internas estejam próximas do exterior (como nos vermes do filo Platyhelminthes). Essa solução permite que o corpo se torne maior sem aumento da complexidade interna. Como você já viu, os vermes achatados estão no nível tissular-orgânico de organização.

A segunda solução, quase sempre encontrada nos maiores animais, envolve o desenvolvimento de sistemas de transporte interno para conduzir os nutrientes, gases e excretas entre as células e o meio externo. De uma maneira geral, os animais de maior tamanho apresentam complexos sistemas de transporte interno (como nos vertebrados, filo Chordata). Portanto, eles estão no nível orgânico-sistêmico de organização.

## SIMETRIA CORPORAL

Nesta aula, você já estudou os diferentes níveis de organização dos animais e a sua relação com o tamanho do corpo. Um outro aspecto que nos permite caracterizar os diferentes filos é a forma e posição relativa das partes integrantes do corpo (simetria). Quais são os tipos de simetria encontrados no reino Animalia?

### Simetria esférica (Figura 1.1)

Nesse tipo de simetria, qualquer plano passando pelo centro divide o corpo em duas metades equivalentes ou **ESPECULARES**. Ele é encontrado principalmente em organismos unicelulares e é raro nos animais.

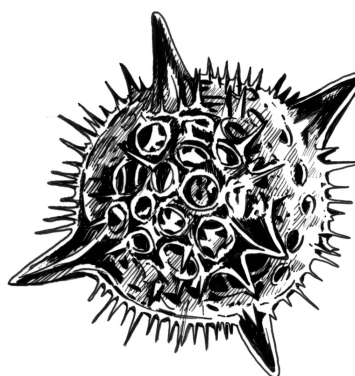


Figura 1.1: Simetria esférica.

### Simetria radial (Figura 1.2)

Nos organismos que apresentam essa simetria, o corpo pode ser dividido em metades similares por mais de dois planos passando pelo eixo longitudinal. Ela é encontrada, por exemplo, nas esponjas (filo Porifera), hidras e medusas (filo Cnidaria) e nos ouriços-do-mar (filo Echinodermata).

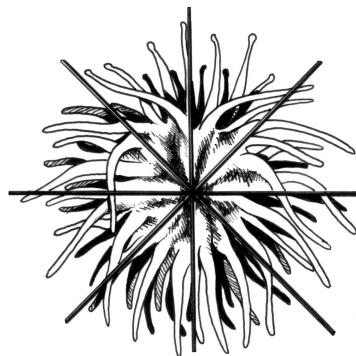


Figura 1.2: Simetria radial.

#### METADE ESPECULAR

O adjetivo especular diz respeito ao espelho. Ele é aqui utilizado para descrever a situação onde uma das metades do corpo, quando observada em um espelho, se torna idêntica à outra metade.

#### ANIMAIS RADIAIS OU BIRRADIAIS

São usualmente sésseis, ou flutuantes, ou nadadores lentos. Os dois filos primariamente radiais, Cnidaria e Ctenophora, são chamados de Radiata. As estrelas-do-mar, ouriços-do-mar e formas relacionadas (filo Echinodermata) são organismos primariamente bilaterais (suas larvas são bilaterais) que se tornam radiais quando adultos. Os animais bilaterais formam um grupo monofilético de filos chamado Bilateria.

Uma variação da simetria **RADIAL** é a **BIRRADIAL**. Nesse caso, devido à presença de alguma parte que é única ou pareada, apenas dois planos passando pelo eixo longitudinal produzem metades equivalentes. Os ctenóforos (filo Ctenophora), animais marinhos com forma mais ou menos globular, mas que podem apresentar um par de conspícuos tentáculos (classe Tentaculata), são um exemplo de simetria birradial.

## Simetria bilateral (Figuras 1.3 e 1.4)

Nesse tipo de simetria, o corpo pode ser dividido em duas porções equivalentes ou espaciais ao longo do plano sagital (metades direita e esquerda).

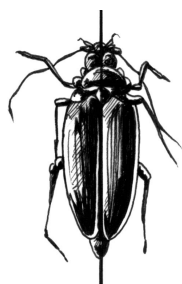


Figura 1.3: Simetria bilateral.

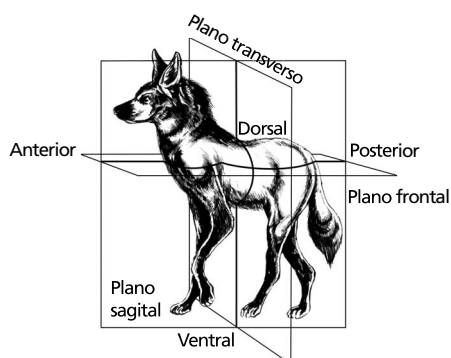


Figura 1.4: Planos de simetria de um animal bilateral.

O surgimento da simetria bilateral foi provavelmente um evento de grande importância na evolução do reino Animalia. Os animais bilaterais são capazes de se movimentar de uma maneira muito mais eficiente que os radiais. Tal fato pode ser constatado ao compararmos o rápido deslocamento de um peixe (filo Chordata) com a lenta movimentação de uma medusa (filo Cnidaria). A maior parte dos filos, incluindo aqueles com maior número de espécies, é de animais com simetria bilateral. Características marcantes de muitos desses animais são a presença de um eixo ântero-posterior distinto e da região cefálica na extremidade anterior (Figuras 1.3 e 1.4). O processo de desenvolvimento da cabeça, associado à centralização do sistema nervoso e à evolução de órgãos dos sentidos mais eficientes, permitiu o aparecimento de comportamentos mais complexos.

## CAVIDADES DO CORPO

Os animais com simetria bilateral possuem diferenças marcantes no que diz respeito à presença ou ausência de uma cavidade corporal interna. Quando presente, o que ocorre na grande maioria dos filos bilaterais, o tipo de cavidade também pode variar.

Um evento de grande relevância no processo de diversificação dos animais bilaterais foi o aparecimento do **celoma** (do grego, *koilos* = cavidade). Essa cavidade, a qual é revestida por mesoderme e preenchida por fluidos, fornece espaço para os órgãos viscerais. Ela também permite um aumento de tamanho e complexidade do organismo porque um número maior de células pode se localizar próximo às superfícies onde ocorrem as trocas metabólicas.

Como os membros do reino Animalia podem ser caracterizados de acordo com a ausência ou presença de uma cavidade corporal?

Três categorias básicas de animais bilaterais podem ser reconhecidas quando a arquitetura interna do corpo é estudada. Essas categorias são muito relevantes para o entendimento da evolução dos metazoários. Você deve considerá-las com bastante atenção.

#### CAMADAS GERMINATIVAS

Durante a formação do embrião ocorre o rearranjo integrado de células e tecidos. Os primeiros tecidos que se formam são chamados de camadas germinativas. A camada germinativa mais externa é o ectoderma. Ela dará origem ao tecido epitelial que recobrirá a superfície do corpo e também originará o sistema nervoso. Uma camada mais interna, o endoderma, formará o tecido epitelial que recobrirá o tubo digestivo. Finalmente, há a formação de uma terceira camada, o mesoderma, a qual originará vários tecidos corporais que integrarão sistemas essenciais, tais como o muscular, esquelético e reprodutivo. Nem todos os animais possuem as três camadas germinativas. As águas-vivas (filo Cnidaria), por exemplo, possuem apenas duas camadas (ectoderma e endoderma). Esses animais são considerados diploblásticos. Já a grande maioria dos metazoários, como crustáceos e insetos (filo Arthropoda) e vertebrados (filo Chordata), possui três camadas germinativas, sendo considerados triploblásticos.

#### Bilaterais acelomados (Figura 1.5.a)

Existem animais bilaterais que não possuem um celoma verdadeiro. A área entre a epiderme (de origem ectodérmica) e o tubo digestivo (de origem endodérmica) é preenchida por uma massa

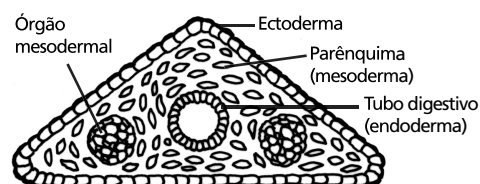


Figura 1.5.a: Acelomado.

mesodermal chamada **parênquima** (de origem endodérmica). Os vermes achatados (filo Platyhelminthes) são exemplos de animais acelomados.

#### Bilaterais pseudocelomados (Figura 1.5.b)

Outros animais bilaterais, diferentemente dos acelomados, possuem uma cavidade em torno do tubo digestivo. Essa cavidade, entretanto, não é revestida por mesoderma. Portanto, ela não pode ser considerada um celoma verdadeiro. Esse tipo de cavidade corporal é chamado **pseudoceloma** (do grego, *pseudo* = falso + *koilos* = cavidade). Os vermes cilíndricos (filo Nematoda) são exemplos de animais pseudocelomados.

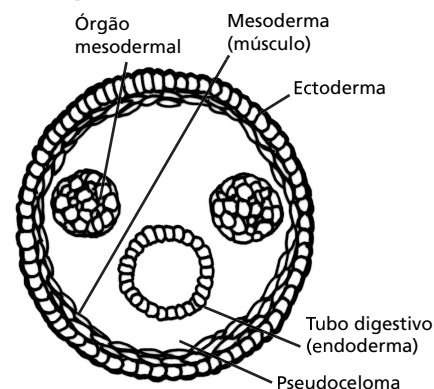


Figura 1.5.b: Pseudocelomado.

#### Bilaterais eucelomados (Figura 1.5.c)

A maior parte dos filos bilaterais apresenta um celoma verdadeiro. Como você já aprendeu, o celoma verdadeiro é aquele revestido por células de origem mesodérmica. Esse revestimento mesodermal (membrana serosa) é chamado **peritônio**. Os órgãos viscerais são também revestidos por células mesodérmicas. Esse revestimento, chamado **mesentério**, mantém os órgãos suspensos na cavidade celomática.

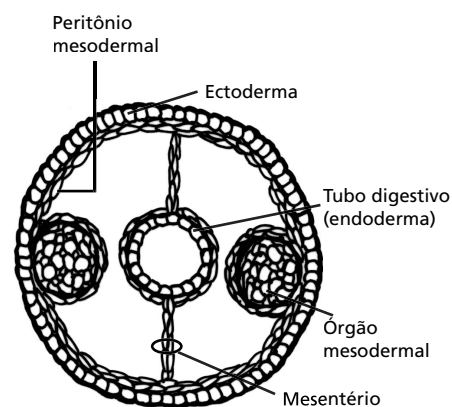


Figura 1.5.c: Eucelomado.

## RESUMO

Nesta aula, você aprendeu que os cerca de 30 filos atuais de animais são remanescentes de aproximadamente 100 filos que surgiram durante a “explosão cambriana”. Foram apresentados os diferentes níveis de organização dos metazoários (celular, celular-tissular, tissular-orgânico e orgânico-sistêmico). Você aprendeu que o desenvolvimento do nível orgânico-sistêmico pode ter favorecido o aumento da dimensão do corpo dos animais, pois sistemas de transporte interno são necessários em organismos relativamente mais volumosos.

Os diferentes tipos de simetria dos animais foram abordados (esférica, radial e birradial, e bilateral). O aparecimento da simetria bilateral foi um evento de grande importância na evolução dos animais. Essa simetria está relacionada ao desenvolvimento da cabeça e ao surgimento de movimentos mais eficientes e comportamentos mais complexos.

Finalmente, você estudou um tópico de grande relevância para o entendimento da evolução e diversificação dos animais bilaterais: os diferentes tipos de cavidade do corpo. Você aprendeu que existem animais bilaterais **acelomados**, **pseudocelomados** e **eucelomados**. O grupo dos eucelomados (com celoma verdadeiro) é o mais diversificado. O celoma verdadeiro é revestido por células de origem mesodérmica.

## EXERCÍCIOS

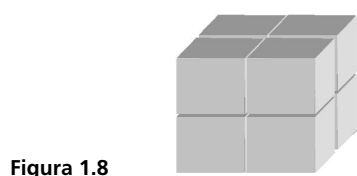
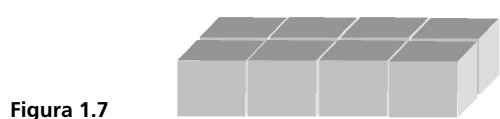
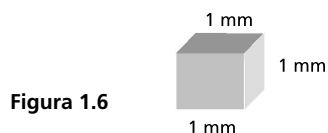
1. Considerando a variedade na arquitetura corporal dos animais, você irá refletir sobre as implicações associadas às diferentes formas do corpo que são encontradas na natureza. Neste exercício, você irá trabalhar com a relação entre a superfície (área) e o volume corporal. Para isso, você irá considerar que o cubo de 1 mm de lado representado na **Figura 1.6** é uma célula (uma unidade do corpo). A área total dessa célula (cubo) pode ser facilmente calculada somando-se a área de cada uma das suas seis faces: se uma face tem área igual a  $1 \text{ mm}^2$  (ou seja,  $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ ), as seis faces terão a área de  $6 \text{ mm}^2$  ( $6 \times 1 \text{ mm}^2$ ). O volume dessa célula é obtido diretamente pela seguinte multiplicação: altura  $\times$  largura  $\times$  profundidade. Como tanto a altura, a largura e a profundidade são iguais (1 mm cada), o volume da célula será igual a  $1 \text{ mm}^3$  ( $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ ). Imagine que as **Figuras 1.7, 1.8 e 1.9** representam animais formados por oito células (cubos), com arranjos corporais diferentes.

a) Calcule a razão entre a área superficial total e o volume de cada animal (área/volume).

b) Qual deles possui o arranjo corporal mais eficiente para a difusão de gases? Justifique a sua resposta.

c) Qual seria o arranjo corporal mais eficiente para a eliminação do calor?

d) Qual seria a vantagem de possuir um corpo longo e fino para um animal como uma minhoca (filó Annelida), no qual os gases se difundem através da parede corporal?



2. Compare a arquitetura corporal dos animais acelomados, pseudocelomados e eucelomados.

3. Descreva os tipos de simetria corporal dos animais.

### AUTO-AVALIAÇÃO

Procure determinar se você compreendeu com clareza os seguintes tópicos desta aula, pois eles são muito relevantes para o entendimento das partes subsequentes do nosso curso: (1) diferentes níveis de organização e sua relação com o tamanho do corpo dos animais; (2) tipos de simetria corporal; (3) tipos de cavidade corporal. Caso você tenha compreendido esses tópicos, e respondido corretamente às questões propostas nos exercícios acima, você certamente está preparado para avançar para a segunda aula.

### INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, você aprenderá sobre os processos gerais de desenvolvimento dos metazoários, incluindo a formação das cavidades nos animais bilaterais.

## Arquitetura, desenvolvimento e diversidade dos metazoários II

# AULA 2

## objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer os padrões de desenvolvimento embrionário nos metazoários, considerando as variações nos planos de clivagem, no potencial de especialização celular e no destino do primeiro orifício embrionário.
- Conhecer os diferentes tipos de formação da cavidade corporal.

### Pré-requisitos

Disciplina Introdução à Zoologia.

Aula 1.

Noções básicas sobre Citologia, Histologia e Embriologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

Nesta aula, você irá conhecer os processos de transformação do zigoto em embrião multicelular. As variações desses processos definem importantes características embrionárias que, por sua vez, acarretam consequências na arquitetura corporal do animal adulto. Todos esses padrões de desenvolvimento embrionário estão correlacionados em algum grau, como você verá a seguir. Assim, é possível agrupar a grande maioria dos filos dos metazoários, considerando os aspectos embrionários. Tal agrupamento (ou classificação) nos auxilia mentalmente a compreender os diversos grupos do reino Animalia. No entanto, há exceções que devem ser consideradas, como veremos adiante.

### Padrões de clivagem e desenvolvimento inicial

Após a união dos gametas masculino e feminino (fertilização), forma-se uma nova célula (o zigoto ou ovo) resultante da combinação do material genético dos dois gametas. Os processos de transformação do zigoto em um embrião multicelular envolvem, obrigatoriamente, repetidos eventos de divisão de células. Esta multiplicação celular, após a formação do zigoto, é conhecida como **clivagem**. Embora a clivagem, geralmente, ocorra de forma uniforme quando consideramos indivíduos de uma mesma espécie, algumas variações nos padrões de multiplicação celular são freqüentes entre espécies. Tais variações são causadas, principalmente: (a) pela quantidade e distribuição de material nutritivo (**vitelo**) presente no zigoto, (b) pelos genes controladores dos planos de orientação da multiplicação celular.

#### VITELO

Material nutritivo presente no zigoto que sustenta os estágios iniciais de vida.

#### ZIGOTOS ISOLÉCITOS

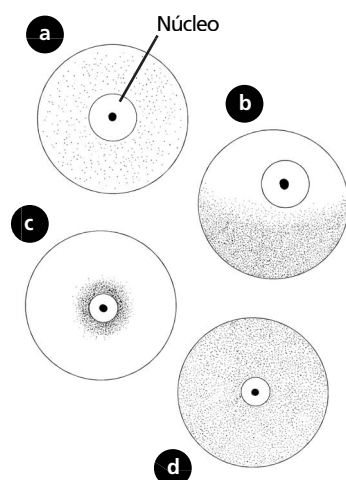
Com pouco vitelo distribuído uniformemente no citoplasma.

#### ZIGOTOS MESOLÉCITOS

Com moderada concentração de vitelo no pólo vegetal.

### Como a quantidade e a distribuição de vitelo afetam a clivagem?

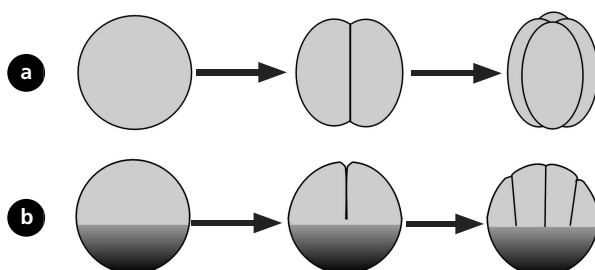
**Figura 2.1:** Distribuição e concentração relativa de vitelo no citoplasma do zigoto: (a) isolécito: vitelo em pouca quantidade uniformemente distribuído; (b) telolécito: vitelo concentrado na região inferior do ovo; (c) centrolécito: vitelo concentrado no centro do ovo; (d) mesolécito: vitelo em quantidade intermediária uniformemente distribuído.



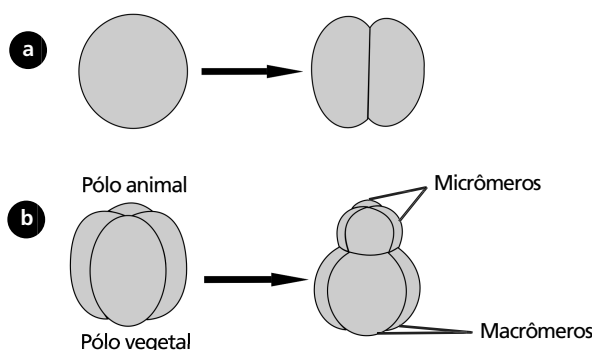
A quantidade de **VITELO** e a sua posição influenciam o grau de separação das primeiras células formadas durante a clivagem (os **blastômeros**). Em **ZIGOTOS ISOLÉCITOS** (do grego, *isos* = igual + *lekithos* = vitelo) ou **MESOLÉCITOS** (do grego, *meso* = metade + *lekithos* = vitelo) (**Figura 2.1**), ocorre a divisão completa do citoplasma no plano da clivagem, originando a formação dos primeiros blastômeros (**Figura 2.2.a**).



Nos zigotos isolécitos, a **CLIVAGEM** acontece de maneira uniforme. Já nos zigotos mesolécitos, a clivagem ocorre mais rapidamente no **PÓLO ANIMAL**, formando numerosas e pequenas células (**micrômeros**) neste hemisfério do embrião. No mesmo processo, células maiores e relativamente menos numerosas (**macrômeros**) são formadas no hemisfério oposto (**PÓLO VEGETAL**) (Figura 2.3). Nesses dois tipos de zigotos, os blastômeros se encontram individualizados, separados por uma fina membrana. Essa situação caracteriza o desenvolvimento **holoblástico** (do grego, *holos* = total + *blastos* = germe).



**Figura 2.2:** Tipos de clivagem no desenvolvimento inicial. (a) **Clivagem holoblástica:** ocorre a divisão completa do citoplasma no plano da clivagem, originando a formação dos primeiros blastômeros; (b) **Clivagem meroblástica:** quando a divisão no plano de clivagem não é completa.



**Figura 2.3:** Clivagem desigual em zigoto com um pouco mais de vitelo no pólo vegetal. São formados mais rapidamente os micrômeros (células menores) no pólo animal e, posteriormente, os macrômeros (células maiores) no pólo vegetal.

Quando não ocorre esta separação completa dos blastômeros, o desenvolvimento é chamado de **meroblástico** (do grego, *meros* = parte + *blastos* = germe) ou **superficial** (Figura 2.2). Esse tipo de divisão parcial ocorre em **ZIGOTOS TELOLÉCITOS** (do grego, *telo* = fim + *lekithos* = vitelo) e **CENTROLÉCITOS** (do grego, *kéntron* = ponto central + *lekithos* = vitelo) (Figura 2.1). Os polvos (moluscos da classe Cephalopoda) possuem zigotos telolécitos, enquanto os insetos e outros artrópodes possuem zigotos centrolécitos (Figura 2.1).



Em resumo, a **quantidade de vitelo é um fator condicionante para a clivagem**. Quando ocorre em quantidades moderadas (em zigotos isolécitos e mesolécitos), a clivagem é total, com a completa individualização dos blastômeros (clivagem holoblástica). Quando a quantidade de vitelo é abundante (em zigotos telolécitos e centrolécitos), a clivagem é parcial (clivagem meroblástica).

Durante a **CLIVAGEM**, ocorre uma diferenciação celular organizada ao longo de um eixo chamado **ANIMAL-VEGETAL**. Esta polaridade geralmente ocorre durante o desenvolvimento inicial do embrião. O **PÓLO VEGETAL** está associado à formação dos futuros órgãos do sistema digestivo, enquanto o **PÓLO ANIMAL** (oposto ao pólo vegetal) produz as outras regiões do embrião (Figura 2.3).

### ZIGOTOS TELOLÉCITOS

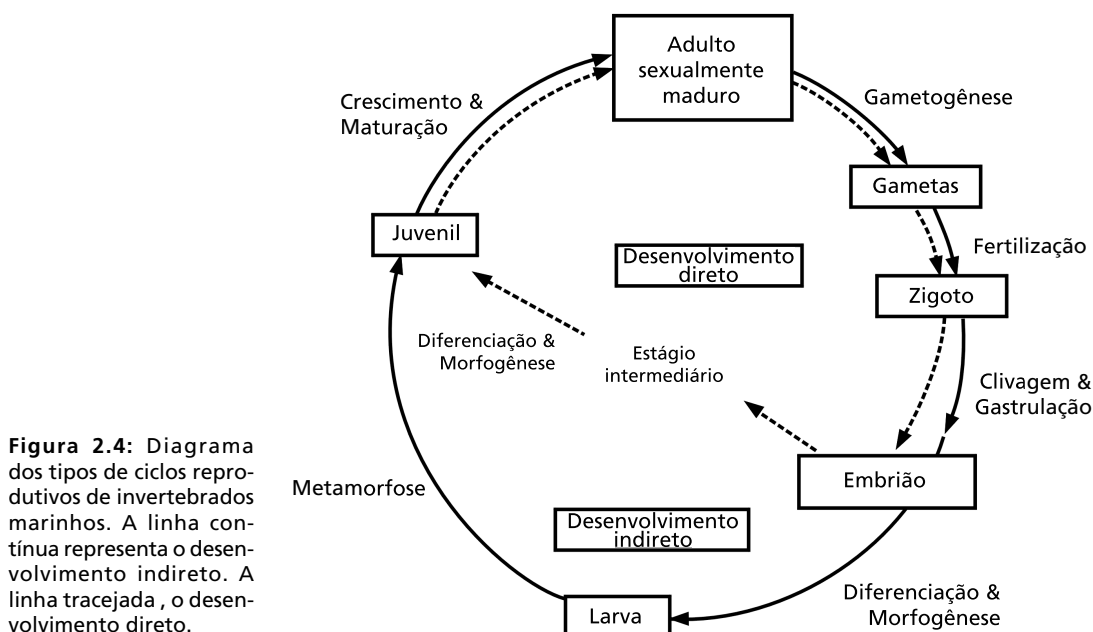
com muito vitelo concentrado no pólo vegetal.

### ZIGOTOS CENTROLÉCITOS

com muito vitelo localizado no centro do citoplasma.

## Como a quantidade de vitelo determina o modo de desenvolvimento?

Além do padrão de clivagem, a quantidade de vitelo pode também determinar o modo de desenvolvimento do embrião, como vimos anteriormente. O vitelo contido no zigoto pode ser suficiente para nutrir o embrião durante a primeira fase da vida, tornando-o independente da disponibilidade de alimentos no ambiente. Entretanto, na maioria dos invertebrados aquáticos, o zigoto possui uma pequena quantidade de vitelo (zigoto isolécito), a qual é insuficiente para sustentar o desenvolvimento inicial do embrião. Nesses casos, ocorre o desenvolvimento de um estágio intermediário, morfologicamente diferente da forma juvenil e capaz de obter alimento da coluna d'água. O estágio intermediário é chamado **larva**. Geralmente, a larva se desenvolve rapidamente e se torna eficiente na obtenção de alimento, que é acumulado até que ela se transforme em um juvenil. O processo de transformação da larva é conhecido como **metamorfose**. Quando a fase larval está presente no ciclo de vida do animal, consideramos que o **desenvolvimento é indireto**. Ao contrário, quando o embrião se transforma diretamente em juvenil, sem passar pelo estágio intermediário de larva, consideramos que o **desenvolvimento é direto** (Figura 2.4).



## A orientação do plano de clivagem pode determinar características do embrião?

Em zigotos com pouca quantidade de vitelo (isolécitos), três principais padrões de clivagem são observados: a clivagem **radial holoblástica**, a clivagem **espiral holoblástica** e a clivagem **bilateral holoblástica**.

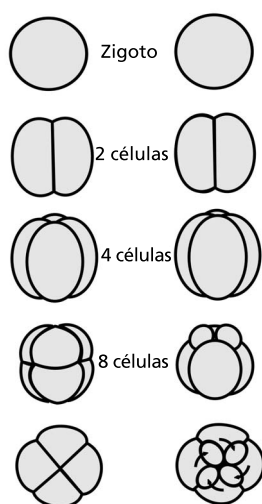
Vale a pena lembrar que a clivagem **holoblástica** é aquela em que há divisão completa das células iniciais do embrião (blastômeros). Tais padrões se diferenciam pela orientação em que a clivagem ocorre em relação ao eixo animal-vegetal do embrião.

Na clivagem **espiral** holoblástica, a sequência de divisão celular ocorre obliquamente ao eixo animal-vegetal. Dessa forma, as novas células irão se dispor **entre** aquelas formadas anteriormente, em uma fileira acima. Assim, a cada nova geração de células, os blastômeros estarão dispostos formando uma espiral (**Figura 2.5.b**).

Já na clivagem **radial** holoblástica, os blastômeros formados inicialmente arranjam-se exatamente **acima** daqueles originados anteriormente (**Figura 2.5.a**). Nesse padrão de clivagem, os planos de divisão celular ora são paralelos, ora são perpendiculares ao eixo animal-vegetal do zigoto.

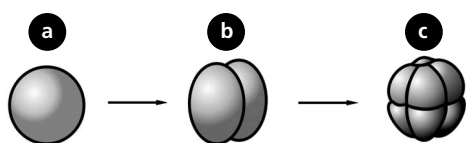
A clivagem **bilateral** holoblástica é um caso particular que ocorre apenas em um grupo de invertebrados marinhos muito próximo dos vertebrados, os tunicados ou ascídias (filo Chordata, subfilo Urochordata). Nos ovócitos e, conseqüentemente, nos zigotos destes animais, ocorre a distribuição desigual de vários componentes do citoplasma, apesar da distribuição uniforme de vitelo (zigoto isolécito). Assim, há formação de um eixo ântero-posterior, mesmo antes da fertilização. A orientação da clivagem ocorre a partir desse eixo. Na primeira clivagem, o zigoto isolécito se divide em dois blastômeros idênticos. As clivagens seguintes mantêm a mesma orientação. Dessa forma, se estabelece um eixo de simetria bilateral, que irá formar os futuros lados direito e esquerdo do embrião (**Figura 2.6**).

**a** Clivagem radial **b** Clivagem espiral



Visão do pólo animal - 8 células

**Figura 2.5:** Os dois padrões básicos da clivagem são determinados pela orientação dos blastômeros em relação ao eixo animal-vegetal do zigoto. Na clivagem **radial** (a), os blastômeros formados nos primeiros estágios arranjam-se exatamente acima daqueles originados anteriormente. Na clivagem **espiral** (b), os planos iniciais de clivagem são oblíquos em relação ao eixo animal-vegetal, de forma que os blastômeros resultantes localizam-se entre aqueles formados anteriormente, em uma fileira acima.



**Figura 2.6:** Clivagem bilateral holoblástica em embrião de ascídia. (a) Zigoto com distribuição desigual de componentes citoplasmáticos. (b) Primeira clivagem a partir do eixo ântero-posterior que formou dois blastômeros e os futuros lados direito e esquerdo do embrião. (c) A simetria bilateral se mantém no embrião nas clivagens seguintes.

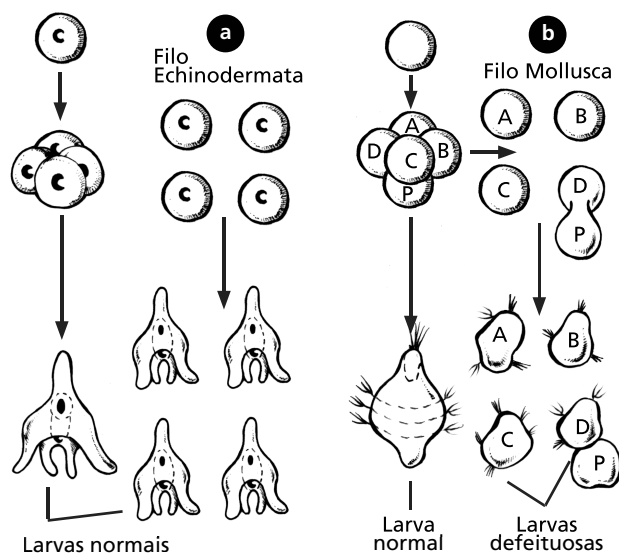
## A distribuição dos componentes do citoplasma afeta a formação do embrião?

Como vimos anteriormente, pode ocorrer uma distribuição desigual dos componentes citoplasmáticos durante a formação dos zigotos ou mesmo antes da fertilização. Esses diferentes componentes citoplasmáticos possuem a capacidade de controlar o desenvolvimento de cada blastômero (nova célula formada), determinando o seu destino, ou seja, a sua especialidade dentro do embrião. Sendo assim, se cada blastômero possui diferentes componentes citoplasmáticos ou mesmo diferentes quantidades destes, ele pode originar um tipo particular de célula do embrião.

Para melhor entender essa situação, vamos imaginar várias caixas idênticas que possuem no seu interior diferentes ferramentas e outros objetos, tais como: chaves de fenda, serrote, martelo, formão, grampeador, lápis, borracha, papel, bloco de notas e agenda. No interior de algumas dessas caixas, encontram-se chaves de fenda, martelo, serrote e formão. Em outras há grampeador, borracha, lápis, papel, bloco de notas e agenda. A pessoa que receber uma caixa com ferramentas irá se tornar um marceneiro, e aquela que receber uma caixa com artigos de escritório se tornará um secretário. Assim, dependendo do tipo de objeto recebido, cada pessoa exercerá uma função diferente. Da mesma forma, se algumas células recebem

componentes citoplasmáticos diferentes de outras, exercerão diferentes funções no embrião, formando, por exemplo, tecidos diferentes.

Quando, durante a clivagem, já ocorre a divisão desigual de componentes citoplasmáticos, que determinam previamente a futura função de cada blastômero, dizemos que a clivagem é determinada. Nesses casos, quando uma célula é isolada do resto do embrião, ela ainda formará a estrutura específica determinada anteriormente. Em outras palavras, ela mantém a sua função independentemente da interação com as outras células vizinhas do embrião (Figura 2.7).



**Figura 2.7:** (a) Clivagem radial e indeterminada de um deuterostomado (ouriço-do-mar), filo Echinodermata, ilustrando a formação de larvas normais a partir de blastômeros isolados e do embrião não alterado. (b) Clivagem espiral e determinada de um protostomado (caramujo), filo Mollusca, ilustrando a formação de larvas defeituosas a partir de blastômeros isolados.

Se o desenvolvimento se dá com a ausência de um certo blastômero, o animal não terá apenas aquelas estruturas que normalmente seriam formadas por aquele blastômero ausente. Este padrão é também chamado **desenvolvimento em mosaico**.

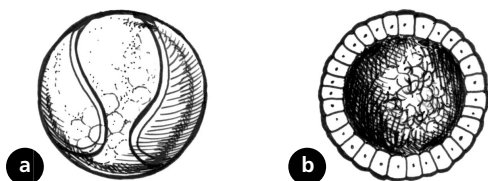
Em muitos animais, entretanto, não ocorre tal divisão desigual de componentes citoplasmáticos. A especialização de cada célula formada ocorre posteriormente, a partir da interação com as outras células vizinhas. Nestes embriões, pelo menos no início do desenvolvimento, cada blastômero é capaz de produzir um novo embrião normal, caso seja separado do embrião original. Voltando ao exemplo das caixas com ferramentas e artigos de escritório, seria como se cada caixa possuísse, inicialmente, os dois tipos de objetos. A especialização ocorreria posteriormente e dependeria da função obtida pela pessoa ao lado. Em outras palavras, um blastômero recente tem a capacidade de seguir mais de um caminho para a especialização, mas a interação com outras células vizinhas limita o seu destino. Nesses casos, dizemos que a clivagem é **indeterminada** e que o **desenvolvimento é regulado**.



Em geral, muitos dos padrões de clivagem estão associados. Por exemplo, animais que possuem uma **clivagem espiral** também se caracterizam por uma **clivagem determinada**. Como exemplos, podemos citar os moluscos, os anelídeos e os artrópodes. As ascídias, que possuem uma **clivagem bilateral**, também têm uma **clivagem determinada**. Contudo, aqueles animais que apresentam uma **clivagem radial**, como os ouriços-do-mar, estrelas-do-mar e pepinos-do-mar, possuem uma **clivagem indeterminada**.

## A formação da blástula

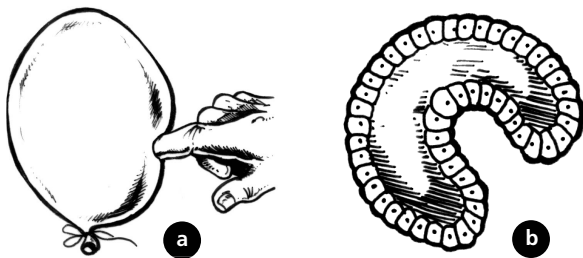
As sucessivas clivagens após a fertilização resultam em um conjunto de poucas centenas a milhares de células que estão arranjadas em torno de uma cavidade interna central. Neste estágio de desenvolvimento, o embrião é denominado **blástula** e a cavidade interna é a **blastocèle** (Figura 2.8). Ao contrário do que você possa pensar, a blástula tem praticamente as mesmas dimensões que o zigoto, apesar de ser formada por muito mais células. O que ocorre é a formação de células cada vez menores. No entanto, a quantidade de DNA total na blástula é muitas vezes maior do que aquela no zigoto, pois em cada divisão celular ocorre a duplicação dos cromossomos.



**Figura 2.8:** (a) Bola de tênis representando uma blástula. (b) Corte longitudinal em uma blástula, evidenciando a camada de célula da parede e a cavidade central (blastocèle).

### A formação da gástrula e dos folhetos germinativos

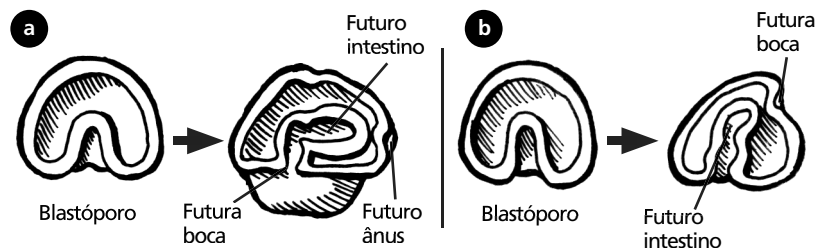
O estágio de blástula termina quando se inicia uma extensa e integrada migração de células e tecidos que resultam em um novo arranjo celular. Este estágio é conhecido como **gástrula**. Neste novo arranjo, a antiga blástula começa a perder seu formato esférico à medida que ocorre a **invaginação** da parte vegetal do embrião. Em outras palavras, a parte do pólo vegetal do embrião se dobra para o centro da cavidade (blastocèle). A compreensão desta mudança torna-se mais fácil se imaginarmos um balão (representando aqui a blástula) sendo empurrado por um dedo em um determinado ponto. A deformação causada pelo dedo corresponde à invaginação sofrida pelo embrião (**Figura 2.9**). Esta invaginação é chamada **arquêntero**. A nova cavidade, agora denominada **gastrocele**, irá formar o intestino primitivo do embrião.



**Figura 2.9:** (a) Balão sendo deformado pelo dedo. (b) Invaginação da gástrula, formando o arquêntero, sofrendo processo semelhante ao do balão.

A formação da gástrula (ou **gastrulação**) varia bastante entre os diferentes grupos de animais (metazoários) e depende diretamente da quantidade e distribuição de vitelo no embrião. A gastrulação ocorre de forma mais simples em zigotos com menor concentração de vitelo (isolécitos e mesolécitos). Assim como na clivagem, a maior quantidade de vitelo dificulta a gastrulação.

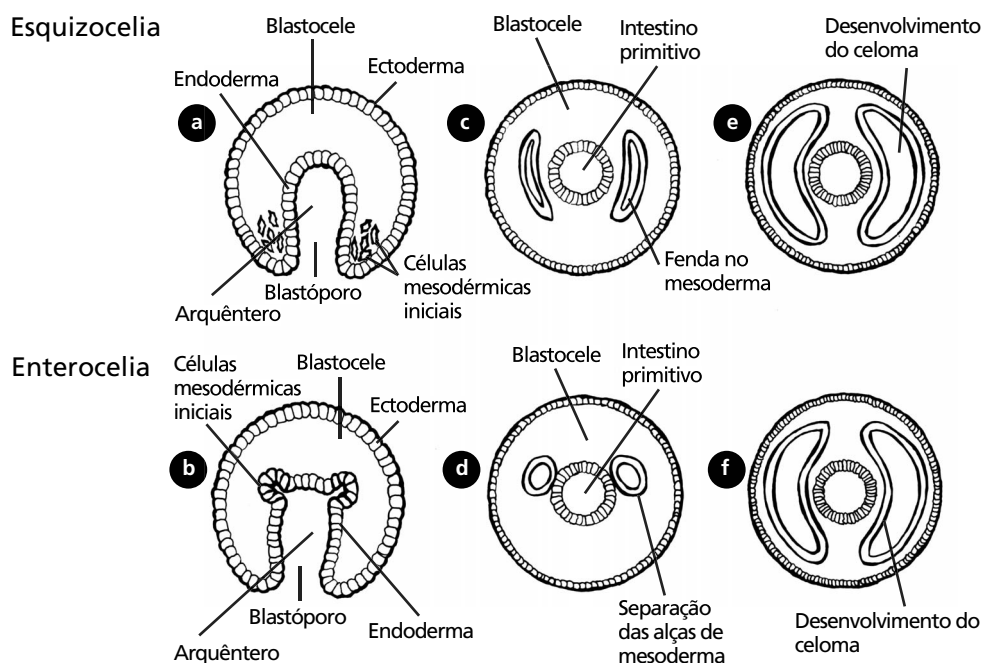
A abertura do arquêntero é denominada **blastóporo**. Tal abertura primitiva irá formar a **boca** em alguns animais (**Figura 2.10**), como nos moluscos, anelídeos e artrópodes. Em outros, no entanto, esta abertura formará o **ânus** (**Figura 2.10**), como nas estrelas-do-mar e ouriços-do-mar, por exemplo. Os animais em que o blastóporo forma inicialmente a boca são denominados **protostomados** ou **protostômios** (do grego, *proto* = primeiro + *stoma* = boca). Aqueles em que o blastóporo forma o ânus, sendo a boca formada posteriormente, são denominados **deuterostomados** ou **deuterostômios** (do grego, *deutero* = secundário + *stoma* = boca).



**Figura 2.10:** (a) Boca originada do blastóporo em protostomados. (b) Boca originada posteriormente nos deuterostomados. O blastóporo dará origem ao ânus.

Nesse estágio de desenvolvimento, a gástrula forma um embrião com dois tipos de tecidos primitivos ou **folhetos embrionários**: o **ectoderma** e o **endoderma**. O **ectoderma** é a camada mais externa do embrião e irá originar os tecidos que recobrem externamente o corpo (epitélios) e o sistema nervoso. O **endoderma** é composto pela camada interna que forma o arquêntero, e dará origem aos tecidos de revestimentos internos (epitélios internos) que recobrirão o tubo digestivo.

À medida que o arquêntero avança em direção ao pólo animal do embrião, um terceiro folheto embrionário começa a se formar. Este novo tecido primitivo é chamado **mesoderma** e originará o sistema muscular, o sistema reprodutivo, o sistema esquelético e o peritônio (membrana que reveste as cavidades internas do corpo). O **mesoderma** se forma **diferentemente** nos **protostomados** e nos **deuterostomados**. Nos protostomados, o mesoderma se origina a partir de células que se movem para perto do blastóporo e se multiplicam entre as paredes do arquêntero (endoderma) e o lado externo do embrião (ectoderma) (**Figura 2.11**). Nos deuterostomados, o mesoderma se forma a partir da extremidade mais interna do arquêntero. Nessa extremidade, se formarão duas alças de células diferenciadas, uma em cada lado, que se desprenderão do arquêntero e formarão o mesoderma (**Figura 2.11**).



**Figura 2.11:** Formação do mesoderma nos protostomados (a) e deuterostomados (b). Corte transversal do embrião mostrando a formação do celoma nos protostomados (c) e (e) e deuterostomados (d) e (f).

### Formação da cavidade corporal interna (celoma)

Os protostomados e os deuterostomados possuem uma cavidade corporal interna que abriga os órgãos e sistemas. Esta cavidade é chamada **celoma** (do grego, *koîlos* = cavidade). A formação do celoma, entretanto, ocorre de maneira diferente entre os protostomados e deuterostomados. Nos **protostomados**, o celoma se forma a partir de fendas que se abrem no mesoderma formado ao redor do blastóporo (**Figura 2.11**). Este processo é chamado **esquizocelia** (do grego, *schízein* = fender, separar + *koîlos* = cavidade). Nos **deuterostomados**, o celoma se forma pela expansão das alças intestinais que compõem o mesoderma (**Figura 2.11**). Este processo é conhecido por **enterocelia** (do grego, *entero* = intestino + *koîlos* = cavidade).

### Relação entre os padrões de desenvolvimento

Todas as características apresentadas anteriormente estão, em algum grau, correlacionadas. Por exemplo, na maioria dos animais em que a boca é a primeira abertura a se formar na fase embrionária (ou seja, os **protostomados**) ocorre uma **clivagem espiral e determinada**, além de um **celoma esquizocélico**. Os anelídeos, os moluscos e os artrópodes são os principais representantes com tais características. Muitos autores consideram que os táxons com estas características formariam um grupo, denominado **Spiralia** (**Figura 2.12**).

Também há uma correlação entre as características embrionárias daqueles animais em que a boca se forma posteriormente, ou seja, os **deuterostomados**. Em geral, estes animais possuem uma **clivagem radial e indeterminada**, além de um **celoma enterocélico** (**Figura 2.12**). Os equinodermos (estrelas-do-mar, ouriços-do-mar, pepinos-do-mar, por exemplo) e os hemicordados (filo Hemichordata) são exemplos onde esta correlação ocorre.

Entretanto, a classificação baseada exclusivamente nestes padrões de desenvolvimento embrionário não se aplica adequadamente à totalidade dos metazoários. Os Phoronida, Bryozoa, Brachiopoda (que formam o grupo dos lofoforados) e os Nemertina são exemplos em que esta correlação não ocorre.



Ao longo deste curso, você verá com mais detalhes outras características dos grupos que formam os protostomados e também daqueles animais que não possuem celoma verdadeiro, os acelomados e pseudocelomados.

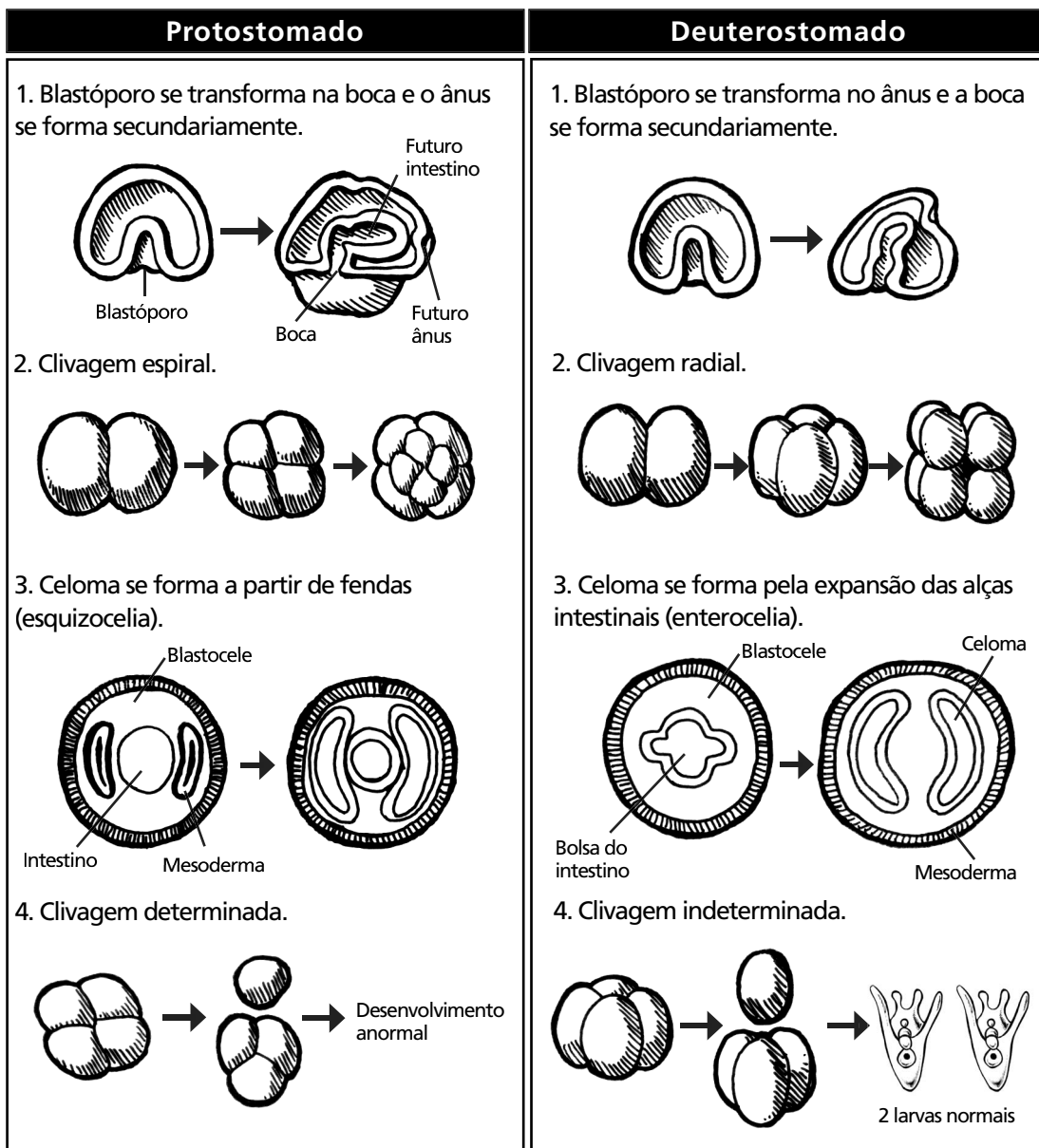


Figura 2.12: Resumo das características embrionárias dos protostomados e deuterostomados.

## RESUMO

Nesta aula, você aprendeu que existem nos animais diversos padrões de desenvolvimento embrionário que estão correlacionados em algum grau. Entretanto, apesar de sua importância, os padrões embrionários não são adequados para uma classificação geral dos animais, visto que há numerosas exceções.

Embora seja mais prudente não utilizar tais padrões na classificação, a compreensão do desenvolvimento inicial dos animais é fundamental para o reconhecimento das estruturas características de cada grupo e das diferenças entre eles.

Também foi importante entender as diferenças entre as orientações dos planos de divisão celular que definem o arranjo das células na clivagem espiral e na clivagem radial. Esses tipos de clivagem estão associados com o potencial de especialização celular (clivagem determinada ou indeterminada) e com o destino do primeiro orifício embrionário (o blastóporo).

Outra importante correlação com o tipo de clivagem é o processo de formação do mesoderma e da cavidade celômica. Geralmente, os protostomados, que possuem clivagem espiral, formam o mesoderma a partir da migração de células para as proximidades do blastóporo. O celoma é formado por fendas na massa de células mesodérmicas. Já nos deuterostomados, que têm clivagem radial, o mesoderma surge a partir do arquêntero, que forma alças que se desprendem e originam a cavidade celômica.

Os principais representantes dos protostomados são os anelídeos, os moluscos e os artrópodes. Os grupos principais que são considerados deuterostomados são os equinodermos e os cordados.

## EXERCÍCIOS

No fim do século XIX e início do século XX, tornou-se possível estudar a capacidade de desenvolvimento de células individuais isoladas dos estágios iniciais da clivagem de embriões de invertebrados marinhos, até o estágio de duas ou quatro células. Nos esquemas abaixo, encontram-se ilustradas cinco larvas de um ouriço-do-mar (plúteus) (filo Echinodermata) (**Figura 2.13**) e cinco larvas de um gastrópode (trocóforas) (filo Mollusca) (**Figura 2.14**). Na **Figura 2.13**, uma larva foi originada

de uma clivagem inalterada (a), e outras quatro foram originadas de cada célula isolada no início da clivagem (b). O tamanho relativo das larvas é real. Na Figura 2.14, a primeira larva (c) também foi originada de uma clivagem inalterada, enquanto as outras quatro foram originadas de uma ou duas células isoladas no início da clivagem (d).

Responda:

- Que característica do desenvolvimento inicial, ilustrada nesses exemplos, diferencia os dois filos? Justifique.
- A clivagem em cada caso é espiral ou radial?
- Se o experimento fosse feito com um poliqueto (filo Annelida) e uma ascídia (filo Chordata), que resultados seriam esperados? Justifique.

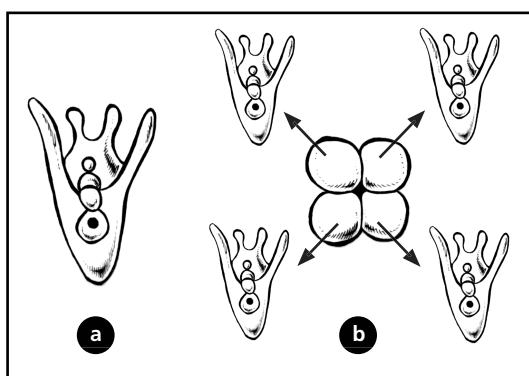


Figura 2.13

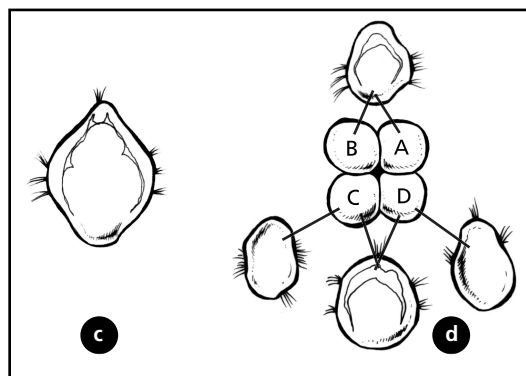


Figura 2.14

### AUTO-AVALIAÇÃO

Procure determinar se você compreendeu com clareza os seguintes tópicos desta aula:

(1) padrões de desenvolvimento embrionário nos metazoários, incluindo as variações nos planos de clivagem, no potencial de especialização celular e no destino do primeiro orifício embrionário; (2) diferentes tipos de formação da cavidade corporal. Caso você tenha compreendido esses tópicos e respondido corretamente às questões do exercício proposto, você certamente está preparado para avançar para a terceira aula.

### INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na Aula 3, estudaremos os aspectos básicos da arquitetura corporal, fisiologia e biologia dos filos Mesozoa, Placozoa e Porifera e aprenderemos sobre o posicionamento filogenético desses três grupos em relação aos demais metazoários.



## Poríferos, mesozoários e placozoários

AULA

3

### objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer os aspectos básicos da arquitetura corporal, fisiologia e biologia dos filos Mesozoa, Placozoa e Porifera.
- Discutir o posicionamento filogenético desses três filos em relação aos demais metazoários.

### Pré-requisitos

Aulas 1 e 2.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

Nas duas primeiras aulas do nosso curso, você estudou aspectos gerais da arquitetura e do desenvolvimento dos animais. A partir desta aula, o curso entra em uma nova etapa, na qual você estudará as características gerais de 23 filões de animais invertebrados, incluindo aspectos de sua morfologia, fisiologia, reprodução, comportamento e diversidade taxonômica.

A sequência de apresentação dos filões ao longo do curso procura seguir as hipóteses existentes sobre a ordem de surgimento dos táxons na filogenia do reino Animalia.

Nesta aula, nós iremos começar por três filões cujo padrão de relacionamento filogenético com os demais metazoários ainda é objeto de muita controvérsia. Esses três filões são os seguintes: Mesozoa, Placozoa e Porifera.

De tudo que você já viu sobre os animais, procure pensar se você seria capaz de enumerar algumas características desses três filões. Anote-as e depois, ao fim da aula, compare-as com o que você aprendeu.

## FILO MESOZOA

Os mesozoários são diminutos animais vermiformes marinhos (Figuras 3.1 e 3.2). Todos vivem como parasitas de invertebrados. O tamanho do corpo, na maioria dos mesozoários, varia entre 0,5 e 7mm. Os indivíduos apresentam apenas entre 20 e 30 células organizadas em duas camadas, as quais não são homólogas às camadas germinativas dos metazoários superiores (ectoderma, mesoderma e endoderma). Os mesozoários apresentam um nível extremamente simples de organização (veja nível celular, abordado na primeira aula do nosso curso).

### FILO MESOZOA

O nome Mesozoa (do grego, *mesos* = no meio + *zôon* = animal) foi estabelecido pelo zoólogo van Beneden em 1876. Ele acreditava que os mesozoários seriam um “elo perdido” entre os protozoários e metazoários.

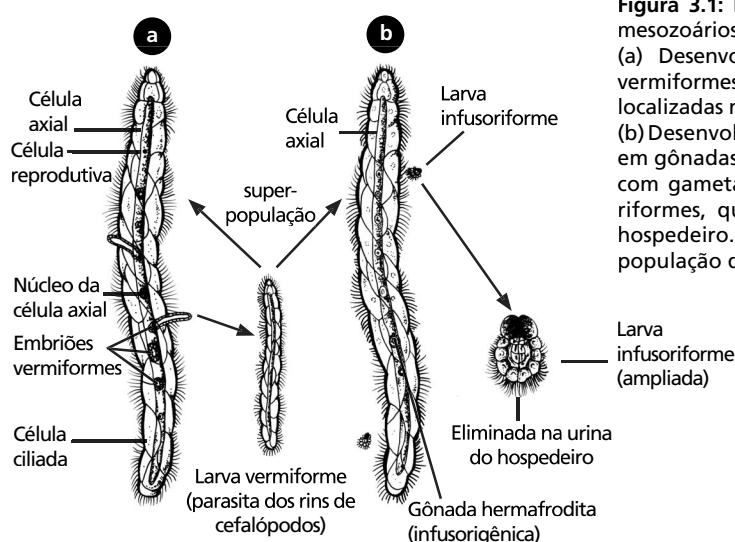
Os zoólogos reconhecem duas classes dentro do **FILO MESOZOA**: **Rhombozoa** e **Orthonectida**. Essas classes são muito diferentes entre si, de maneira que alguns pesquisadores chegam mesmo a considerá-las como filões distintos.

Os **Rhombozoa** (do grego, *rhombos* = extremidade torcida + *zôon* = animal) vivem nos rins de cefalópodos bentônicos (polvos, filo Mollusca). Os adultos, chamados **vermiformes** (ou **nematogenes**), são longos e delgados (Figura 3.1). As suas células reprodutivas internas, localizadas ao longo da célula axial, produzem larvas vermiformes, que crescem e se reproduzem assexuadamente, aumentando o tamanho das populações de parasitas.

Quando o número de indivíduos de uma população se torna muito elevado, as células reprodutivas de alguns adultos desenvolvem estruturas similares a gônadas, as quais são **HERMAFRODITAS**, produzindo gametas masculinos e femininos. Após a fecundação, os zigotos se desenvolvem em diminutas larvas ciliadas (**infusoriformes**), que são muito diferentes dos adultos (**Figura 3.1**). Essas larvas são liberadas, juntamente com a urina do cefalópodo hospedeiro, na água do mar. A parte subsequente do ciclo de vida ainda não é conhecida. Sabe-se que a larva ciliada não infecta um novo hospedeiro imediatamente após a sua liberação.

### HERMAFRODITA

Organismo que possui os órgãos reprodutores masculino e feminino. Sinônimos: monóico ou andrógino.

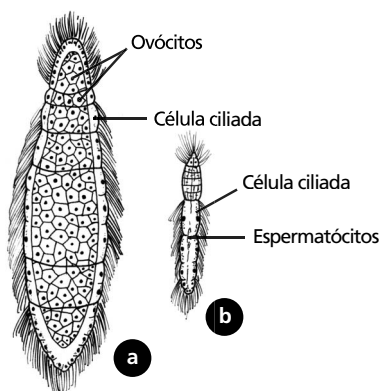


**Figura 3.1:** Duas formas de reprodução em mesozoários da classe Rhombozoa.

(a) Desenvolvimento assexuado de larvas vermiformes a partir das células reprodutivas localizadas na célula axial do adulto.

(b) Desenvolvimento das células reprodutivas em gônadas hermafroditas (infusorigênicas) com gametas que produzem larvas infusoriformes, que são eliminadas na urina do hospedeiro. Ocorre quando há uma superpopulação de parasitas.

Os **Orthonectida** (do grego, *orthos* = reto + *nektos* = natação) são parasitas de vários invertebrados marinhos, tais como ofiuróides (filo Echinodermata), bivalves (filo Mollusca) e poliquetos (filo Annelida). O ciclo de vida desses animais envolve fases sexuadas e assexuadas (**Figura 3.2**). A fase assexuada é muito diferente daquela dos rombozoários. Ela consiste de uma massa multinucleada chamada **plasmódio**, a qual, ao se dividir, origina machos e fêmeas. O corpo em ambos os sexos é formado por uma única camada de células epiteliais ciliadas, as quais envolvem uma massa interna de células sexuais.



**Figura 3.2:** (a) Fêmea e (b) macho de mesozoários da classe Orthonectida, parasitas de platelmintos, moluscos bivalves, anelídeos e ofiuróides. Estrutura composta de uma simples camada de células epiteliais ciliadas, envolvendo uma massa interna de células sexuais (ovócitos ou espermatoócitos).

## Posição filogenética do filo Mesozoa

A posição filogenética dos mesozoários em relação aos demais metazoários não é clara. Alguns zoólogos afirmam que os mesozoários poderiam ter se originado, de maneira independente dos metazoários, de protozoários ciliados. Portanto, não existiria um **GRUPO MONOFILÉTICO** incluindo apenas os mesozoários e metazoários. Em contrapartida, existem pesquisadores que afirmam que os mesozoários poderiam ser vermes achatados (filo Platyhelminthes) cujo corpo sofreu grandes modificações e reduções relacionadas à vida parasitária.

### GRUPO MONOFILÉTICO

Na Sistemática Filogenética, um grupo monofilético é aquele que, hipoteticamente, é definido por uma ou mais sinapomorfias e inclui todos os táxons descendentes de uma linhagem ancestral.

### FILO PLACOZOA

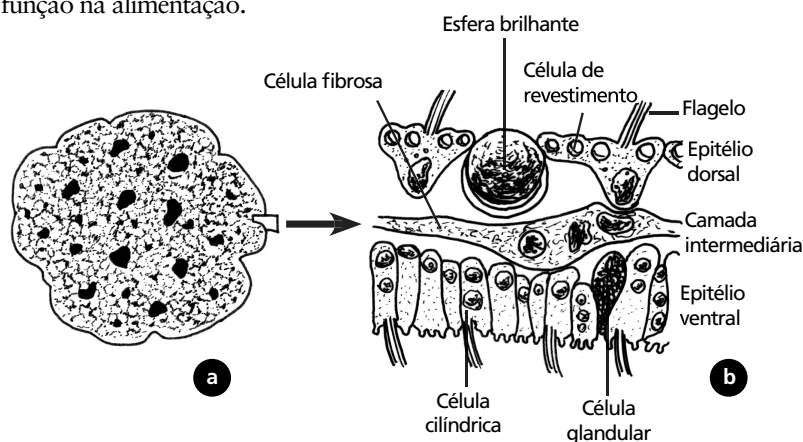
O nome Placozoa (do grego, *plax*, *plakos* = placa + *zôon* = animal) foi estabelecido pelo zoólogo Grell em 1971.

## FILO PLACOZOA

O **FILO PLACOZOA** possui uma única espécie conhecida, *Trichoplax adhaerens* (Figura 3.3). Os membros dessa espécie são pequenos animais marinhos (2-3 mm de tamanho), os quais já foram considerados por vários autores como mesozoários ou mesmo larvas de cnidários.

O corpo de *T. adhaerens* (Figura 3.3) é achatado e não possui simetria, órgãos ou sistemas muscular e nervoso. Ele é formado por: (1) um epitélio dorsal de células de revestimento e esferas brilhantes; (2) um espesso epitélio ventral contendo células monociliadas (cilíndricas) e células glandulares não-ciliadas; e (3) um espaço entre os epitélios contendo fluidos e células fibrosas.

Os indivíduos de *T. adhaerens* se posicionam sobre o alimento, liberam enzimas digestivas e absorvem os produtos digeridos. Os placozoários podem ser animais **diploblásticos**. O epitélio dorsal seria homólogo ao ectoderma, enquanto o ventral seria homólogo ao endoderma, o que explicaria a sua função na alimentação.



**Figura 3.3:** (a) *Trichoplax adhaerens*. Animal marinho achatado com 2 a 3mm de diâmetro. (b) Corte de um *T. adhaerens* mostrando a estrutura histológica.



## Posição filogenética do filo Placozoa

Assim como no caso do filo Mesozoa, a posição filogenética dos placozoários não é clara. Estudos recentes, baseados em dados moleculares, sugerem que os Placozoa poderiam ser o **grupo-irmão** do filo Cnidaria. Portanto, eles seriam, realmente, metazoários.

## FILO PORIFERA

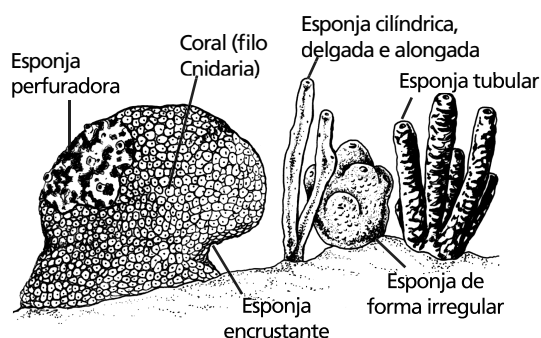
Os membros do **FILO PORIFERA** (esponjas; Figuras 3.4 e 3.7-3.9) possuem um complexo sistema de poros e canais para a filtração de alimentos presentes na água. Uma corrente de água é gerada por causa da presença de células flageladas chamadas **coanócitos**. Esse sistema também serve para conduzir o oxigênio às células corporais, assim como para eliminar os produtos da excreção e respiração.

### FILO PORIFERA

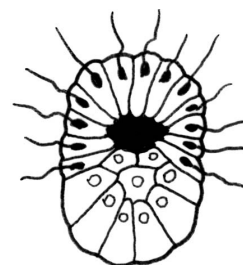
(do latim, *porus* = poro  
+ *fera* = portador).

**Associações com outros organismos.** Muitos animais (crustáceos, ácaros, moluscos, briozoários, ofiuróides e peixes, por exemplo) vivem como **comensais** ou **parasitas** dentro do corpo ou sobre as esponjas. Por outro lado, as esponjas podem crescer sobre muitos animais vivos, tais como moluscos, cracas, braquiópodos e corais. Existem caranguejos que colocam pedaços de esponjas sobre o corpo (carapaça) para **camuflagem** e proteção, já que muitos predadores consideram os poríferos impalatáveis.

Existem aproximadamente 5.000 espécies de esponjas, sendo a grande maioria marinha e umas poucas (em torno de 150) de água doce. Os adultos das esponjas são sempre fixos, estando ligados a rochas, conchas, corais ou outros objetos submersos (**Figura 3.4**). Eles também podem se desenvolver sobre a areia ou lama. Os embriões, diferentemente dos adultos, nadam ativamente, possuindo a capacidade de se dispersar (**Figura 3.5**).



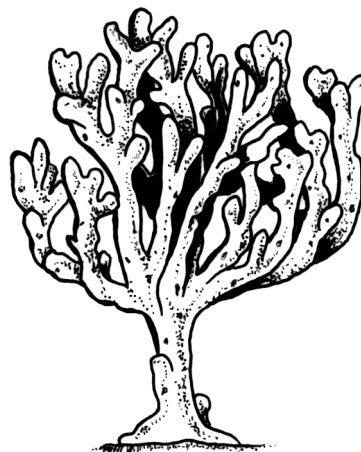
**Figura 3.4:** Alguns padrões de crescimento e formas de esponjas.



**Figura 3.5:** Larva anfiblastula das esponjas.

As esponjas não possuem tecidos verdadeiros. O corpo é formado por células situadas em uma matriz gelatinosa (**mesohilo**), sendo sustentado por um esqueleto de **espículas** calcárias ou silícicas e colágeno. As células possuem um certo grau de independência. Não há um sistema nervoso ou órgãos sensoriais. Também não existe um tubo digestivo e, conseqüentemente, aberturas homólogas à boca ou ao ânus de outros metazoários. O processo de digestão é intracelular.

O tamanho do corpo nos poríferos varia desde formas diminutas, com apenas alguns milímetros, até espécies que podem ter dois metros de largura. Muitas espécies têm cores brilhantes, que são geradas por pigmentos localizados nas células dermais (**pinacócitos**). Esponjas de cor verde, laranja, amarela ou púrpura são comuns. Muitas esponjas possuem simetria radial, mas a maior parte das espécies apresenta formas bastante irregulares (assimétricas) (**Figura 3.6**). O corpo pode ser ereto, por vezes com ramificações ou lobos, ou baixo e achatado. Existem esponjas que se desenvolvem no interior de cavidades, produzindo aberturas em rochas ou conchas. O padrão de crescimento dos poríferos está relacionado à forma do substrato, assim como à direção e velocidade das correntes de água e à disponibilidade de espaço. Portanto, a forma do corpo de uma espécie pode variar bastante, de acordo com diferentes características ambientais.



**Figura 3.6:** Uma esponja assimétrica.

Os poríferos atuais são tradicionalmente divididos em três classes: **Calcarea** (com espículas calcárias) (**Figura 3.7**), **Hexactinellida** (com espículas silícicas de seis ramos) (**Figura 3.8**) e **Demospongiae** (com espículas silícicas, ou com um tipo especializado de colágeno chamado **espongina**, ou ambos) (**Figura 3.9**). Uma quarta classe, **Sclerospongiae**, foi criada para abrigar as esponjas com um esqueleto calcário fortemente desenvolvido e espículas silícicas. Entretanto, existem zoólogos que acreditam que a classe **Sclerospongiae** não é um grupo monofilético. As espécies incluídas nessa classe seriam, na verdade, membros dos **Calcarea** ou **Demospongiae**.



Figura 3.7: *Leucosolenia*, classe Calcarea.

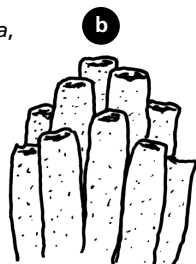


Figura 3.9: (a) *Poterion* e (b) *Callyspongia*, classe Demospongiae.

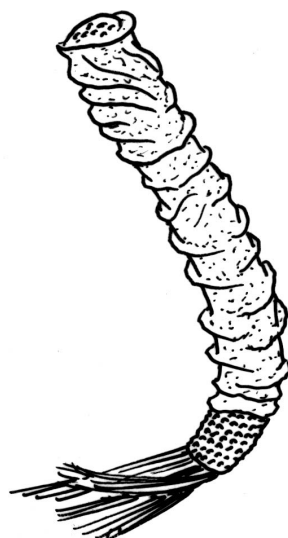


Figura 3.8: *Euplectella*, classe Hexactinellida.

## Estrutura do corpo no filo Porifera

Como você já sabe, as esponjas não possuem uma boca ou um ânus verdadeiros. As aberturas corporais desses animais são **poros**. Existem vários poros pequenos, chamados **óstios**, que servem para a entrada de água, e alguns poros grandes, chamados **ósculos**, para a saída de água (Figura 3.10). Um **sistema de canais** realiza a conexão entre os óstios e ósculos. Muitos desses canais são revestidos internamente por células flageladas com colarinho chamadas **coanócitos** (Figuras 3.10 e 3.11). Os flagelos dessas células produzem correntes de água que circulam pelos canais. Além de produzirem essas correntes, os coanócitos também são responsáveis pela retenção e **FAGOCITOSE** de partículas de alimento presentes na água (Figura 3.11).

**ÓSTIO** vem do latim *ostium*, que significa porta (da casa, por exemplo). Daí o sentido de orifício de entrada.

Já **ÓSCULO** vem do latim *osculum* = boca pequena. Daí a idéia de "saída", pois este termo usualmente significa beijo.

### FAGOCITOSE

Ingestão e digestão de uma partícula sólida ou de um microorganismo por uma célula.

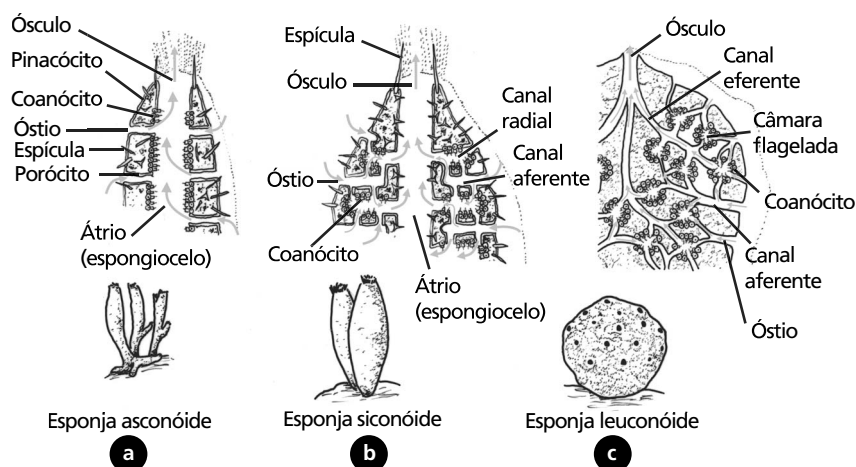
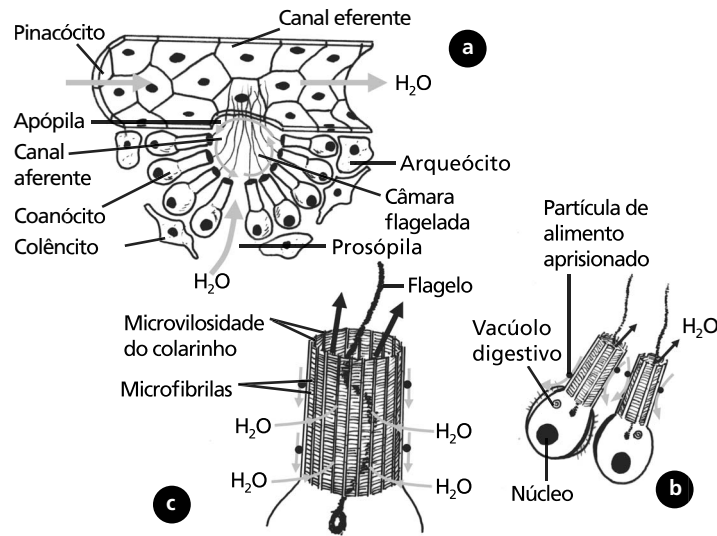


Figura 3.10: Três tipos de esponja. Observa-se um dobramento progressivo da parede do corpo das esponjas mais simples: (a) asconóides, para as mais complexas, (b) siconóides e (c) leuconóides. Os coanócitos deixam de revestir o átrio (ou espongiocelo) e passam a ficar em canais radiais e câmaras flageladas. As invaginações da epiderme formam os canais aferentes. O tipo leuconóide, considerado o mais complexo, permite uma circulação mais eficiente da água e com isso os indivíduos podem atingir tamanhos maiores.

**Figura 3.11:** Aprisionamento de partículas de alimento por células de esponjas: (a) corte mostrando a estrutura celular e a direção do fluxo da água. A corrente de água é produzida pelo batimento do flagelo dos coanócitos, que suga a água para o interior da câmara flagelada através das pequenas prosópilas localizadas entre as bases dos coanócitos. A água levada ao centro da câmara flagelada sai pela apópila, atingindo então o canal eferente. As correntes de água produzidas pelos coanócitos são responsáveis pela obtenção de alimento, além das trocas gasosas, remoção de detritos e transporte de gametas. (b) Partículas de alimento sendo aprisionadas pelos coanócitos. Fluxo da água em direção ao centro da câmara flagelada. Alimento encaminhado para a base do colarinho do coanócito. (c) Detalhe do colarinho do coanócito, mostrando fluxo da água e caminho do alimento.



Três tipos básicos de sistema de canais são reconhecidos nas esponjas: **asconóide**, **siconóide** e **leuconóide** (Figura 3.10). As esponjas asconóides apresentam o tipo mais simples de organização (Figura 3.10.a). A água passa através de poros dérmicos microscópicos e chega a uma grande câmara chamada **átrio**, sendo liberada por um único ósculo de grande tamanho. O átrio é revestido por coanócitos cujos flagelos geram a corrente de água que atravessa o corpo da esponja. Esponjas do tipo asconóide são encontradas apenas na classe Calcarea (Figura 3.7).

As esponjas do tipo siconóide possuem uma arquitetura corporal similar, porém mais complexa, que aquela das asconóides. Nas siconóides (Figura 3.10.b), a parede do corpo é mais espessa e complexa, estando presentes **canais radiais** revestidos por coanócitos. Os canais radiais se abrem no átrio, o qual é revestido por células de aspecto epitelial. Um único ósculo está presente. Esponjas do tipo siconóide são encontradas nas classes Calcarea (Figura 3.7) e Hexactinellida (Figura 3.8).

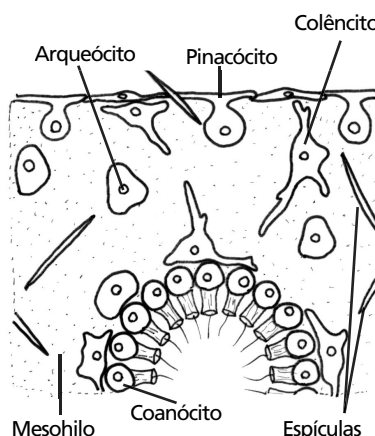
As esponjas do tipo leuconóide são as mais complexas. Nas leuconóides (Figura 3.10.c), estão presentes numerosas **câmaras flageladas** ou **de coanócitos**, nas quais desembocam canais provenientes de poros dérmicos e das quais partem canais que se abrem em numerosos ósculos. A maior parte das esponjas é do tipo leuconóide, o qual está presente em todas as classes (Figuras 3.7-3.9).

Os três tipos de sistema de canais (asconóide, siconóide e leuconóide) constituem diferentes níveis de organização (Figura 3.10). O bombeamento de água e, conseqüentemente, a alimentação tornam-se mais eficientes com o aumento de complexidade.

O sistema leuconóide de organização evoluiu, independentemente, várias vezes na filogenia das esponjas. O padrão leuconóide possui, claramente, grande valor adaptativo, pois ele permite um aumento das superfícies flageladas em relação ao volume da esponja. Assim, o processo de obtenção de alimentos se torna mais eficiente.

### Tipos de células das esponjas

As células das esponjas se localizam em uma matriz gelatinosa chamada **mesohilo** (Figura 3.12). Elas serão brevemente tratadas a seguir. O mesohilo possui uma função similar àquela do tecido conjuntivo de outros animais.



**Figura 3.12:** Corte da parede do corpo de uma esponja mostrando quatro tipos celulares.

1) **Pinacócitos** (Figura 3.12). Células delgadas, achatadas, de aspecto epitelial, que revestem a superfície externa, e também algumas superfícies internas, dos poríferos. As áreas revestidas por pinacócitos recebem o nome de **pinacoderme**. Esta é a parte do corpo de uma esponja que mais se assemelha a um tecido verdadeiro, pois as células se organizam para realizar uma função específica.

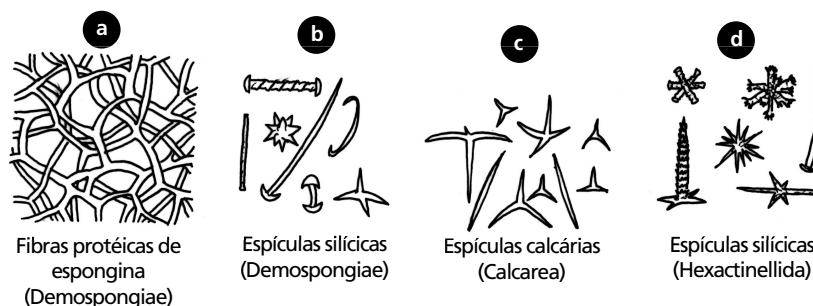
2) **Miócitos**. Células com capacidade de contração. Sua função é similar àquela das fibras musculares de outros metazoários. São derivadas dos pinacócitos. Frequentemente, os miócitos se organizam em feixes circulares em torno dos óstios e ósculos. Eles podem aumentar ou diminuir o tamanho desses poros, auxiliando assim na regulação da intensidade do fluxo de água.

3) **Coanócitos** (Figuras 3.10, 3.11 e 3.12). Revestem os canais e câmaras flagelados. São células de aspecto ovóide, as quais apresentam na extremidade exposta, voltada para os canais e câmaras, um flagelo circundado por um **colarinho**. Este é formado por **microvilosidades** adjacentes conectadas por delicadas microfibrilas. O colarinho é a estrutura de filtração das esponjas. As partículas de alimento nele retidas são envolvidas por uma substância mucosa secretada pelo coanócito, deslizam para baixo e são fagocitadas pelo corpo celular. A água atravessa o colarinho por causa da movimentação do flagelo. As áreas revestidas por coanócitos recebem o nome de **coanoderme**.

4) **Arqueócitos** (Figura 3.12). Células amebóides que se movem pelo mesohilo, onde exercem uma série de funções. Os arqueócitos recebem as partículas fagocitadas pelos coanócitos e realizam a **digestão intracelular**, transmitindo o alimento processado para as demais partes do corpo. Eles podem ainda se diferenciar nos seguintes tipos celulares das esponjas: **esclerócitos** (responsáveis pela secreção das espículas), **espongócitos** (secreção de fibras de espongina), **colêncitos** e **lofócitos** (ambas secretam colágeno).

### Tipos de esqueletos das esponjas

O esqueleto possui o importante papel de estabilizar o corpo dos poríferos, evitando assim o colapso dos canais e câmaras por onde circula a água. Diferentes elementos estão presentes no esqueleto. O **colágeno** é encontrado na matriz em todas as classes. Em vários membros da classe Demospongiae, ocorre a secreção de um tipo especial de colágeno chamado **espongina** (Figura 3.13.a). Vários tipos de espongina, que diferem pela composição química e forma, são encontrados nas esponjas da classe em questão: **fibras**, **espículas**, **filamentos** e **espongina envolvendo espículas**. Os Demospongiae também secretam espículas silícicas (Figura 3.13.b). Na classe Calcarea, estão presentes espículas, de um, três ou quatro raios, compostas principalmente por carbonato de cálcio cristalino (Figura 3.13.c). Na classe Hexactinellida, as espículas são silícicas e possuem seis raios (Figura 3.13.d).



**Figura 3.13:** Composição do esqueleto das esponjas. Diferentes tipos de espículas.

### Fisiologia das esponjas

Como você já sabe, as esponjas se alimentam de partículas suspensas na água, a qual é bombeada por um complexo sistema de canais (Figura 3.10). Algumas esponjas, de maior tamanho, podem filtrar até 1.500 litros de água em um único dia. **Organismos planctônicos, bactérias e detritos contendo material orgânico estão entre os principais itens alimentares.** O tamanho desses itens varia entre 0,1  $\mu\text{m}$  (espaço entre as microvilosidades do colarinho de um coanócito) e 50  $\mu\text{m}$  (diâmetro médio de um óstio).

#### MICRÔMETRO ( $\mu\text{m}$ )

Um micrômetro corresponde à milésima parte do milímetro.

A maioria das partículas alimentares de maior tamanho é ingerida por meio de **fagocitose** pelos arqueócitos, os quais se deslocam pelo sistema de canais. Pinacócitos podem fagocitar partículas alimentares grandes que se depositam sobre a superfície do corpo. **As partículas de menor tamanho, contendo aproximadamente 80% do carbono orgânico ingerido, são fagocitadas pelos coanócitos.** As esponjas podem também absorver nutrientes dissolvidos na água que passa pelos canais. Os coanócitos podem obter moléculas protéicas por meio de processos de **pinocitose**. A digestão é intracelular e, até onde se sabe, realizada pelos arqueócitos (**Figura 3.12**). Os coanócitos transmitem as partículas alimentares aos arqueócitos para que seja realizada a digestão.

Os poríferos não possuem órgãos respiratórios ou excretores. Essas funções, aparentemente, ocorrem por meio de difusão nas células. **Vacúolos contráteis** são encontrados nos coanócitos e arqueócitos das esponjas de água doce.

Além da propulsão de água, as únicas atividades e respostas percebíveis das esponjas são leves alterações na forma do corpo e a abertura e o fechamento dos diversos poros. Tais atividades se processam de maneira bastante lenta. A resposta mais comum é o fechamento dos ósculos. Um sistema nervoso aparentemente não está presente nos poríferos, sendo os estímulos para as atividades e respostas provavelmente transmitidos de uma célula à outra. É possível também que a coordenação entre as células seja gerada por substâncias transportadas pelas correntes de água.

## Reprodução

Os poríferos se reproduzem tanto assexuadamente quanto sexuadamente. A reprodução assexuada se processa por meio da formação de **brotos** ou pela **regeneração** após eventos de fragmentação. **Brotos externos**, após atingirem um certo tamanho, podem se desprender do indivíduo que os originou e se afastar para formar uma nova esponja. Contudo, eles podem também permanecer ligados ao indivíduo parental, o que resulta na formação de uma **colônia**.

Esponjas de água doce, e também algumas espécies marinhas, produzem **brotos internos** ou **gêmulas** (**Figura 3.14**). Essas estruturas são constituídas por arqueócitos, os quais formam, no mesohilo parental, uma massa compacta envolvida por uma espessa camada de espongina contendo espículas.

Os brotos são corpos de resistência, podendo preservar uma população, após a morte dos adultos, durante períodos de congelamento ou seca extrema. Ao término desses períodos inadequados para os adultos, os arqueócitos escapam da gêmula, através de uma abertura chamada micrópila, e formam novas esponjas. Os arqueócitos da gêmula possuem a capacidade de originar todos os tipos celulares da nova esponja. A formação de gêmulas nas esponjas de água doce permite que as populações resistam às variações que ocorrem em ambientes instáveis, assim como a sua sobrevivência ao longo das diferentes estações do ano. As gêmulas também podem ser utilizadas para a colonização de novos habitats. Elas podem se dispersar, sendo transportadas pela correnteza de rios ou por animais. Nas esponjas marinhas, as gêmulas podem ser uma adaptação para a sobrevivência de populações, ao longo do inverno, nas regiões mais geladas do planeta.

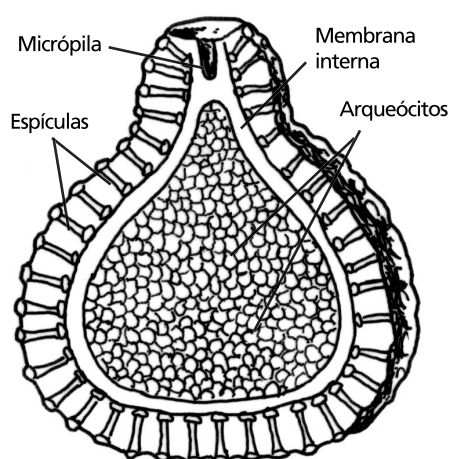
Na reprodução sexuada, a maioria das espécies de poríferos é **monóica**. O **esperma** se origina por meio de transformações dos coanócitos. Nos *Calcarea* e em alguns *Demospongiae*, **oócitos** também se desenvolvem a partir dos coanócitos. Em membros da última classe, os oócitos podem também, aparentemente, se desenvolver a partir dos arqueócitos.

A maioria das esponjas é **vivípara**. Após a fertilização, o **zigoto** permanece retido no

corpo parental, do qual ele obtém alimento. Posteriormente, uma **larva ciliada** é liberada. Nessas esponjas, o **esperma** é liberado na água por um indivíduo e entra no sistema de canais de outros. Os coanócitos, então, fagocitam o **esperma** e se transformam em células transportadoras.

Eles conduzem os gametas masculinos, através do mesohilo, para os oócitos. Existem também poríferos **ovíparos**. Neste caso, os oócitos e o **esperma** são liberados na água, onde se processa a fecundação.

A maioria das esponjas possui uma larva de vida livre chamada **parenquímula** (Figura 3.15). Essa larva possui o corpo compacto e uma série de células flageladas voltadas para fora. Após a fixação da **parenquímula** no substrato, as células flageladas migram para o interior do corpo e se transformam em coanócitos nas câmaras flageladas (Figura 3.15).



**Figura 3.14:** Corte da gêmula de uma esponja de água doce. Gêmulas representam mecanismos de sobrevivência durante o inverno, quando as condições são adversas. Com o retorno de condições favoráveis, os arqueócitos saem através da micrópila para formar novas esponjas. Os arqueócitos originam todos os tipos celulares da nova esponja.

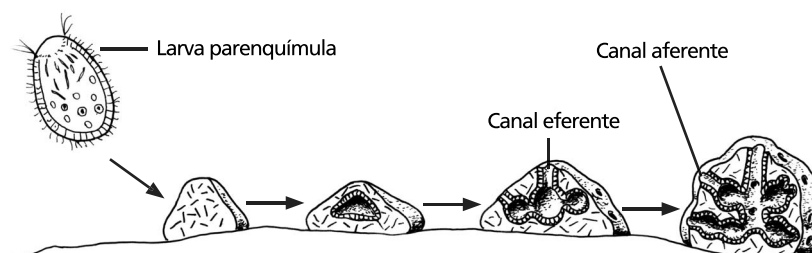
#### VIVÍPARO

Animais vivíparos são aqueles nos quais o zigoto se desenvolve no interior do corpo parental, do qual ele recebe nutrientes.

#### OVÍPARO

Nos animais ovíparos, o zigoto se desenvolve no interior de um ovo, o qual contém material nutritivo (vitelo).



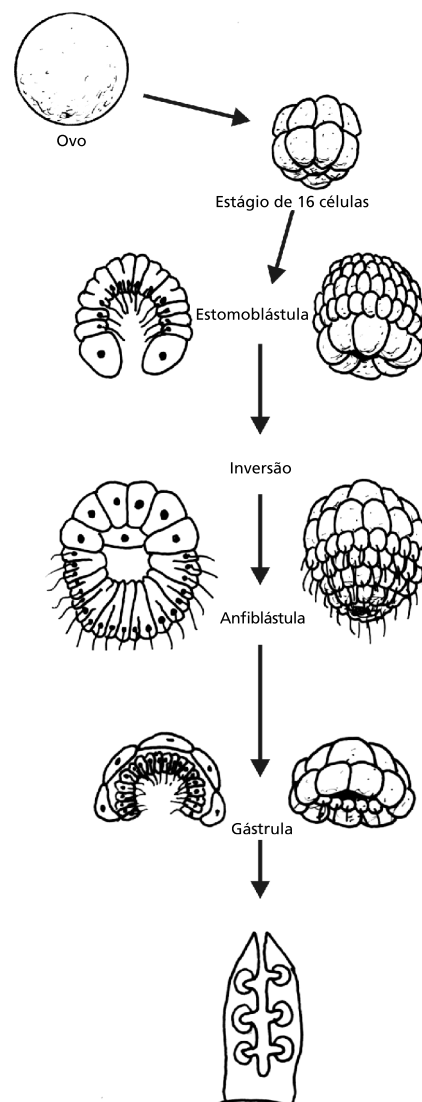


**Figura 3.15:** Desenvolvimento de esponjas leuconóides (Demospongiae).

Os Calcarea e alguns Demospongiae apresentam em seu desenvolvimento uma blástula oca, chamada **estomoblástula** (Figura 3.16), que possui células flageladas voltadas para dentro. Posteriormente, ocorre uma inversão na forma do embrião, que resulta no posicionamento para fora das células flageladas. Essa fase, denominada **anfibrástula**, passa a ter duas áreas distintas. Células flageladas (**micrômeros**) se posicionam em uma extremidade e células não-flageladas, maiores, se localizam na outra extremidade (**macrômeros**). Diferentemente do que ocorre nos embriões de outros metazoários, os micrômeros migram para o interior e são envolvidos pelos macrômeros (Figura 3.16). Os primeiros se transformam nos coanócitos, arqueócitos e colêncitos da nova esponja. Os segundos originam os pinacócitos e esclerócitos.

### Posição filogenética do filo Porifera

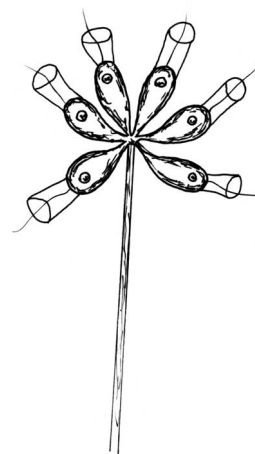
Existem hipóteses conflitantes sobre a origem das esponjas. Uma primeira possibilidade é a origem do filo **Porifera** a partir de protozoários coanoflagelados ancestrais. Tal origem seria independente daquela dos demais Metazoa. Os protozoários coanoflagelados (classe Zoomastigophorea, ordem Choanoflagellida) se organizam em colônias e as suas células, de maneira similar àquelas das esponjas, possuem colarinhos e flagelos (Figura 3.17). A similaridade na estrutura celular indicaria que as esponjas se originaram dos coanoflagelados. Entretanto, os críticos dessa hipótese argumentam que as células das esponjas adquirem os seus colarinhos em fases avançadas do desenvolvimento embriológico. Essas estruturas, portanto, não seriam homólogas àquelas dos protozoários.



**Figura 3.16:** Desenvolvimento de esponjas siconóides (Calcarea).

As células externas das larvas das esponjas possuem flagelos, mas não colarinhos. Os últimos só aparecem quando as células se tornam internas. Além disso, células com colar também estão presentes em corais e equinodermos, não sendo uma exclusividade das esponjas.

Uma segunda possibilidade é a existência de uma relação de grupos irmãos entre os coanoflagelados e todos os Metazoa, com o último táxon incluindo o filo Porifera. Essa hipótese é sustentada por estudos filogenéticos realizados com base em seqüências de **DNA RIBOSSOMAL**. As esponjas e os demais metazoários teriam, portanto, um ancestral exclusivo, não compartilhado com os protozoários coanoflagelados. Elas seriam uma linhagem que se originou cedo na filogenia dos metazoários, antes do surgimento dos Radiata e Placozoa.



**Figura 3.17:** Uma colônia de um protozoário coanoflagelado. Observe as células com colarinho e flagelo, similares aos coanócitos das esponjas.

#### DNA

##### RIBOSSOMAL

Parte do genoma nuclear que contém as informações para a produção dos ribossomos, organelas citoplasmáticas onde ocorre a tradução do RNA mensageiro. O DNA ribossomal, aparentemente, possui uma lenta taxa de evolução. Portanto, ele pode ser útil para o estudo de relações entre grandes grupos de animais, como filos e classes.

### Classificação do filo Porifera

**Classe Calcarea** (do latim, *calcis* = cal) (**Figura 3.7**). As esponjas dessa classe possuem espículas de carbonato de cálcio, as quais podem ser simples (em forma de agulha) ou apresentar três ou quatro raios (**Figura 3.13.c**). As espículas, freqüentemente, formam um pente em torno do ósculo. Os três tipos de sistema de canais (asconóide, siconóide e leuconóide) estão presentes nessa classe. Todas as espécies são marinhas. Exemplos de gêneros incluídos: *Sycon* e *Leucosolenia*.

**Classe Hexactinellida** (do grego, *hex* = seis + *aktis* = raio +, do latim, *-ellus* = sufixo diminutivo) (**Figura 3.8**). As esponjas dessa classe, freqüentemente, apresentam o corpo cilíndrico ou em forma de funil. As espículas são de sílcio, possuem seis raios (**Figura 3.13.d**), e usualmente se agrupam, o que resulta na formação de uma rede. Os arranjos siconóide e leuconóide estão representados na classe em questão. Todas as espécies são marinhas, muitas vivendo em águas bastante profundas. Exemplos de gêneros incluídos: *Euplectella* e *Hyalonema*.

**Classe Demospongiae** (do grego, *demos* = povo + *spongos* = esponja) (**Figura 3.9**). Nos membros dessa classe, o esqueleto é formado por espículas silícicas, ou espongina, ou ambas (**Figuras 3.13.a, b**). O sistema de canais é do tipo leuconóide. Os membros da

família Spongillidae ocorrem na água doce. As demais famílias são marinhas. Exemplos de gêneros incluídos: *Thenea*, *Cliona*, *Spongilla*, *Myenia*, assim como todas as esponjas de banho.

## RESUMO

Nesta aula, você estudou os filos **Mesozoa**, **Placozoa** e **Porifera**. Os Mesozoa são animais com uma organização corporal bastante simples; são parasitas de moluscos cefalópodos ou de vários outros grupos de invertebrados marinhos. Eles apresentam apenas duas camadas de células e seu ciclo de vida é bastante complexo.

O filo Placozoa possui apenas uma espécie, *Trichoplax adhaerens*, um pequeno animal marinho, cujo corpo é achatado, apresentando, assim como no caso dos Mesozoa, duas camadas.

O filo Porifera (esponjas) é um grupo muito mais diversificado que os anteriores. Aproximadamente 5.000 espécies são conhecidas, todas aquáticas, sendo a grande maioria marinha. As esponjas são consideradas como um exemplo da evolução inicial da multicelularidade. As principais características desse filo são:

- 1) corpo formado por um agregado não-coeso de células de origem mesenquimal; com **poros (óstios)**, **canais** e **câmaras** que servem para a passagem de água; simetria radial ou sem simetria;
- 2) epiderme formada por **pinacócitos** achatados; maior parte das superfícies internas revestidas por células flageladas com colarinho chamadas **coanócitos**, as quais criam correntes de água; **amebócitos** de vários tipos e elementos esqueléticos estão contidos em uma matriz protéica gelatinosa chamada **mesohilo (mesoglêia)**;
- 3) estrutura esquelética formada por **colágeno fibrilar** (uma proteína) e por **espículas** cristalinas calcárias ou silícicas, as quais estão freqüentemente combinadas com **colágeno (espongina)**;
- 4) não possuem órgãos ou tecidos verdadeiros;
- 5) todos os adultos são sésseis e fixos ao substrato;
- 6) a reprodução assexuada ocorre através da produção de **brotos** ou **gêmulas**; a reprodução sexuada envolve a produção de **ovos** e **esperma** e o conseqüente desenvolvimento de uma **larva ciliada** de vida livre.

As esponjas podem ter se originado a partir de protozoários coanoflagelados ancestrais. Tal origem seria independente daquela dos demais Metazoa. Uma outra hipótese é a existência de uma relação de grupos irmãos entre os coanoflagelados e todos os Metazoa, com o último táxon incluindo o filo Porifera.

### EXERCÍCIOS

1. Descreva o plano do corpo nos filos Mesozoa e Placozoa.
2. Mencione dez características do filo Porifera.
3. Descreva, brevemente, os tipos de corpo asconóide, siconóide e leuconóide das esponjas. Qual deles seria o mais eficiente para a obtenção de alimento? Justifique a sua resposta.
4. Descreva sucintamente o sistema de canais, as câmaras flageladas e os coanócitos de uma esponja.
5. Como as esponjas respiram e eliminam os excretas?
6. Quais são as hipóteses sobre os possíveis ancestrais das esponjas?

### AUTO-AVALIAÇÃO

Procure determinar se você compreendeu com clareza os seguintes tópicos desta aula: (1) características gerais (arquitetura corporal, fisiologia e biologia) dos filos Mesozoa, Placozoa e Porifera; (2) hipóteses sobre o posicionamento filogenético desses três filos. Caso você tenha compreendido esses tópicos, e respondido corretamente às questões propostas nos exercícios, você certamente está preparado para avançar para a quarta aula.

### INFORMAÇÃO SOBRE AS PRÓXIMAS AULAS

Nas próximas duas aulas, você estudará o filo Cnidaria, que inclui as anêmonas, medusas, corais e formas relacionadas, e o filo Ctenophora.

## Cnidários e ctenóforos I

AULA

4

### objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer as principais características dos filos Cnidaria e Ctenophora.
- Conhecer as características básicas da arquitetura corporal, da fisiologia e da biologia do filo Cnidaria.

### Pré-requisitos

Aulas 1, 2 e 3.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

Noções básicas de diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

Nesta aula, você vai aprender vários aspectos interessantes sobre a estrutura e o funcionamento do corpo de animais pertencentes ao filo Cnidaria. Também lhe apresentaremos, brevemente, ao filo Ctenophora, que abordaremos mais detalhadamente na próxima aula.

Afinal de contas, quem são esses animais de nomes tão estranhos? Certamente, você já ouviu falar alguma coisa sobre as águas-vivas, as anêmonas-do-mar ou sobre os corais que formam os recifes costeiros. Pois bem, são esses os personagens principais desta nossa aula.

Inicialmente, será preciso esclarecer que as águas-vivas, medusas ou corais são nomes populares. Na verdade, esta denominação abrange diferentes grupos de animais e, portanto, não corresponde exatamente à classificação zoológica utilizada atualmente, como veremos adiante.

### SIMETRIA RADIAL

Quando o corpo do animal pode ser dividido em metades similares por mais de dois planos passando pelo seu centro, que forma o eixo longitudinal.

### SIMETRIA BILATERAL

Quando o corpo pode ser dividido, ao longo do plano mediano, em duas porções equivalentes, gerando duas metades (direita e esquerda).

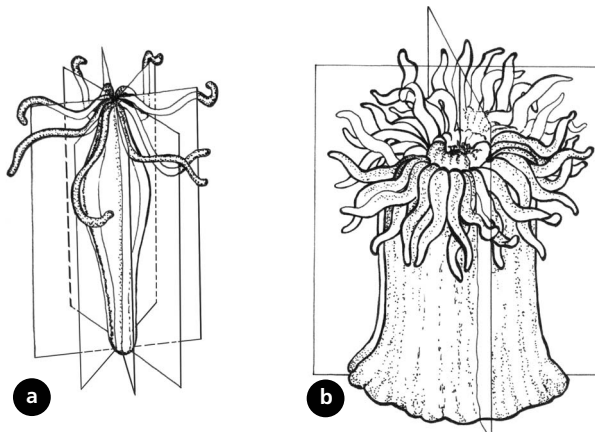
### RADIATA E BILATERIA

Embora estes dois grupos não sejam considerados categorias taxonômicas (como filo, classe, ordem, família, gênero e espécie), sua utilização entre os zoólogos ainda é comum e útil, apesar das controvérsias. Aqui, vale a pena dar uma parada para rever o assunto no curso Introdução à Zoologia, Módulo 1.

## Forma e estrutura do corpo

Os animais dos filos Cnidaria e Ctenophora são mais complexos que as esponjas (filo Porifera) que você estudou na aula anterior. Entretanto, ainda são organismos muito simples. Eles possuem uma **SIMETRIA RADIAL** e, por isso, constituem o grupo **RADIATA**. Você já estudou esse assunto na Aula 1, mas lembrar nunca é demais. Outros animais, que são a maioria entre os metazoários, possuem uma **SIMETRIA BILATERAL** e formam o grupo **BILATERIA** (como os anelídeos, moluscos e crustáceos, por exemplo).

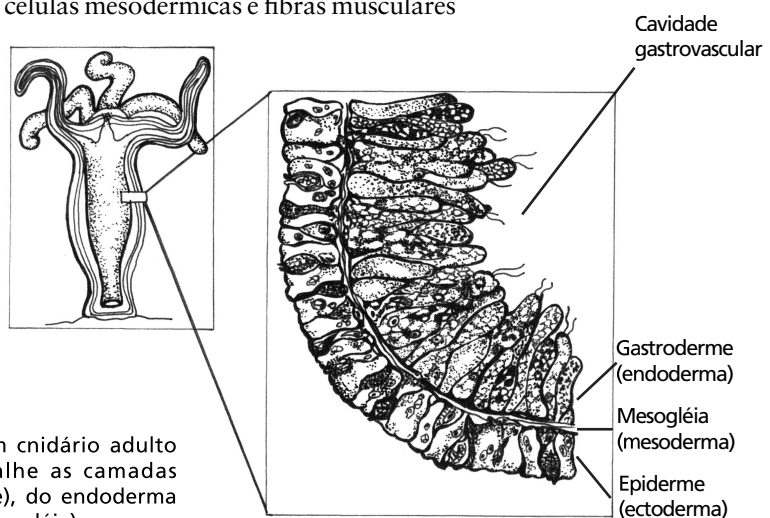
Nos Radiata, há dois tipos de simetria radial. Os Cnidaria possuem uma **simetria radial primária**, na qual as partes do corpo estão arranjadas de forma concêntrica, em torno do eixo que passa pela boca (eixo oral-aboral). Assim, podem-se identificar vários planos de simetria, ou seja, pode-se dividir o animal em duas partes iguais, a partir de vários eixos que passam pelo centro do corpo (onde está a boca) (**Figura 4.1.a**). Esse arranjo é particularmente vantajoso para organismos sésseis (fixos), sedentários ou que flutuam livremente na água, pois permite que o ambiente seja igualmente percebido por todos os lados do animal. Já os Ctenophora possuem uma **simetria birradial**, na qual apenas dois planos de simetria (que passam pelo centro do corpo) dividem o animal em duas partes iguais. Nesse caso, a presença de alguma estrutura única ou estruturas pareadas impede que o corpo seja dividido em mais do que duas partes iguais. Esse arranjo corporal também é encontrado em algumas anêmonas-do-mar (**Figura 4.1.b**).



**Figura 4.1:** Exemplos de simetria radial em *Hydra* (a) e simetria birradial em uma anêmona-do-mar (b).

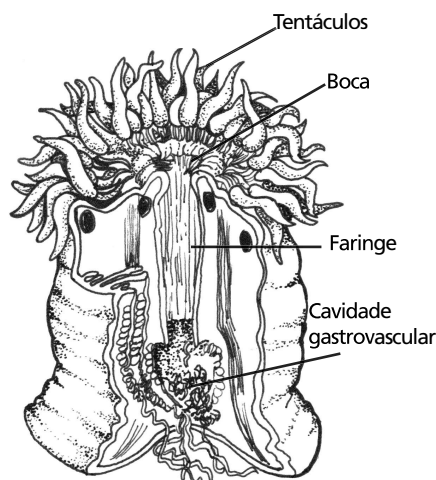
Nenhum representante dos dois filos alcançou um nível de organização mais complexo que o **nível celular-tissular**, que corresponde à agregação de células similares em camadas definidas, formando tecidos. Este assunto também já foi estudado por você na Aula 1. Vale a pena dar uma pausa aqui para rever os níveis de organização dos animais. Mas volte logo, pois ainda temos muitas coisas interessantes para aprender.

Dando seqüência ao estudo dos dois filos, ambos possuem duas camadas de folhetos embrionários bem definidas, o **ectoderma** e o **endoderma**. Uma terceira camada, o **mesoderma** (que é derivada do ectoderma) está presente em algumas espécies. A parede corporal de um animal adulto é formada tipicamente por duas camadas de células, a **epiderme** e a **gastroderme** (Figura 4.2). A epiderme é derivada do ectoderma, enquanto a gastroderme surge a partir do endoderma. Entre essas duas camadas, há uma matriz gelatinosa denominada **mesoglêia** (Figura 4.2). Ela pode ser composta tanto por células mesodérmicas e fibras musculares como por poucas células e fibras ou mesmo não possuir qualquer estrutura viva. É a mesoglêia que dá o aspecto transparente e gelatinoso às medusas e ctenóforos, popularmente conhecidos como águas-vivas.



**Figura 4.2:** Parede corporal de um cnidário adulto (*Hydra* sp.), mostrando no detalhe as camadas derivadas do ectoderma (epiderme), do endoderma (gastroderme) e do mesoderma (mesoglêia).

A forma do corpo dos cnidários e ctenóforos é semelhante a um saco (saculiforme), onde há uma única cavidade (cavidade gastrovascular) e uma única abertura (a boca) (Figura 4.3). Assim sendo, o alimento é ingerido pela boca, digerido na região da cavidade gastrovascular e os restos são eliminados pela mesma abertura de entrada, ou seja, a boca. A **digestão extracelular** (isto é,



**Figura 4.3:** Estrutura corporal em forma de saco (saculiforme) de uma anêmona-do-mar, onde a única abertura é a boca.

fora das células) ocorre no interior da cavidade gastrovascular. Este tipo de digestão permite o aproveitamento de alimentos relativamente grandes. Também ocorre a **digestão intracelular**, no interior das células da gastroderme.

### Locomoção e hábito alimentar

Muitos cnidários e todos os ctenóforos vivem livremente na coluna d'água. A locomoção ocorre por intermédio de contrações de músculos da parede corporal. Entretanto, o deslocamento não é suficiente para produzir uma locomoção direcionada e contínua, limitando as espécies ao movimento preponderante das massas d'água como correntes e ondas.

A maioria dos cnidários e ctenóforos possui estruturas filamentosas de comprimento variado em torno da boca, denominadas **tentáculos**. Eles auxiliam na captura de outros animais que são, geralmente, seus alimentos. Portanto, esses animais de pouca complexidade são eficientes predadores, capazes de se alimentar de outros animais muito mais complexos e ágeis.

**Mas como esses animais simples, incapazes de perseguir suas presas, podem ser predadores eficientes?** Três características principais são responsáveis por isso:

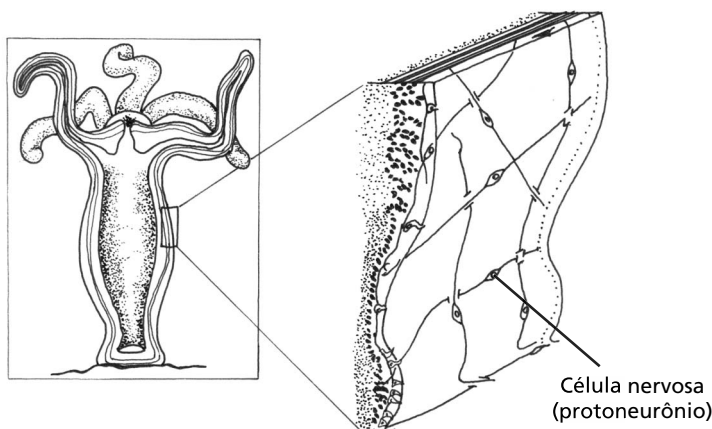
- presença de células nervosas;
- presença de estruturas sensoriais;
- presença de células especiais para capturar e imobilizar as presas.



## Células nervosas

Os cnidários e ctenóforos são os organismos mais simples que possuem células nervosas (os **protoneurônios**). Essas células estão dispostas em forma de rede ao longo da parede corporal (**Figura 4.4**) e não há qualquer concentração nervosa, formando um gânglio ou um cérebro. Esse sistema nervoso difuso está associado a estruturas sensoriais eficientes: os **estatocistos**, que conferem equilíbrio; os **ocelos**, sensibilidade à luz. Além disso, os cnidários possuem células especiais (os **cnidócitos**) que injetam toxinas imobilizantes nas presas. Os ctenóforos possuem organelas adesivas (os **coloblastos**) que auxiliam na captura das presas.

Os cnidócitos, coloblastos e as **placas ciliares em forma de pentes** (características dos ctenóforos) são estruturas exclusivas desses dois filos.



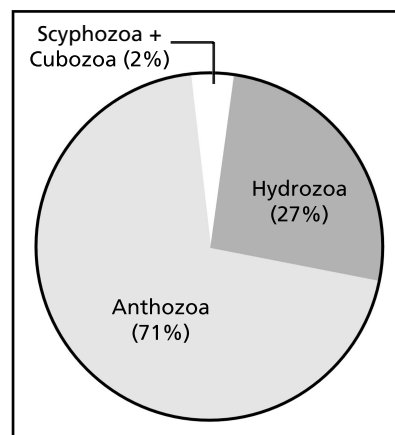
**Figura 4.4:** Detalhe do sistema nervoso de um cnidário (*Hydra* sp.) mostrando o arranjo em rede das células (protoneurônios).

## O FILO CNIDARIA (OU COELENTERATA)

### Classificação

O filo Cnidaria (do grego, *kníd* = urtiga + *-aria* (latim) = conectado com) é formado por cerca de 10.000 espécies, divididas em quatro classes: Scyphozoa, Cubozoa, Hydrozoa e Anthozoa. Aproximadamente, dois terços do total das espécies pertencem à classe Anthozoa, e cerca de 2.700 espécies formam a classe Hydrozoa, a segunda mais numerosa dentro do filo Cnidaria. As classes Scyphozoa e Cubozoa estão representadas apenas por cerca de 200 espécies (**Gráfico 4.1**).

**Gráfico 4.1:** Distribuição percentual do número de espécies de cada classe que compõe o filo Cnidaria.



Este filo também é denominado Celenterado ou Coelenterata (do grego, *koîlos* = cavidade + *enteron* (latim) = intestino + do latim *-ata* = caracterizado por). Atualmente, esta denominação é menos utilizada, visto que o termo pode ser igualmente aplicado tanto para os cnidários como para os ctenóforos. Aqui, iremos seguir a nomenclatura mais aceita atualmente, ou seja, filo Cnidaria.

### Registro fóssil

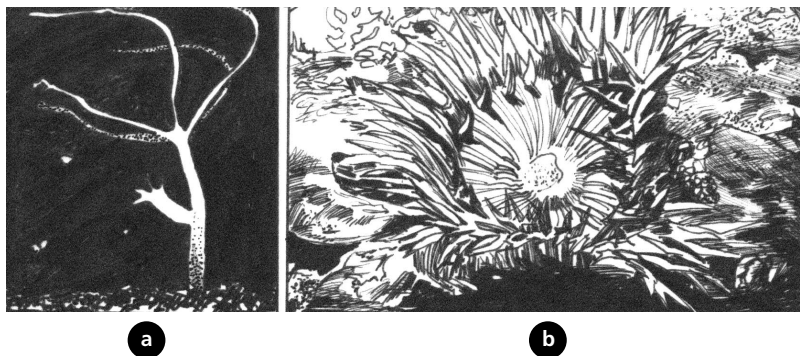
Os cnidários são organismos muito antigos. Há registros fósseis com mais de 700 milhões de anos. Provavelmente, o filo é um dos mais antigos representantes dos metazoários, aproximando-se daquele ancestral comum, que, acredita-se, originou toda a linhagem atual dos metazoários.

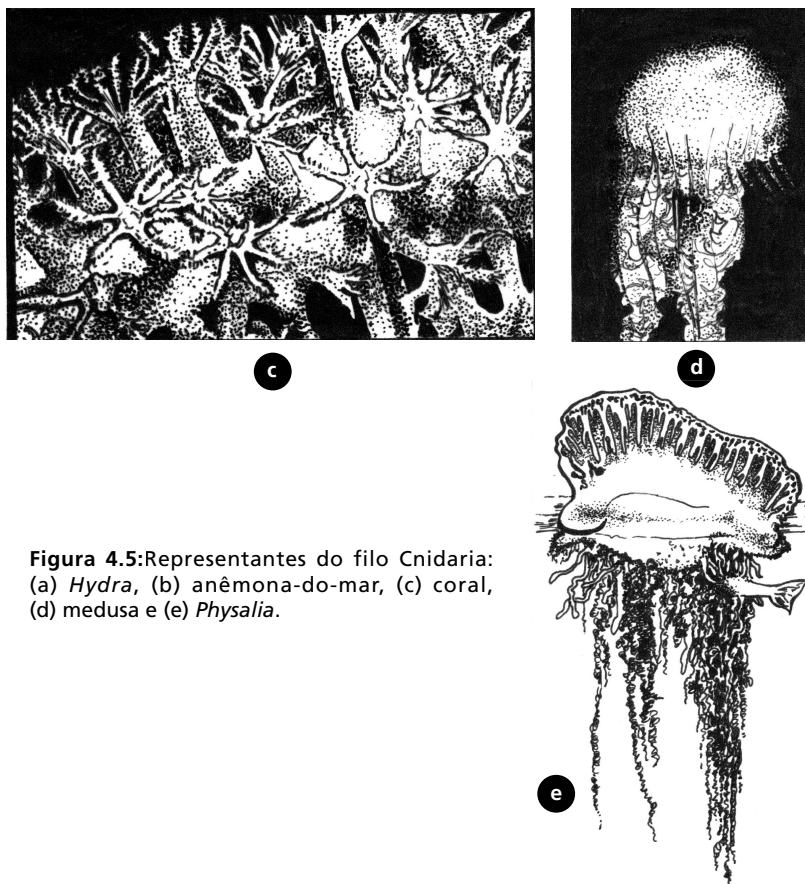
### Ambientes em que vivem

Os cnidários estão amplamente distribuídos em vários habitats marinhos, sendo mais abundantes nas regiões tropicais rasas. Porém, há espécies ainda pouco estudadas que formam os recifes de profundidade. Raras espécies habitam ambientes de água doce e não há nenhum representante nos ambientes terrestres.

### Diversidade

As formas mais impressionantes de animais podem ser encontradas entre os cnidários. Há animais com estruturas tão delicadas que parecem uma jóia viva (como a *Hydra*) (Figura 4.5.a), outras que parecem uma flor (como as anêmonas-do-mar ou os pólipos das colônias de corais) (Figura 4.5.b e c) e ainda aquelas que parecem estar bailando quando nadam, as medusas (as populares águas-vivas) (Figura 4.5.d). Há ainda formas menos conhecidas como a caravela (*Physalia*), que possui uma extensão, na região oposta à boca, que permanece acima da linha d'água e permite que o vento desloque o animal (como ocorre com um barco à vela) (Figura 4.5.e).



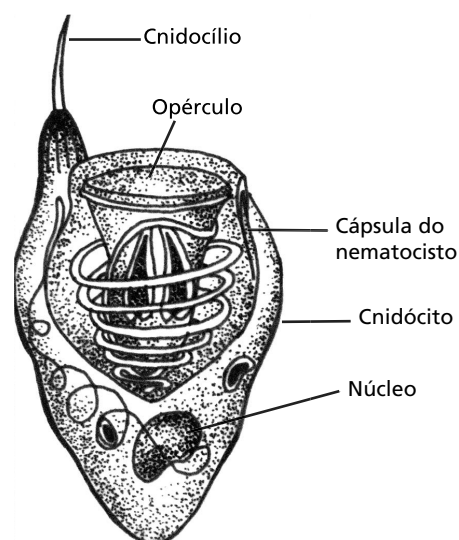


**Figura 4.5:**Representantes do filo Cnidaria: (a) *Hydra*, (b) anêmona-do-mar, (c) coral, (d) medusa e (e) *Physalia*.

### Característica exclusiva

Todos os cnidários possuem como característica exclusiva os cnidócitos (também chamados cnidoblastos durante o seu desenvolvimento). Essas células possuem organelas especiais chamadas **nematocistos** (Figura 4.6). Cada nematocisto possui uma cápsula de proteína com uma única abertura. Existe uma tampa nessa abertura, chamada **opérculo**, que permanece fechada por quase todo o tempo de vida da célula. No interior da cápsula, há um longo túbulo oco e enrolado. Essas estruturas (a cápsula, o opérculo e o túbulo enrolado) formam o nematocisto.

Há mais de 20 tipos diferentes de nematocistos e muitos deles podem ocorrer em um único animal.



**Figura 4.6:** Um cnidócito com seu nematocisto, antes de ser estimulado.

Eles são importantes na identificação taxonômica das espécies do filo e exercem funções também distintas, como a captura de alimento e a defesa ou mesmo auxílio na locomoção.

Os nematocistos são mais abundantes nas regiões dos tentáculos alimentares de todas as espécies e dentro da cavidade gastrovascular de algumas espécies. Em um pequeno pedaço do corpo de um cnidário, é possível encontrar muitos nematocistos, mesmo nos animais pequenos. O diâmetro da cápsula de um nematocisto raramente é maior que cinquenta **MICRÔMETROS** (50  $\mu\text{m}$ ) e nunca ultrapassa 100 micrômetros.

Você já deve ter visto, pelo menos em algum filme, um brinquedo que parece ser uma simples e atraente caixinha de madeira ou papelão. Quando a criança abre a caixinha, é surpreendida por um palhaço que pula para fora, impulsionado por uma mola. Você não precisa achar que esse brinquedo é divertido. Geralmente, uma criança pequena se assusta e começa a chorar logo depois de ver o tal palhaço. Mas fique com a imagem desse brinquedo na sua mente, pois ela será útil para compreender o funcionamento de um nematocisto.

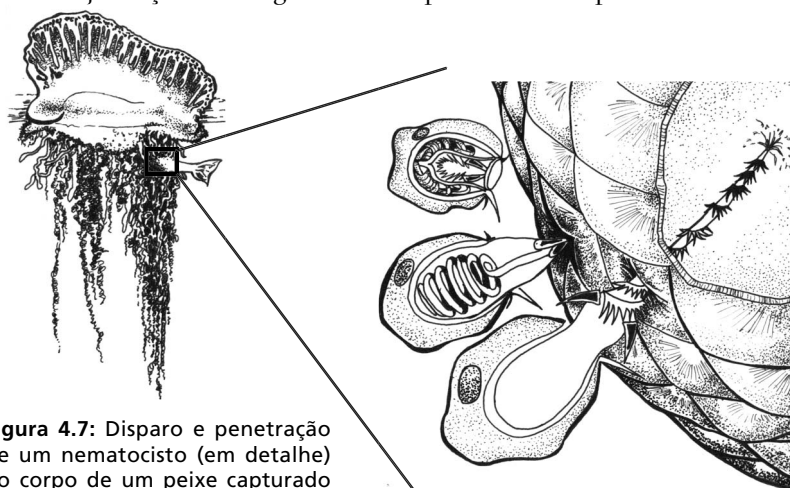
É fácil perceber as semelhanças entre o brinquedo e um nematocisto: a caixa corresponde à **cápsula**, a **tampa** ao **opérculo** e o **palhaço** ao **túbulo** enrolado. Quando um nematocisto é estimulado, o opérculo se abre e o túbulo se projeta rapidamente para o exterior. Todo esse processo ocorre em cerca de três **MILISSEGUNDOS** (3 ms). Geralmente, há numerosos e pequenos espinhos ao longo do túbulo que auxiliam sua penetração, caso encontre uma superfície macia, como o tecido de alguma presa (**Figura 4.7**). Na nossa comparação, no entanto, está faltando uma parte importante: a **mola** que impulsiona o palhaço. Em outras palavras, o que faz com que o túbulo seja lançado tão vigorosamente para fora da cápsula?

#### MICRÔMETRO ( $\mu\text{m}$ )

Unidade de medida de comprimento igual à milionésima parte do metro.

#### MILISSEGUNDO

Intervalo de tempo correspondente à milésima parte do segundo.



**Figura 4.7:** Disparo e penetração de um nematocisto (em detalhe) no corpo de um peixe capturado por uma caravela (*Physalia* sp.).

O mecanismo de disparo dos nematocistos é bastante interessante. É, provavelmente, a combinação de forças que comprimem a parede interna da cápsula que causa a descarga do nematocisto. Desde o momento em que o nematocisto é formado, existe uma grande **PRESSÃO OSMÓTICA** no interior da cápsula (de cerca de 140 atmosferas). A pressão osmótica é gerada pela diferença na concentração de soluto no interior e exterior da cápsula. A maior concentração interna de soluto faz com que mais água (solvente) penetre dentro da cápsula. O opérculo se abre, aumentando a entrada da água que, por sua vez, expulsa, no mesmo instante, o túbulo que se encontrava enrolado no interior da cápsula. A água exerce uma força na área interna da cápsula (pressão hidrostática) que empurra o túbulo para o exterior. Resumindo, a combinação da pressão osmótica e da pressão hidrostática corresponde à mola que impulsiona o palhaço para fora da caixinha de brinquedo.

Muitos nematocistos produzem toxinas capazes de imobilizar pequenas presas. Algumas espécies possuem toxinas mais fortes (como a caravela *Physalia* e algumas medusas), capazes de causar danos consideráveis aos seres humanos. Nem todos os nematocistos possuem espinhos nos túbulos. Existem alguns tipos que possuem substâncias adesivas nos túbulos que se enrolam no alimento depois de disparados, como um chicote.

Em muitos cnidócitos, há um cílio especializado chamado **cnidocílio** (ver **Figura 4.6**). Acredita-se que, sob um suave toque (estímulo tátil) o cnidocílio promova a abertura do opérculo, disparando o nematocisto, como descrito anteriormente. Provavelmente, a presença de determinadas moléculas produzidas pelo corpo de outros animais (presas) promova a abertura do opérculo e a liberação do túbulo. Os antozoários (classe Anthozoa) não possuem cnidocílios como os outros membros do filo. Eles possuem um cílio diferenciado que também funciona como um receptor mecânico.

Quando um nematocisto é disparado, a sua célula (o cnidócito) é absorvida pela epiderme ou gastroderme e, posteriormente, substituída por outra célula de mesma função.

## Sistema nervoso

Como já foi descrito anteriormente, os cnidários são os primeiros animais a apresentar células nervosas. Essas células são bem mais simples que aquelas de outros metazoários, mas exercem importante função.

### **PRESSÃO**

Força exercida sobre uma área.

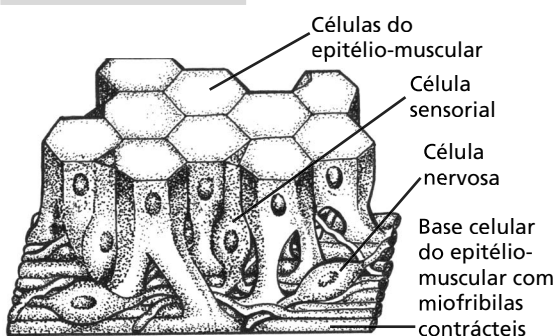
### **PRESSÃO**

### **OSMÓTICA**

Força que uma substância dissolvida exerce sobre uma membrana (semi-permeável) quando esta a separa de um solvente puro (ou de uma substância menos concentrada).

#### NEUROTRANSMISSOR

Substância liberada pela célula nervosa, que transmite à outra célula, de nervo ou músculo, um impulso nervoso.



**Figura 4.8:** Sistema neuromuscular dos cnidários.

#### MOVIMENTO PERISTÁLTICO

Movimento progressivo da musculatura de órgãos que impulsiona para diante seu conteúdo, devido à alternância de contrações e relaxamentos musculares (peristaltismo).

Elas formam um sistema nervoso difuso, que se espalha por todo o corpo do animal, unindo a base da gastroderme à base da epiderme (ver **Figura 4.4**). Ao contrário dos metazoários mais complexos, os cnidários são capazes de transmitir impulsos nervosos nas duas direções dos neurônios, pois há vesículas de **NEUROTRANSMISSORES** nos dois lados dessas células. Esta é uma peculiaridade do sistema nervoso dos cnidários.

Não existe qualquer agrupamento de células nervosas semelhante a um sistema nervoso central, como nos metazoários mais complexos. Entretanto, há uma aglomeração de neurônios no anel nervoso das

medusas de hidrozoários (classe Hydrozoa) e nos órgãos sensoriais marginais das medusas dos cifozoários (classe Scyphozoa).

Algumas células nervosas dos cnidários estão em contato direto com células sensoriais que recebem estímulos externos e com células musculares (chamadas epitélíio-musculares) e nematocistos. O conjunto de células nervosas, sensoriais e epitélíio-musculares forma um

**sistema neuromuscular** (**Figura 4.8**). Esse sistema surgiu primeiramente nos cnidários e ainda está presente em animais mais complexos (como o homem, no qual controla os **MOVIMENTOS PERISTÁLTICOS** dos intestinos e estômago).

#### Sistema muscular

A musculatura dos cnidários se origina na ectoderme (células epitélíio-musculares) e na endoderme (células nutritivas-musculares). Essas células musculares, no entanto, possuem prolongamentos que se projetam e se ancoram na camada intermediária, a mesogléia (**Figura 4.9**). Dependendo da orientação dessa mesogléia no corpo do animal, formam-se feixes de músculos longitudinais ou circulares. A musculatura longitudinal ocorre, por exemplo, ao longo dos tentáculos, e a musculatura circular, ao redor do corpo (coluna) de uma anêmona.

Além da sua função muscular (de contração e relaxamento), as células nutritivas-musculares, presentes na gastroderme, são capazes de capturar pequenas partículas alimentares e digeri-las no seu interior (digestão intracelular).

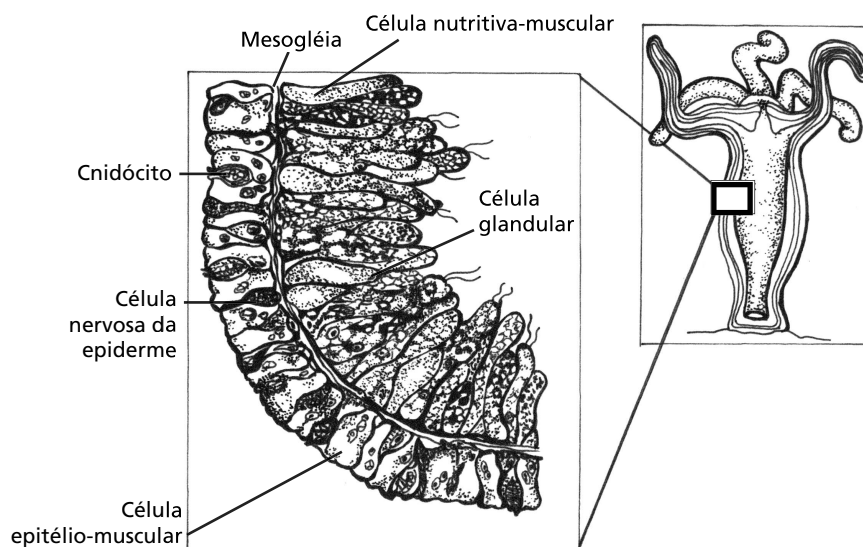


Figura 4.9: Sistema muscular em Cnidaria.

### Trocas gasosas

Se pensarmos na simples arquitetura corporal dos cnidários, podemos admitir sem espanto a ausência de um sistema respiratório ou de qualquer estrutura com esse fim, como brânquias. As trocas gasosas ocorrem por difusão através da epiderme e gastroderme, que se encontram em contato direto com o ambiente.

### RESUMO

Nesta aula, você estudou alguns aspectos importantes dos Cnidaria e Ctenophora, os dois filos que formam o grupo Radiata. Eles possuem uma arquitetura corporal simples, porém com um nível de organização (celular-tissular) superior ao dos Porifera.

A simetria corporal radial primária (dos cnidários) e birradial (dos ctenóforos) são as principais características que definem o grupo Radiata. Eles possuem, basicamente, duas camadas principais de tecidos (a epiderme e a gastroderme) e uma terceira camada intermediária (a mesogléia) que pode ou não possuir células vivas.

O corpo nos Cnidaria tem uma forma de saco, em que a boca é a única cavidade que une o interior do corpo do animal ao ambiente externo, ou seja, não há ânus.

Apesar de simples, cnidários e ctenóforos possuem células especializadas que os permitem capturar presas mais ágeis e complexas. Portanto, são predadores eficazes, apesar de serem sésseis ou flutuarem ao sabor das correntes e ondas (planctônicos).

Os cnidários originaram-se há muito tempo (700 milhões de anos) e estão divididos em quatro classes (Scyphozoa, Cubozoa, Hydrozoa e Anthozoa), sendo a última a mais diversificada.

Os nematocistos são as organelas exclusivas dos cnidários. Sua eficiência e diversidade, provavelmente, permitiram o sucesso do grupo ao longo do tempo.

O sistema nervoso dos cnidários é difuso, não há acúmulo de células nervosas e a transmissão do impulso nervoso se dá pelos dois lados do neurônio. Esse sistema está associado a células sensoriais e musculares da epiderme e da gastroderme.

Não há sistema respiratório nem estruturas especializadas para a troca gasosa. Esta ocorre por difusão através da epiderme e gastroderme.

## **EXERCÍCIOS**

1. Quais as características comuns entre os cnidários e ctenóforos que justificam a proximidade evolutiva entre eles?
2. Qual a principal característica dos Radiata que os difere dos Porifera?
3. Como os cnidários e ctenóforos, limitados por uma simplicidade morfológica, podem ser considerados predadores eficientes se não conseguem perseguir as suas presas?
4. O que são cnidócitos e como ocorre o processo de disparo dos nematocistos?
5. Por que o sistema nervoso dos cnidários é tão peculiar?

## **AUTO-AVALIAÇÃO**

Você estará pronto para a próxima aula se tiver compreendido os seguintes aspectos abordados nesta aula: (1) características básicas da arquitetura corporal dos filos Cnidaria e Ctenophora; (2) diferenças básicas entre os Radiata, os Porifera e os Bilateria; (3) características básicas da biologia dos cnidários. Se você compreendeu bem esses pontos e respondeu corretamente às questões dos exercícios, certamente está preparado para avançar para a Aula 5.

## **INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na Aula 5, estudaremos mais detalhadamente as características biológicas e fisiológicas dos animais pertencentes a cada classe dos filos Cnidaria e Ctenophora.

Além disso, veremos também as relações de parentesco dentro de cada filo e entre eles, além de discutirmos a arquitetura corporal vermiforme, característica dos grupos que sucederam os Radiata.



## Cnidários e ctenóforos II

AULA

5

### objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer as características biológicas e fisiológicas dos animais pertencentes a cada classe dos filos Cnidaria e Ctenophora.
- Conhecer as relações de parentesco dentro do filo Cnidaria e entre este e o filo Ctenophora.

### Pré-requisitos

Aulas 1, 2, 3 e 4.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

Na aula anterior, você estudou alguns aspectos importantes dos filos Cnidaria e Ctenophora. Nesta aula, estudaremos outras características interessantes dos animais que formam as classes de cada um desses filos.

Antes de abordarmos cada classe do filo Cnidaria, estudaremos uma das mais interessantes e intrigantes características desses animais. Trata-se dos dois diferentes tipos morfológicos (dimorfismo) que ocorrem no ciclo de vida de muitas espécies deste filo.

## DIMORFISMO NO FILO CNIDARIA

Todos os cnidários possuem, pelo menos, um dos dois tipos morfológicos: o pólipó (também conhecido como forma polipóide ou forma hidróide) e a medusa (também chamada forma medusóide ou água-viva). O pólipó está adaptado à vida sedentária, pois vive fixo a substratos no fundo de ambientes aquáticos (vida sésil). Já as medusas estão adaptadas à vida planctônica, ou seja, flutuam livremente, sujeitas ao movimento das massas d'água (correntes e ondas).

Em geral, o corpo dos pólipos tem uma forma tubular. Sua boca ocupa uma posição central e está rodeada por tentáculos em uma das extremidades do corpo. Na outra extremidade existe, geralmente, um disco aderente (disco pedal) ou outra estrutura de fixação que ancora o pólipó ao substrato. Em várias espécies, o pólipó forma um único indivíduo, como nas anêmonas-do-mar e hidras (Figura 5.1). Em outras espécies, os pólipos estão associados entre si, formando uma colônia, como ocorre nos corais (Figura 5.2).

As anêmonas-do-mar e os corais são membros da classe Anthozoa. Todas as espécies dessa classe possuem apenas a forma polipóide.

Tanto as anêmonas-do-mar quanto os corais possuem apenas a forma de pólipó em seus ciclos de vida. Portanto, eles não são dimórficos, pois não possuem a forma medusóide.

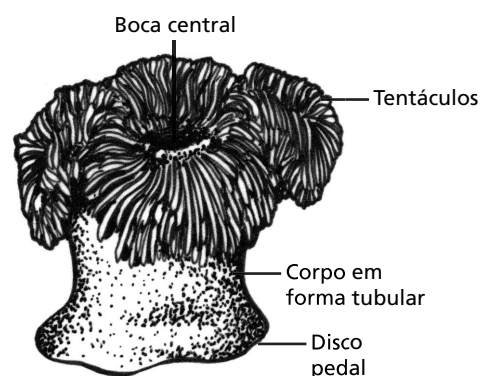


Figura 5.1: Estrutura básica de um pólipó típico de cnidário.

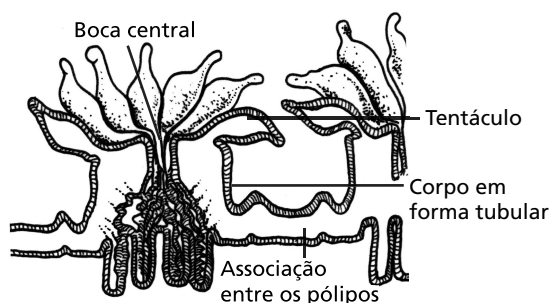
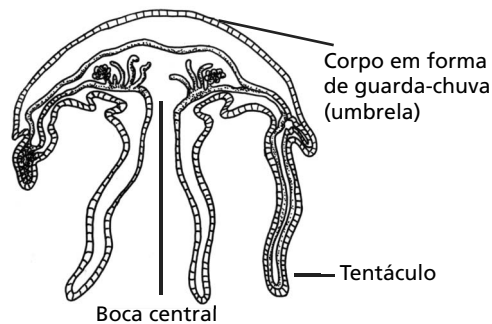


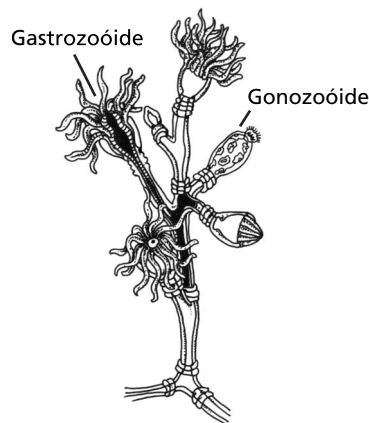
Figura 5.2: Pólipos associados, formando uma colônia.

As medusas são, geralmente, organismos vágéis, ou seja, que não se fixam a nenhum substrato. A forma do corpo das medusas assemelha-se a um guarda-chuva ou a um sino (forma medusóide). A boca se encontra no centro da superfície côncava e os tentáculos estão distribuídos nas suas bordas (Figura 5.3).



**Figura 5.3:** Estrutura corporal de uma medusa típica.

Nas colônias de muitas espécies, há pólipos especializados para diferentes funções, como a reprodução, a alimentação e a defesa (Figura 5.4). Nesse caso, há um polimorfismo na colônia, pois os pólipos especializados são morfologicamente diferentes.



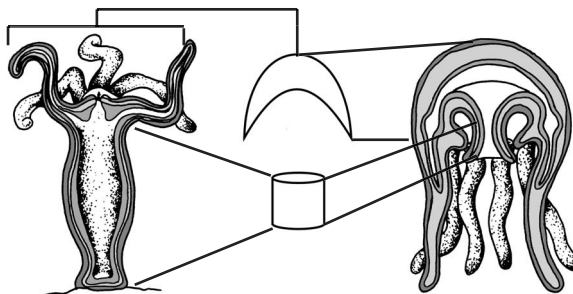
**Figura 5.4:** Exemplo de polimorfismo em uma colônia de um hidrozóio.

A forma medusóide é bastante evidente nas espécies da classe Scyphozoa. Por isso, são chamadas medusas verdadeiras. Porém, em algumas espécies dessa classe, ocorre um estágio larval polipóide.

Na classe Hydrozoa, muitas espécies também são polimorfas, pois possuem diferentes tipos de pólipos nas colônias. Geralmente, nessa classe, há muitas espécies dimórficas, ou seja, que possuem em seus ciclos de vida um estágio polipóide e outro medusóide. Esta característica já confundiu os zoólogos no passado, pois levou-os a reconhecer cada um desses estágios como uma espécie distinta, por não se ter conhecimento do ciclo de vida desses animais.

Apesar da aparente diferença morfológica entre a forma polipóide e a medusóide, as duas mantêm a mesma estrutura corporal saculiforme que caracteriza o filo Cnidaria. A correspondência estrutural entre um pólipo e uma medusa pode ser facilmente compreendida se imaginarmos que a parte tubular do corpo do pólipo se torne achatada e mais larga (Figura 5.5). Dessa forma, a porção que fixava o pólipo ao substrato se encurta e expande, formando

uma estrutura semelhante a um guarda-chuva oco, isto é, a forma medusóide (Figura 5.5).



**Figura 5.5:** Correspondência estrutural entre o pólipóide e a medusa: a diminuição da coluna e a inversão e expansão da porção onde se encontram os tentáculos do pólipóide dão origem à forma de medusa.

As três camadas de tecidos que formam o corpo dos cnidários (ectoderma, endoderma e mesoderma) estão presentes nos pólipos e nas medusas. No entanto, a terceira camada de tecido (o mesoderma) das medusas é mais volumosa e gelatinosa. Essa camada é chamada mesoglêia e confere fluidez e transparência ao corpo das medusas. Por possuir essa aparência, os animais nesse estágio do ciclo de vida são popularmente conhecidos como água-viva.

Os animais que são dimórficos (isto é, com fases polipóide e medusóide) desfrutam de vantagens adicionais, pois podem se distribuir e se alimentar tanto no ambiente bentônico (na fase sésil, polipóide) como no pelágico (na fase planctônica, medusóide). A dispersão da espécie é favorecida no estágio medusóide.

Agora que já apresentamos esta importante característica do filo Cnidaria, o dimorfismo, vamos abordar as classes que compõem tal filo:

- Classe Hydrozoa
- Classe Scyphozoa
- Classe Cubozoa
- Classe Anthozoa

## CLASSE HYDROZOA (FILO CNIDARIA)

### Diversidade e classificação

Como vimos na aula anterior, a classe Hydrozoa (do grego, *hydro* = água + *-zoa* = animal) é composta por cerca de 2.700 espécies e é a segunda classe mais numerosa do filo Cnidaria. A maioria dos seus representantes possui em seu ciclo de vida a forma polipóide (sésil e

geralmente assexuada) e a forma medusóide (sexuada e, geralmente, nadadora) sendo, portanto, dimórficos. Entretanto, há espécies em que só ocorrem pólipos (como aquelas do gênero *Hydra*) ou apenas medusas (como as do gênero *Liriope*). Em outras espécies, as medusas não são nadadoras e permanecem fixadas ao pólipo, como as espécies do gênero *Tubularia* (Figura 5.6).

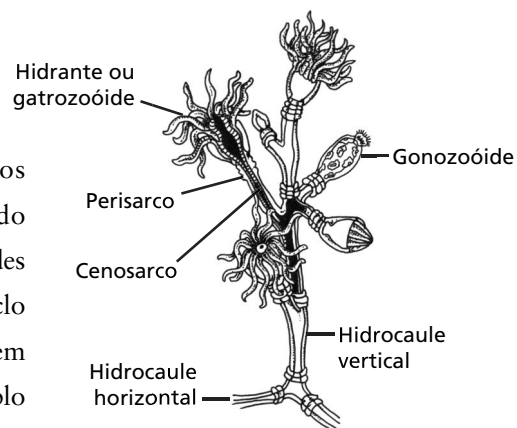


**Figura 5.6:** Diversidade dos hidrozoários: a) *Hydra* sp.; b) *Liriope* sp.; c) *Tubularia* sp.

A classe é formada por três ordens principais: a ordem Hydroida; a ordem Siphonophora e a ordem Hydrocorallina. Apesar de esta ser a classificação correntemente mais aceita, alguns autores consideram uma outra divisão, em ordens menores, como Milleporina, Stylasterina, Trachylina, Chondrophora e Actinulida. No entanto, não discutiremos aqui os argumentos para a aceitação desta outra classificação. Todas as espécies da classe Hydrozoa diferem dos outros cnidários por não possuírem nematocistos na gastroderme e células na mesogléia. A maioria das espécies é marinha, porém, dentre os poucos representantes que habitam o ambiente de água doce, as espécies do gênero *Hydra* (Figura 5.6) são muito estudadas. Essas espécies são geralmente encontradas em corpos de água limpa com alguma matéria orgânica. Por serem encontradas com relativa facilidade, tornaram-se populares como exemplos do filo Cnidaria.

### Estrutura corporal

Os hidróides coloniais são exemplos mais representativos da classe Hydrozoa do que as hidras. Ao contrário destas, os hidróides coloniais têm a forma medusóide no seu ciclo de vida. As espécies do gênero *Obelia* (ordem Hydroida) (Figura 5.7.a) são um bom exemplo de um hidróide típico, pois possuem uma base,

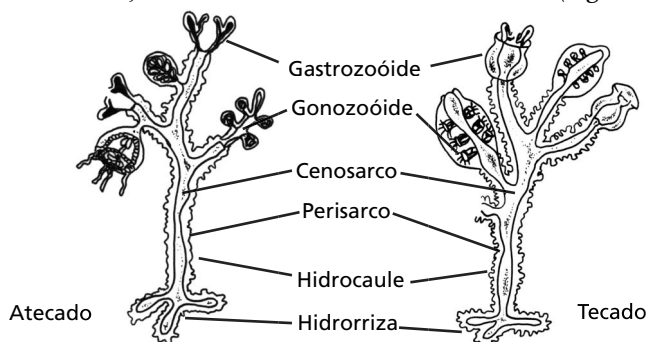


**Figura 5.7.a:** Estrutura corporal de um hidrozoário típico (*Obelia* sp.).

uma haste (semelhante a um caule) e zoóides terminais (**Figura 5.7.a**). Estes organismos são, portanto, polimorfos, pois são formados por zoóides morfologicamente diferentes.

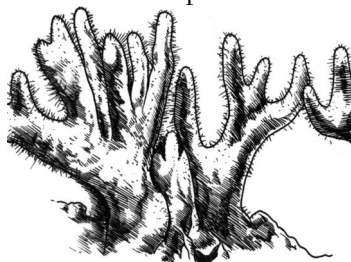
A porção que fixa a colônia ao substrato é chamada hidrorriza. Esta está unida a um ou mais hidrocaules que sustentam zoóides nas extremidades. O hidrocaule é formado por uma camada exterior morta (o perisarco), composta por **QUERATINA** ou **QUITINA**, que protege a parte viva interna (o cenosarco). Essa parte viva consiste em um tecido tubular que une internamente os pólipos da colônia de um hidróide. O hidrocaule pode ser horizontal (como um **ESTOLHO** dos vegetais) ou vertical (que sustentam os zoóides nas suas extremidades). Os zoóides podem ser especializados na captura e digestão das presas (gastrozoóides ou hidrantes), na defesa (dactilozoóides) ou na reprodução (gonozoóides) (**Figura 5.7.b**).

Algumas espécies de hidrozoários possuem um invólucro protetor (chamado teca) em torno dos zoóides, enquanto outras espécies não têm essa estrutura. Assim, são denominados tecados ou atecados (**Figura 5.7.b**).



**Figura 5.7.b:** Esquema de dois tipos de hidrozoários e suas estruturas corporais.

Também entre os hidrozoários estão as espécies conhecidas como corais-de-fogo ou hidrocorais (ordem Hydrocorallina) (**Figura 5.8**). Esta ordem é composta por poucas espécies, todas coloniais, que produzem um esqueleto calcário e possuem grande quantidade de dactilozoóides. Os nematocistos presentes nos dactilozoóides provocam uma sensação de



**Figura 5.8:** Uma espécie de hidrocoral (ordem Hydrocorallina).

ardência após serem disparados, o que justifica o nome dos “corais-de-fogo”. Todas as espécies estão restritas às águas marinhas tropicais e são formadoras de recifes. Entretanto, os corais-de-fogo não são considerados corais verdadeiros; estes pertencem à ordem Anthozoa.

#### QUERATINA

Proteína insolúvel encontrada nas unhas, pele, cabelo e outros tegumentos animais.

#### QUITINA

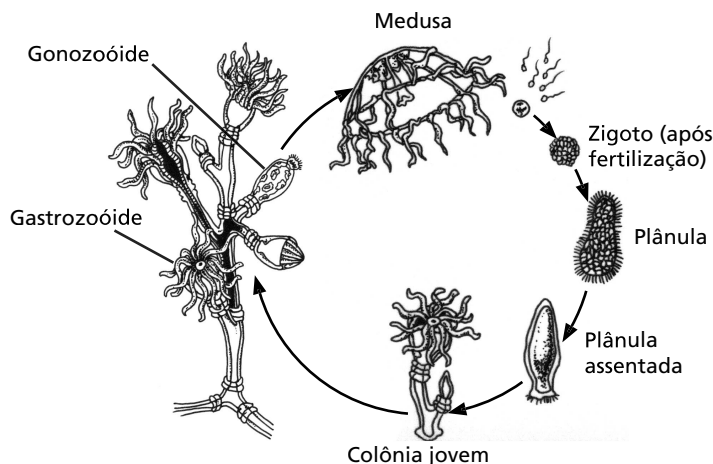
Substância que reveste os animais com esqueleto externo (como os artrópodes em geral). Quimicamente, é um polissacarídeo aminado.

#### ESTOLHO

Caule rastejante dos vegetais onde se formam, em espaços regulares, raízes para baixo e ramos para cima.

## Reprodução, locomoção e polimorfismo

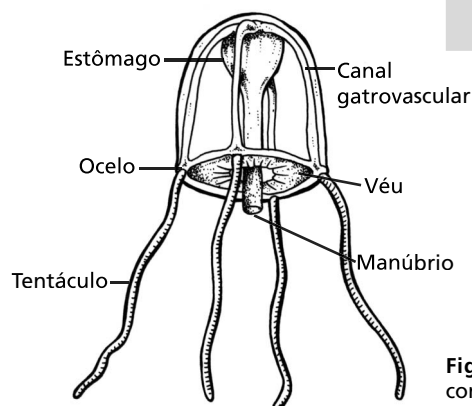
O ciclo reprodutivo de um hidrozoário típico é composto por uma fase assexuada (fase polipóide) e outra sexuada (fase medusóide). Geralmente, os pólipos são **GONOCÓRICOS** (ou seja, têm sexos separados) e produzem apenas medusas femininas ou masculinas. O **HERMAFRODITISMO** é menos comum, assim como a reprodução assexuada de medusas. No pólio, os gonozoóides são responsáveis, exclusivamente, pela produção de medusas e dependem dos gastrozoóides para obter nutrientes. As medusas produzem gametas que são lançados na água. Ocorrendo a fertilização, será formada uma larva nadadora chamada plânula. Após encontrar um local adequado, a plânula sofre metamorfose, transformando-se em um novo pólio (Figura 5.9).



**Figura 5.9:** Ciclo reprodutivo de um hidrozoário típico (*Obelia*).

A medusa de um hidrozoário é relativamente pequena, com diâmetro variando entre 2mm a poucos centímetros. A principal característica das hidromedusas é a presença de uma projeção na margem (chamada véu) que fecha parcialmente sua abertura (Figura 5.10). O véu atua como um anteparo que canaliza a saída da água da **umbrela** (ou **CAMPÂNULA**). A contração da umbrela expulsa a água de seu interior em alta velocidade, ocasionando a propulsão do animal. Esse é o mecanismo utilizado para a locomoção na massa d'água.

A boca de uma hidromedusa se localiza na extremidade de uma projeção central chamada manúbrio.



**Figura 5.10:** Estruturas corporais de uma hidromedusa típica.

### GONOCORISMO

Presença de órgãos reprodutores de um único sexo no indivíduo. Diferenciação sexual.

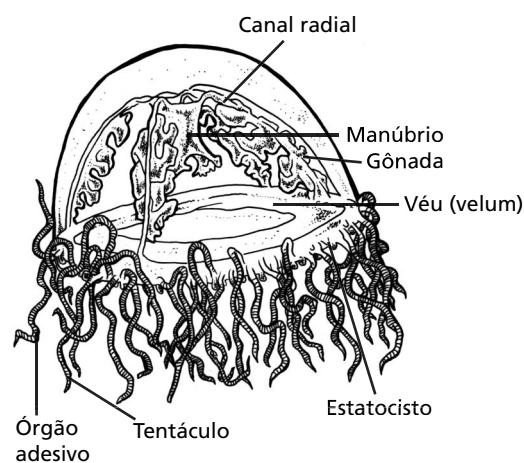
### HERMAFRODITISMO

Presença, no mesmo indivíduo, de órgãos reprodutores dos dois sexos.

### CAMPÂNULA

Qualquer objeto em forma de sino. No caso das medusas, corresponde à maior porção corporal do animal, que possui uma forma de sino (umbrela).

Este se expande para o interior da umbrela, formando o estômago. Há quatro canais radiais que se conectam ao estômago e a um canal marginal que, por sua vez, se une aos tentáculos alimentares (gastrozoóides). Assim, a cavidade gastrovascular se estende da boca até os tentáculos alimentares e é revestida pela gastroderme em toda a sua extensão. Órgãos sensoriais de equilíbrio (estatocistos) e fotorreceptores (ocelos) se encontram na margem da campânula (Figura 5.11).



**Figura 5.11:** Estruturas de uma hidromedusa (*Ginionemus* sp.).

O polimorfismo alcança o seu mais alto grau de desenvolvimento entre os hidrozoários nas espécies da ordem Siphonophora. Nesses organismos, as fases de pólipó e medusa ocorrem simultaneamente. A forma medusóide é diferente, pois possui pouca mesoglêia e estruturas que possibilitam a flutuação. Estas estruturas podem estar preenchidas por gases (produzidos por glândulas) e funcionam como flutuadores (pneumatóforos) que mantêm a colônia na linha d'água. Um dos exemplos mais impressionantes está nas espécies do gênero *Physalia*, popularmente conhecidas como caravelas (ou caravelas-portuguesas) (Figura 5.12.a). Há também estruturas que agem impulsionando a colônia por intermédio de jatos d'água como os nectóforos e outras achatadas (foliáceas), chamadas filozoóides, que auxiliam na flutuação e são munidas por muitos nematocistos.

Na forma polipóide, ocorrem os gastrozoóides, os dactilozoóides e os gonozoóides. Estes últimos têm a função reprodutiva. Já os gastrozoóides e os dactilozoóides desempenham as funções de captura e imobilização das presas (alimentação) e possuem um tentáculo associado a cada zoóide que é repleto de nematocistos. As toxinas presentes nos nematocistos das caravelas são muito fortes e podem causar sérios danos até mesmo para animais maiores, incluindo os seres humanos. O conjunto de diferentes zoóides é chamado módulo. Vários módulos podem ocorrer agrupados formando **CORMÍDIAS** (Figura 5.12.b).

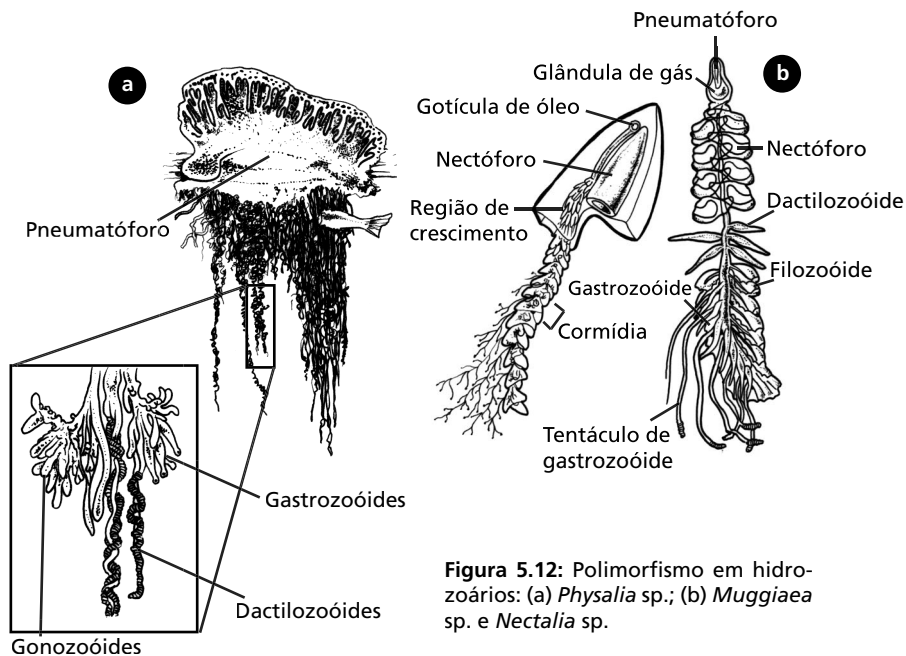
Nem sempre todos os tipos de zoóides descritos aqui se encontram reunidos em uma mesma espécie. Por exemplo, as caravelas (*Physalia*) não

#### **CORMÍDIA**

Grupo de indivíduos (zoóides) de uma colônia de sifonóforo que podem se destacar do resto da colônia e viver independentemente.



possuem nectóforos e filozoóides, e o deslocamento da colônia depende da ação dos ventos. Os pneumatóforos, por sua vez, estão ausentes em outras espécies de sifonóforos, como em *Muggiaea* sp. (Figura 5.12.a, b).

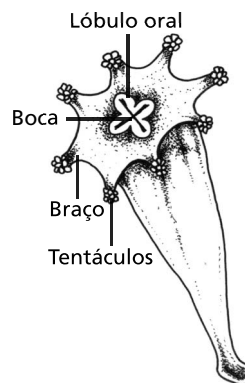


## CLASSE SCYPHOZOA (FILO CNIDARIA)

### Diversidade e classificação

A classe Scyphozoa (do grego, *skypnos* = xícara + *-zoa* = animal) é composta por cerca de 200 espécies distribuídas em quatro ordens (Stauromedusae, Coronatae, Semaestomeae e Rhizostomeae). Nesta classe, a forma medusóide é muito evidente e mais duradoura que a forma polipóide. Por isso, são chamadas medusas verdadeiras. As cifomedusas são muito maiores que as hidromedusas, podendo alcançar um diâmetro de cerca de 2m (como em *Cyanea*), mas geralmente possuem um diâmetro entre 2 e 40cm. São freqüentes em mar aberto e algumas espécies podem ser encontradas flutuando em grandes profundidades (de até 3.000m).

As espécies da ordem Stauromedusae (Figura 5.13) distinguem-se dos outros cifozoários por possuir uma medusa sésil que se desenvolve diretamente do pólipo



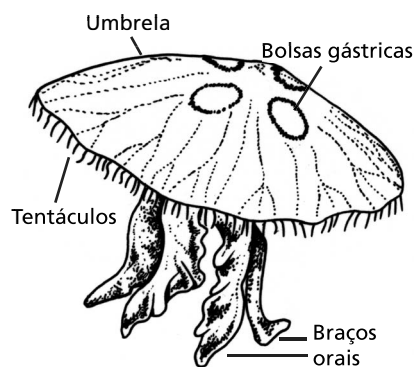
(cifístoma). Assim, cada pólipos produz uma única medusa. Cada medusa produz larvas (plânulas) não ciliadas e incapazes de nadar, ao contrário dos outros cnidários. Nesse caso, a plânula rasteja pelo substrato e se fixa através de um disco adesivo central.

### Estrutura corporal

A coloração das cifomedusas pode variar de laranja forte a rosa ou mesmo ser transparente. Ao contrário das hidromedusas, a umbrela das cifomedusas é formada por uma grossa camada de mesoglêia que contém células amebóides e fibras. A forma da umbrela também é variável, podendo ser rasa como um pires, profunda como um capacete ou em forma de taça.

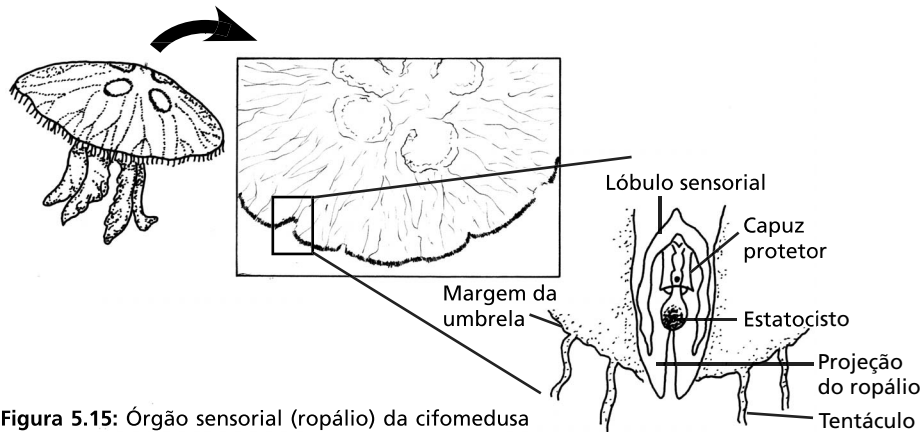
Apesar da grossa camada de mesoglêia que confere firmeza às cifomedusas, cerca de 95% do seu corpo são formados por água.

As cifomedusas não possuem véu, ao contrário das hidromedusas, e seus tentáculos podem ser curtos (como em *Aurelia*) ou longos (como em *Cyanea*), numerosos ou escassos. Sua boca se abre em uma projeção central (manúbrio) na face inferior da umbrela, como nas hidromedusas, mas nas cifomedusas há quatro braços orais ao redor da boca que são utilizados na captura e ingestão das presas (Figura 5.14). Tanto os tentáculos como o manúbrio (incluindo os braços orais) e toda a superfície corporal estão repletos de nematocistos que são usados para imobilizar as presas. Ao contrário do que ocorre com as caravelas (*Physalia*), a toxina dos cifofoários, geralmente, não causa graves danos aos seres humanos.



**Figura 5.14:** Estruturas de uma cifomedusa típica (*Aurelia* sp.).

A margem da umbrela das cifomedusas possui recortes regulares formando pequenos lóbulos. Entre eles, há um órgão sensorial chamado ropálio e seu número varia entre as espécies. Cada ropálio consiste em uma estrutura em forma de clava que possui um estatocisto (para o equilíbrio) e, por vezes, um ou mais ocelos (fotorreceptores) (Figura 5.15).



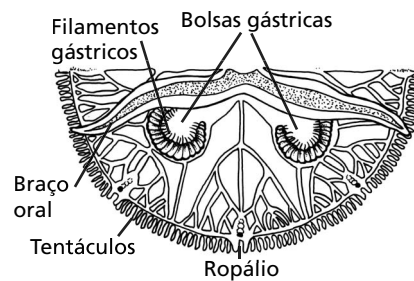
**Figura 5.15:** Órgão sensorial (ropálio) da cifomedusa *Aurelia* sp.

Os cifozoários possuem quatro extensões internas que partem do estômago chamadas bolsas gástricas (Figura 5.16). Em cada bolsa gástrica, há prolongamentos da gastroderme formando pequenas projeções conhecidas como filamentos gástricos (Figura 5.16). Esses filamentos estão repletos de nematocistos, que são utilizados no caso de a presa ingerida permanecer viva. As hidromedusas, porém, não possuem filamentos gástricos nem nematocistos na gastroderme.

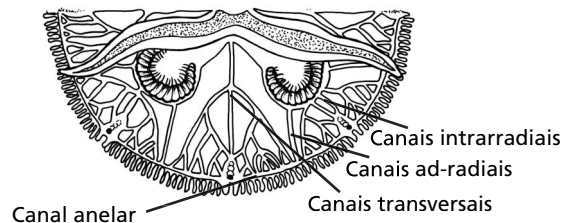
Nessa classe, a partir das bolsas gástricas, forma-se um complexo conjunto de canais radiais que se une ao canal anelar presente na margem da umbrela. Esse sistema complexo de canais forma a cavidade gastrovascular das cifomedusas (Figura 5.17).

### Sistema nervoso e ciclo reprodutivo

Apesar de possuir um sistema nervoso rudimentar, como todos os cnidários, os cifozoários são capazes de realizar movimentos de pulsação ritmados da umbrela, o que permite a expulsão de água e a propulsão do animal. Além disso, os cifozoários regulam sua posição na coluna d'água através dos estímulos enviados pelos estatocistos ao tecido nervoso, presente em abundância no ropálio. Eles também possuem um comportamento sofisticado de migração para grandes profundidades e retorno à superfície ou a agregação na época reprodutiva.

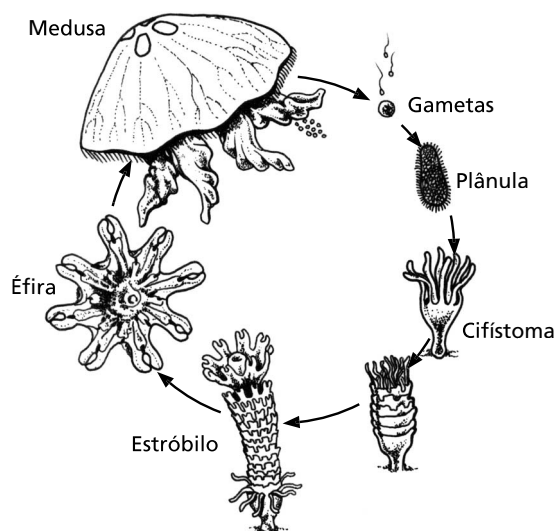


**Figura 5.16:** Vista oral de uma cifomedusa (*Aurelia* sp.).



**Figura 5.17:** Vista oral de uma cifomedusa (*Aurelia* sp.), onde está evidenciado o sistema de canais internos.

O ciclo reprodutivo dos cifozoários é bastante peculiar (Figura 5.18). Suas gônadas se formam dentro da gastroderme e estão intimamente associadas às bolsas gástricas. Geralmente, as cifomedusas são dióicas ou gonocóricas (relembrando o termo, têm sexos separados) e produzem gametas que irão se juntar para formar uma larva (plânula). Esta larva tem forma de salsicha,



**Figura 5.18:** Ciclo reprodutivo de um cifozoário (*Aurelia* sp.).

é coberta por cílios e não se alimenta na coluna d'água. Portanto, logo ela irá se assentar em um substrato e sofrer a metamorfose, transformando-se em um pólip chamado cifistoma. Ele possui a mesma estrutura tissular das medusas, mas a camada de mesoglêia é bem mais fina e o cifistoma possui uma boca orientada para o lado oposto ao substrato em que está fixado. O cifistoma inicial cresce e produz, assexuadamente, novos cifistomas por brotamento. Frequentemente ocorre uma subdivisão transversal no pólip, formando vários módulos empilhados uns sobre os outros, como se fossem uma pilha de pratos. Esse processo é conhecido como estrobilização, e cada módulo se solta do pólip e torna-se uma forma nadadora, chamada éfira. À medida que cresce, a éfira muda de aparência até se tornar uma cifomedusa adulta, dando continuidade ao ciclo (Figura 5.18).

## CLASSE CUBOZOA (FILO CNIDARIA)

### Diversidade e classificação

A classe Cubozoa (do grego, *kwbos*, pelo latim *cubu* = cubo + *-zoa* (grego) = animal), até recentemente, foi considerada uma ordem dentro da classe Scyphozoa. A classe é formada por menos de 50 espécies, todas muito pouco estudadas até agora. Há apenas uma ordem (Cubomedusae) formada por duas famílias.

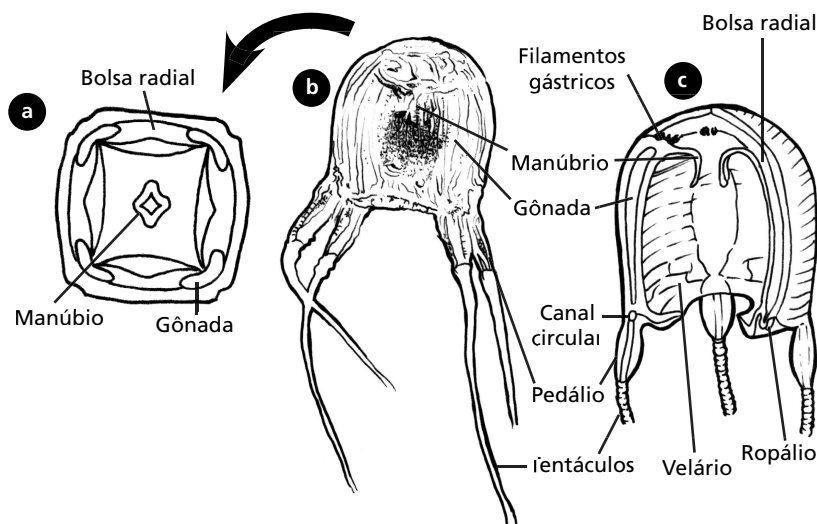
Como nos Scyphozoa, a fase medusóide (cubomedusas) domina no ciclo de vida. Apenas os pólipos de poucas espécies já foram estudados, e são muito pouco evidentes, além de não sofrerem estrobilização, ao contrário dos cifozoários.

As espécies desta classe estão restritas a regiões tropicais e subtropicais.

### Estrutura corporal

Em geral, as cubomedusas possuem pequenas dimensões (de 2 a 3cm), mas podem atingir até 25cm de altura. A principal característica da classe é possuir um formato quadrado na seção transversal da umbrela (Figura 5.19). Os tentáculos partem sempre de cada um dos quatro cantos da umbrela. Pode haver um ou mais tentáculos por canto (Figura 5.19). Uma cubomedusa de 2 a 3cm de diâmetro pode ter tentáculos de 30cm de comprimento, que são providos de grande quantidade de nematocistos e sua toxina pode causar sérios danos aos seres humanos. Por isso, as cubomedusas são conhecidas como “vespas do mar”.

Na face inferior da umbrela, há uma estrutura fina semelhante ao véu das hidromedusas, chamada velário. Entre a umbrela e os tentáculos há uma estrutura mais larga chamada pedálio (Figura 5.19).



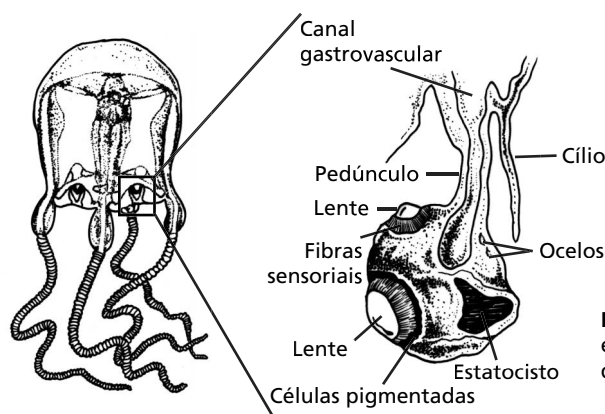
**Figura 5.19:** Estruturas características das cubomedusas: (a) cubomedusa em corte transversal; (b) cubomedusa inteira; (c) cubomedusa em corte longitudinal.

## Locomoção, órgãos sensoriais e reprodução

As cubomedusas podem se deslocar rapidamente devido à propulsão causada pela expulsão da água do interior da umbrela quando esta se contrai. São predadoras eficientes, alimentando-se, principalmente, de pequenos peixes.

O sistema nervoso das cubomedusas é bem desenvolvido e algumas espécies possuem um complexo ocelo associado aos ropálios (Figura 5.20).

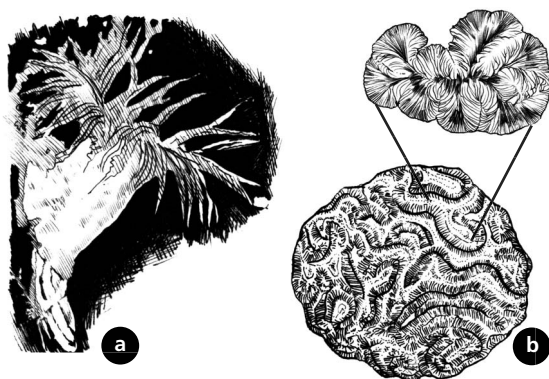
As cubomedusas se distinguem das água-vivas verdadeiras (classe Scyphozoa) por não realizarem a estrobilização. Ao contrário, o pólipo (resultante de uma única plânula) se divide assexuadamente por brotamento. Assim, cada novo pólipo dará origem a uma medusa, não ocorrendo o estágio de éfira, como nos cifozoários (Figura 5.18).



**Figura 5.20:** Detalhe da estrutura de um ropálio de cubomedusas.

## CLASSE ANTHOZOA (FILO CNIDARIA)

### Diversidade e classificação

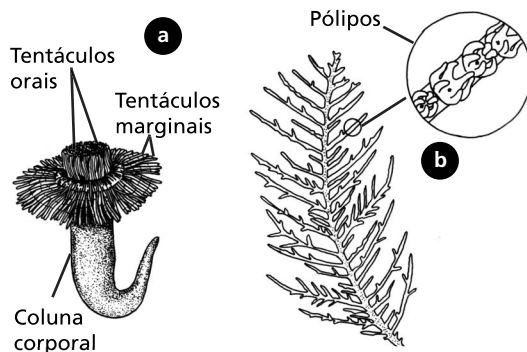


**Figura 5.21:** Exemplos de espécimes da subclasse Zoantharia, que inclui as anêmonas-do-mar (ordem Actiniaria) (a) e os corais verdadeiros (formadores de recifes) (ordem Scleractinia) (b), com o pólipo em detalhe.

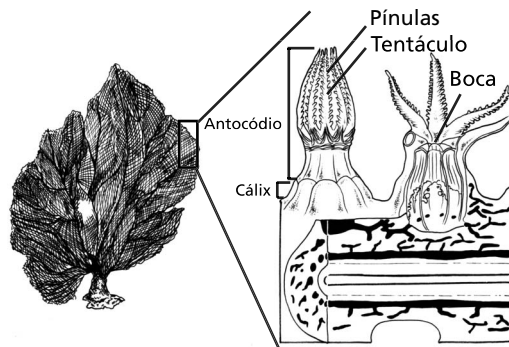
A classe Anthozoa (do grego, *ánthos* = flor + *-zoa* = animal) consiste em cerca de 6.000 espécies, praticamente 70% de todo o filo Cnidaria, como você estudou na Aula 4. Todos os antozoários são marinhos e possuem apenas a forma de pólipo nos seus ciclos de vida. Não há nenhum vestígio da forma medusóide ao longo da vida desses animais.

A classe é formada por três subclasses: Zoantharia (ou Hexacorallia), que inclui as anêmonas-do-mar (ordem Actiniaria) e os

corais verdadeiros (formadores de recifes) (ordem Scleractinia) (Figura 5.21); Ceriantipatharia, que inclui as anêmonas de tubo ou ceriantos (ordem Ceriantharia) e os corais negros (ordem Antipatharia) (Figura 5.22) e Alcyonaria (ou Octocorallia), que abrange os octocorais (colônias de pólipos que possuem uma simetria baseada em oito planos) (Figura 5.23).



**Figura 5.22:** Exemplos de espécimes da subclasse Ceriantipatharia: (a) uma anêmona de tubo (cerianto) (ordem Ceriantharia); (b) um coral negro (ordem Antipatharia).



**Figura 5.23:** Exemplo de um espécime da subclasse Octocorallia (*Gorgonia* sp.). Em detalhe, a estrutura dos pólipos com oito tentáculos.

### Estrutura corporal, alimentação e reprodução

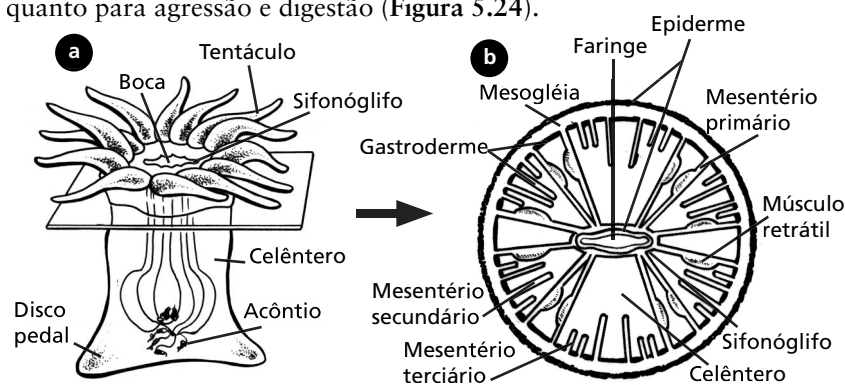
Os pólipos dos antozoários diferem daqueles dos hidrozoários em vários aspectos. A boca dos antozoários se abre em uma faringe tubular enquanto a dos hidrozoários abre-se diretamente na cavidade gastrovascular. Nos antozoários, há um ou dois sulcos longitudinais que se estendem ao longo da faringe a partir da boca, chamados sifonóglifos (Figura 5.24). A cavidade gastrovascular dos antozoários possui numerosas subdivisões internas, chamadas **mesentérios** ou **SEPTOS**. Estes podem se estender até o centro da cavidade (septos primários ou completos) ou terminar antes dele (septos incompletos) (Figura 5.24). Essas subdivisões aumentam significativamente a superfície interna da cavidade gastrovascular, favorecendo a absorção de nutrientes e aumentando a produção de enzimas nutritivas fabricadas por glândulas presentes na gastroderme. Já a cavidade gastrovascular dos hidrozoários não possui essas subdivisões.

#### SEPTOS

Paredes divisórias de um órgão ou cavidade.

A extremidade dos mesentérios incompletos apresenta três lóbulos (trilobada), é muito ciliada, possui muitos nematocistos, além de glândulas que produzem enzimas digestivas e células capazes de fagocitar bactérias. Esses mesentérios possuem, ainda, uma grossa camada de músculos longitudinais retráteis (capazes de retrair drasticamente a coluna do pólip) e gônadas (Figura 5.24).

Na base interna do pólip de algumas espécies de antozoários, há vários filamentos repletos de nematocistos e células secretoras, chamados acônios, que podem se estender para fora do corpo através de pequenos poros na parede corporal do pólip. Eles são usados tanto para defesa quanto para agressão e digestão (Figura 5.24).



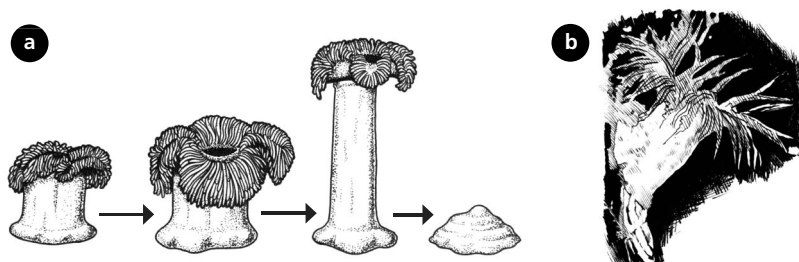
**Figura 5.24:** Estruturas características de um antozoário: (a) o pólip com algumas estruturas internas; (b) corte transversal do pólip evidenciando os mesentérios, as cavidades e a musculatura.

A parede corporal de um antozoário possui dois conjuntos de musculatura que permitem a variação na altura e no diâmetro do pólip: os músculos circulares e longitudinais. É fácil perceber essa possibilidade se lembrarmos a estrutura corporal em forma de saco (saculiforme) que caracteriza todos os cnidários. No caso dos antozoários, a contração da musculatura circular, juntamente com o relaxamento dos músculos longitudinais e com o fechamento da boca (por contração dos **ESFÍNCTERES**), causa o aumento da altura do pólip e a redução do seu diâmetro. A água retida no interior da cavidade gastrovascular funciona como um esqueleto hidrostático. Se ocorrer a contração da musculatura longitudinal, combinada com o relaxamento da musculatura circular e dos esfíncteres bucais, a água é expelida pela boca e o pólip se achata quase que completamente, mudando drasticamente de aparência (Figura 5.25). A contração da musculatura longitudinal de apenas um dos lados do pólip, simultânea ao relaxamento da musculatura longitudinal do lado oposto, fará com que o pólip se redobre para um dos lados (Figura 5.25). A musculatura longitudinal encontra-se nos mesentérios, enquanto a circular se localiza na parede do pólip (Figura 5.24).

#### ESFÍNCTER

Estrutura muscular, em forma de anel, presente em diversos órgãos ocos, e que, ao relaxar-se ou contrair-se, regula a passagem de matérias no interior desses órgãos.





**Figura 5.25:** (a) Variação de forma de uma anêmona-do-mar causada pela contração e relaxamento sincronizados da musculatura longitudinal e circular; (b) pólipos se redobrando para um dos lados, devido à contração da musculatura longitudinal deste lado e o relaxamento da musculatura do lado oposto.

Como os outros cnidários, os antozoários são, essencialmente, carnívoros. Seus tentáculos capturam, imobilizam e conduzem a presa para a boca. Muitos antozoários, como também hidrozoários e cifozoários, mantêm uma associação com microalgas (zooxantelas). Nessa associação, os animais recebem a matéria orgânica (glicose) sintetizada pelas algas, resultante da fotossíntese. Nos corais verdadeiros (subclasse Scleractinia), a associação com as zooxantelas também está ligada fisiologicamente à deposição de carbonato de cálcio, que forma o seu esqueleto calcário. Em muitas espécies, a larva (plânula) já possui zooxantelas associadas.

Ao contrário dos outros cnidários, não ocorre a fase medusóide no ciclo de vida dos antozoários. Lembre-se de que a fase sexuada do ciclo de vida dos outros cnidários é, justamente, a fase medusóide. Dessa forma, nos antozoários, os gametas são produzidos diretamente nos pólipos. Após a fertilização, o zigoto sofre a metamorfose e se transforma em uma larva plânula. Em algumas espécies de antozoários, a plânula se alimenta ativamente de fitoplâncton e **MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA** presentes na coluna d'água. Dentre os cnidários, apenas na classe Anthozoa ocorrem larvas plânulas planctotróficas.

Muitas espécies de antozoários também se reproduzem assexuadamente, seja por intermédio de fissão longitudinal ou transversal, por **LACERAÇÃO PEDAL**. Neste processo, partes do disco pedal se destacam do resto do pólipos e, gradualmente, diferenciam-se para formar um novo pólipos.

## RELAÇÕES FILOGENÉTICAS ENTRE AS CLASSES DO FILO CNIDARIA

Ainda restam dúvidas sobre a relação de parentesco entre as classes do filo Cnidaria. Basicamente, uma pergunta central em relação à história evolutiva do grupo deve ser feita:

### MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA

Partículas de origem biológica, geralmente menores que 5 micrômetros, formadas por detritos, bactérias e restos de animais e algas.

### LACERAÇÃO

Processo de reprodução assexuada na qual um organismo se fragmenta em dois pedaços, por distensão forçada.

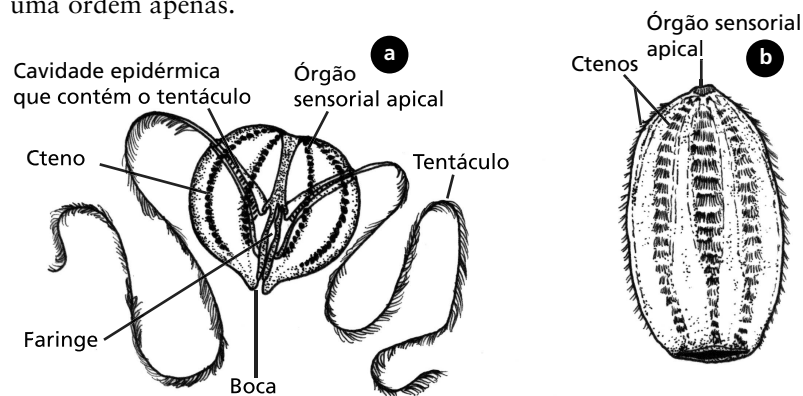


tropicais. O nome do filo justifica-se porque todas as espécies possuem oito fileiras de placas ciliadas em forma de pentes que promovem a locomoção.

Como os cnidários, os ctenóforos possuem uma simetria radial primária e um nível de organização tissular, características já estudadas na Aula 4.

Os ctenóforos são nadadores em sua maioria e estão sujeitos às ações das correntes e marés, ou seja, têm uma vida planctônica. Há poucas espécies rastejantes e sésseis e apenas uma espécie parasita conhecida.

O filo está dividido em duas classes: a classe Tentaculata (do latim, *tentaculum* = que sente + *-ata* = grupo) (Figura 5.27), que é formada por seis ordens, e a classe Nuda (do latim, *nudus* = nu) (Figura 5.27), composta por uma ordem apenas.



**Figura 5.27:** Representantes do filo Ctenophora: (a) classe Tentaculata (*Pleurobrachia* sp.); (b) classe Nuda (*Beroë* sp.).

### Estrutura corporal, locomoção e alimentação

A estrutura corporal dos ctenóforos assemelha-se àquela das medusas, pois o corpo é formado por uma camada epidérmica mais externa e revestido internamente por uma gastroderme. Entre essas duas camadas de tecidos, ocorre uma grossa camada de mesoglêia, transparente e gelatinosa. Nessa camada, há fibras musculares e células amebóides. Apesar de serem derivadas da ectoderme, as fibras musculares dos ctenóforos são distintas, ou seja, não são extensões das células epiteliomusculares, como ocorre nos cnidários. Apesar de frágeis e transparentes, os ctenóforos são vistos com maior facilidade à noite, pois são **BIOLUMINESCENTES**.

Na superfície corporal da maioria dos ctenóforos (classe Tentaculata), há oito fileiras dispostas regularmente como meridianos que partem do pólo oposto à boca (aboral) e terminam antes do pólo oral (Figura 5.27). Cada fileira é composta por placas em forma de pentes,

#### BIOLUMINESCÊNCIA

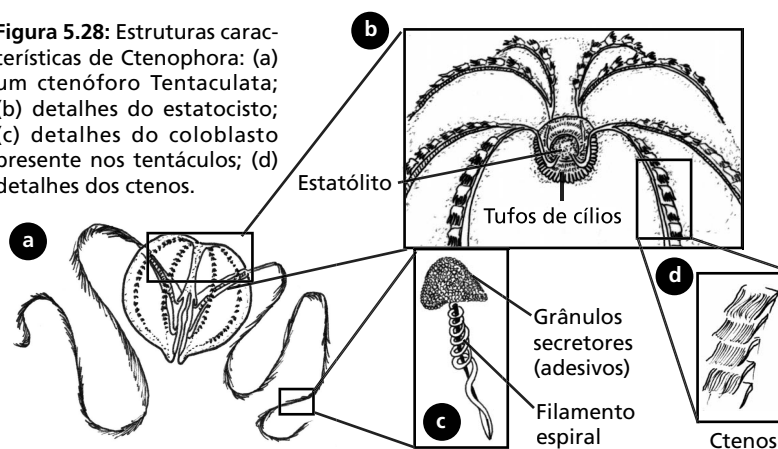
Emissão de luz (luminescência) que ocorre em organismos vivos, gerada por reações químicas.

chamadas ctenos (Figura 5.28). O batimento sincronizado dos cílios dos ctenos, por sua vez, promove o deslocamento do ctenóforo.

As espécies da classe Tentaculata se caracterizam por possuir dois tentáculos longos, dispostos lateralmente. Os tentáculos são extensíveis (ou seja, podem se alongar) e retráteis (podem ser retraídos). Quando completamente estendidos, os tentáculos podem alcançar 15cm de comprimento. Ao longo dos tentáculos existem células adesivas, características dos ctenóforos, chamadas coloblastos (Figura 5.28). Tais células fabricam uma substância adesiva que tem a função de capturar e segurar as presas.

O sistema digestivo dos ctenóforos é formado pela boca, seguida pela faringe, estômago e um conjunto de canais gastrovasculares que se estende pela mesoglêia, alcançando as placas ciliadas (ctenos) e as bainhas dos tentáculos. Há dois canais cegos que terminam próximos à boca e um outro canal no pólo oposto (aboral), que passa próximo ao estatocisto e se ramifica em dois canais anais. Todo o material não digerido é eliminado por estes canais anais que se abrem para o exterior do corpo. A presença de ânus difere os ctenóforos dos cnidários.

**Figura 5.28:** Estruturas características de Ctenophora: (a) um ctenóforo Tentaculata; (b) detalhes do estatocisto; (c) detalhes do coloblasto presente nos tentáculos; (d) detalhes dos ctenos.



Os ctenóforos se alimentam de pequenos animais do plâncton (zooplâncton), especialmente copépodes (pequenos crustáceos). A digestão é tanto extracelular como intracelular.

### Sistema nervoso e sensorial, respiração e excreção

Os ctenóforos possuem um sistema nervoso difuso, semelhante ao dos cnidários, em que não há qualquer controle central.

O estatocisto é o órgão dos sentidos mais característico dos ctenóforos. Ele é formado por uma cápsula em forma de sino e no seu interior tufo de cílios sustentam uma estrutura calcária chamada

estatólito (Figura 5.28). Alterações na posição do animal mudam a pressão exercida pelo estatólito sobre os cílios. Como há terminações nervosas ligadas aos tufo de cílios, o animal percebe a mudança no posicionamento do corpo. Acredita-se que o estatocisto também coordene, sem, porém, estimular, o batimento dos cílios dos ctenos.

A respiração e a excreção dos ctenóforos ocorrem por simples difusão através da parede corporal. Não há qualquer estrutura especializada para essas funções.

### Reprodução e desenvolvimento

A maioria dos ctenóforos é **MONÓICA**. As gônadas se desenvolvem alinhadas aos canais gastrovasculares, abaixo das fileiras de ctenos. Os zigotos, formados pela fertilização, são liberados para o ambiente através da epiderme.

A clivagem nos ctenóforos é determinada, ao contrário do que ocorre com os cnidários. Isso já foi estudado na Aula 2. Seria interessante retornar a essa aula para sanar qualquer dúvida.

Os ctenóforos desenvolvem uma larva chamada cidipídio, que é muito similar à forma adulta. Ela não se alimenta na coluna d'água e desenvolve-se diretamente em um adulto, ou seja, sem apresentar fases intermediárias.

### Relações filogenéticas entre as classes do filo Ctenophora

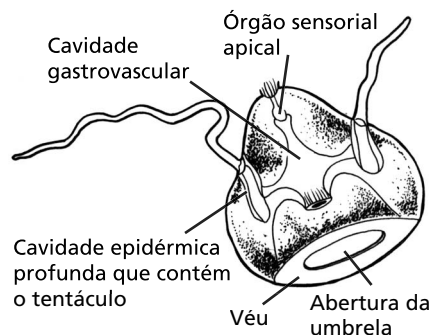
As relações de parentesco dentro do filo Ctenophora ainda são muito controvertidas. Basicamente, não é possível afirmar se a condição mais primitiva é a forma tentaculada (ou seja, a classe Tentaculata) ou a forma sem tentáculos (classe Nuda). Como não há uma idéia clara acerca da origem do grupo, torna-se difícil entender as relações filogenéticas internas no filo. O pobre registro fóssil não ajuda a elucidar essa questão central. Diante de tão poucas e controvertidas informações, resta a hipótese de que os ctenóforos formam um grupo monofilético que, provavelmente, se originou no início da linhagem evolutiva dos metazoários. De fato, ainda são necessárias mais informações para obtermos uma maior compreensão da evolução do filo Ctenophora.

#### MONÓICO

Organismos hermafroditas. Que possuem tanto órgãos reprodutores masculinos como femininos.

## RELAÇÕES FILOGENÉTICAS ENTRE OS FILOS CNIDARIA E CTENOPHORA

A relação filogenética entre os ctenóforos e cnidários também é duvidosa. Muitos autores acreditam que os ctenóforos sejam próximos aos hidrozoários, devido às semelhanças morfológicas com a hidromedusa do gênero *Hydroctena*. Esta possui dois tentáculos que surgem de duas cavidades epidérmicas profundas, de forma semelhante aos ctenóforos da classe Tentaculata. Essas hidromedusas também possuem um único órgão sensorial no ápice da umbrela, mas sua composição difere daquela dos estatocistos dos ctenóforos (Figura 5.29).



**Figura 5.29:** Hidromedusa do gênero *Hydroctena*, que possui características semelhantes aos ctenóforos.

Entretanto, os ctenóforos diferem em muitos aspectos dos cnidários, como no padrão de desenvolvimento e na estrutura morfológica do adulto. Alguns zoólogos acreditam que as semelhanças encontradas entre os dois filos sejam convergências, que refletem a adaptação ao mesmo estilo de vida: o planctônico.

## RESUMO

Nesta aula você estudou vários aspectos importantes dos filos Cnidaria e Ctenophora. A seguir, encontram-se listadas no **Quadro 5.1** as principais diferenças e semelhanças entre os dois filos. As informações contidas no **Quadro 5.1** permitem que você tenha uma visão concisa do que foi abordado nesta aula.

**Quadro 5.1:** Comparação entre as características dos filos Cnidaria e Ctenophora.

Características	Cnidaria	Ctenophora
Clivagem	Indeterminada	Determinada
Estágio larvar	Larva plânula	Larva cidipídio
Padrão de cílios nas células	Células monociliadas	Células multiciliadas
Nematocistos	Presentes	Ausentes
Coloblastos	Ausentes	Presentes
Sexualidade	Tipicamente gonocóricos	Tipicamente hermafroditas
Sistema digestivo	Canais gastrovasculares	Canais gastrovasculares
Estrutura colonial	Presente	Ausente
Indivíduos polimorfos	Presentes	Ausentes
Dimorfismo no ciclo de vida	Presente	Ausente
Abertura anal	Ausente	Presente
Ctenos	Ausentes	Presentes
Musculatura	Dentro da gastroderme	No interior da mesoglêia

Além das características apresentadas, os cnidários se assemelham aos ctenóforos nos seguintes aspectos:

- a) possuem simetria radial;
- b) o arranjo corporal ocorre a partir de um eixo oral-aboral;
- c) possuem uma camada de origem ectomesodérmica bem desenvolvida (a mesoglêia);
- d) não possuem cavidade celômica;
- e) possuem um sistema nervoso difuso, sem qualquer acúmulo de neurônios nem qualquer controle central;
- f) não possuem sistemas de órgãos (nível de organização tissular).

## EXERCÍCIOS

1. Quais as classes que compõem o filo Cnidaria e como podem ser distinguidas?
2. O que você entende por dimorfismo no ciclo de vida e em qual classe do filo Cnidaria ele não ocorre?
3. Qual a vantagem de possuir a fase medusóide no ciclo de vida?
4. Duas hipóteses resumem as possíveis relações filogenéticas entre as classes do filo Cnidaria. Desenhe dois cladogramas para representar cada uma dessas hipóteses. Qual é a questão central, em relação ao cnidário original, que traz dúvidas a respeito da filogenia do grupo?
5. Quais são as principais diferenças e semelhanças entre os cnidários e ctenóforos?

## AUTO-AVALIAÇÃO

Você estará pronto para a próxima aula se tiver compreendido os seguintes aspectos abordados nesta aula: (1) características básicas da arquitetura corporal, do ciclo de vida e da biologia dos representantes dos filos Cnidaria e Ctenophora; (2) diferenças básicas entre as classes do filo Cnidaria e entre os filos Cnidaria e Ctenophora; (3) as vantagens e desvantagens da arquitetura corporal de um verme. Se você compreendeu bem esses pontos e respondeu corretamente às questões dos exercícios, certamente está preparado para avançar para a Aula 6.

## INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na Aula 6, estudaremos aspectos gerais da arquitetura corporal nos filos Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida, além das características básicas da arquitetura corporal, fisiologia e biologia do filo Platyhelminthes.



A partir da próxima aula, você estudará vários animais de filos diferentes que possuem um aspecto corporal parecido, ou seja, são vermiformes. O termo “verme” pode ser usado para qualquer animal sem pernas, de corpo mole, no qual o seu comprimento excede a sua largura. Curiosamente, essa arquitetura corporal surgiu em vários momentos da evolução animal. Um verme pode ser facilmente produzido? Por que tal arquitetura corporal foi favorecida pela seleção natural? Ela caracteriza, pelo menos, 15 filos diferentes de animais. Há vantagens em ser um verme? Há desvantagens? O **Quadro 5.2**, a seguir, descreve algumas vantagens e desvantagens dessa interessante arquitetura corporal.

Vantagens de ser um verme	Desvantagens de ser um verme
Os tecidos moles são extraordinariamente resistentes e os danos a sua estrutura podem ser rapidamente reparados.	O esqueleto hidrostático depende da hidratação. Assim, os animais devem ser, pelo menos, fisiologicamente aquáticos.
O movimento em uma direção é favorecido, pois se forma nos vermes uma extremidade anterior e uma cefalização, com concentração de células nervosas e sensoriais.	A locomoção envolve o trabalho intenso da musculatura. Qualquer deslocamento requer o envolvimento de todo o corpo e conseqüentemente, um gasto energético correspondente.
A simetria bilateral é estabelecida e o arranjo corporal passa a ser dorsal e ventral.	Torna-se muito mais difícil o controle nervoso de toda essa musculatura e impossível um controle preciso em uma região.
O esqueleto hidrostático traz vantagens na resistência corporal, na locomoção e na variação da forma do corpo através da utilização da musculatura longitudinal e circular.	



## Acelomados I: características gerais e filo Platyhelminthes

AULA

6

### objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer os aspectos gerais de arquitetura corporal nos filos Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida.
- Conhecer as características básicas da arquitetura corporal, fisiologia e biologia do filo Platyhelminthes.

### Pré-requisitos

Aulas 1 a 5.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

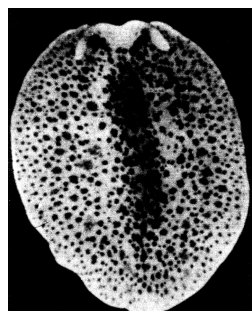
A partir desta aula, o nosso curso passa a abordar uma série de filos que se caracterizam por apresentar simetria bilateral. Na primeira aula, você aprendeu que o aparecimento desse tipo de simetria foi, muito provavelmente, um evento de grande importância na evolução do reino Animalia.

Os animais bilaterais podem se movimentar muito mais eficientemente que os radiais. A grande maioria dos filos, incluindo aqueles com maior diversidade de espécies, é de animais com simetria bilateral. Características marcantes de muitos desses animais são a presença de um **eixo ântero-posterior distinto** e da **região cefálica** na extremidade anterior. O desenvolvimento da cabeça, associado à centralização do sistema nervoso e à evolução de órgãos dos sentidos mais eficientes, permitiu o aparecimento de comportamentos mais complexos.

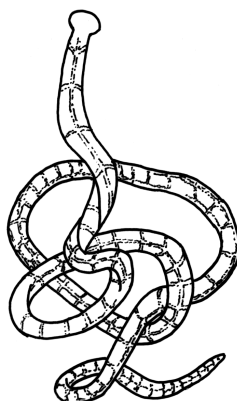
Nesta aula e nas duas seguintes, serão abordados três filos que apresentam os mais simples planos de organização corporal dentre os Bilateria: **Platyhelminthes** (Figura 6.1) (do grego, *platys* = achatado + *helmins* = verme), **Nemertea** (Figura 6.2) (do grego, *Nemertes*, uma das **NEREIDAS**) e **Gnathostomulida** (Figura 6.3) (do grego, *gnathos* = mandíbula + *stoma* = boca + , do latim, *ulus* = sufixo diminutivo).

### NEREIDAS

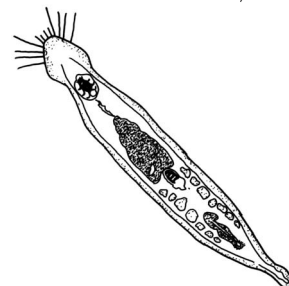
(da mitologia grega, ninfas do Mar Mediterrâneo). As Nereidas, 50 belas ninfas, eram filhas do Deus do mar Nereu e de sua esposa Doris. As Nereidas viviam no fundo do mar, mas vinham frequentemente à superfície ajudar marinheiros e viajantes. Os gregos acreditavam que elas montavam em golfinhos e outros animais do mar. O nome Nemertes significa certa, precisa. Ele foi empregado para o filo em questão porque os seus membros possuem uma proeminente estrutura, a probóscide, utilizada para capturar presas. A probóscide pode estar armada com um estilete, o qual lembra a ponta de uma lança. Além disso, esses vermes, assim como as Nereidas, vivem, em sua maioria, no fundo do mar.



**Figura 6.1:** Filo Platyhelminthes. Uma planária marinha predadora de ascídias. O corpo mede cerca de 1,5cm.



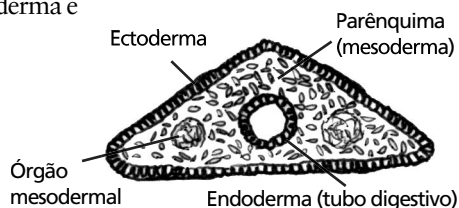
**Figura 6.2:** Filo Nemertea. Uma espécie da costa pacífica dos Estados Unidos.



**Figura 6.3:** Filo Gnathostomulida. Os membros desse filo, conhecidos como vermes mandibulados, ocorrem nos espaços intersticiais de sedimentos marinhos, desde águas rasas até profundidades de várias centenas de metros.

Nesses três filos, apenas um espaço interno, a cavidade digestiva, está presente (Figura 6.4). A região entre o ectoderma e endoderma é preenchida por mesoderma, na forma de fibras musculares, e mesênquima (parênquima). Esses animais são chamados **acelomados bilaterais**, pois um celoma ou pseudoceloma não está presente. Eles são considerados **triploblásticos**, já que três camadas germinativas bem definidas (ectoderma, mesoderma e endoderma) são observadas.

**Figura 6.4:** Corte transversal de um animal bilateral acelomado, onde se observa a condição triploblástica.

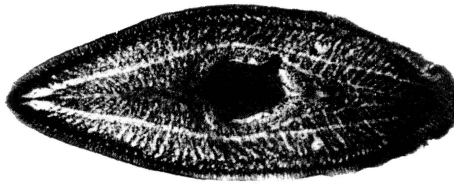


Os Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida apresentam, em seu desenvolvimento embrionário, um **padrão de clivagem do tipo espiral**. Como visto na Aula 2, tal padrão de clivagem é característico dos animais **protostomados**. Portanto, estes três filos são considerados como membros da divisão protostomada dos Bilateria.

## FILO PLATYHELMINTHES

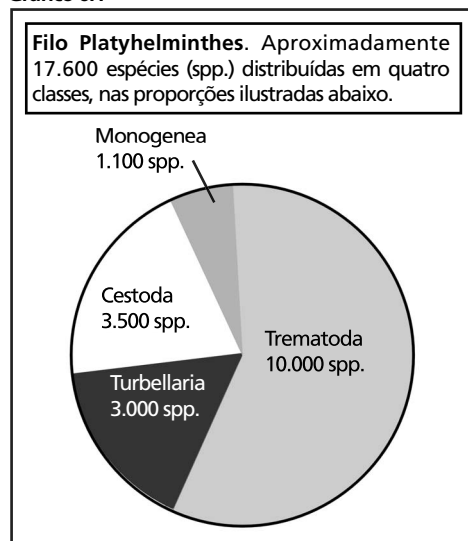
O tamanho do corpo no filo Platyhelminthes (vermes achatados) varia desde formas com um milímetro ou menos até, no caso das tênias (solitárias), espécies com muitos metros de comprimento. A forma do corpo é bastante variável. Ela pode ser delgada, larga e foliácea, ou ainda longa e similar a uma fita.

Esse filo inclui tanto formas de vida livre quanto parasitas (Gráfico 6.1). As primeiras são encontradas apenas na **classe Turbellaria (planárias)** (Figura 6.5). A maioria dos membros desta classe vive em locais úmidos de ambientes terrestres e no fundo de ambientes marinhos ou de água doce. Muitos, especialmente no caso das espécies cujos indivíduos são grandes, são encontrados sob pedras ou outros objetos duros em riachos de água doce ou na zona litoral dos oceanos. Uns poucos turbelários são parasitas ou simbióticos.



**Figura 6.5:** Classe Turbellaria. Uma planária marinha comensal que vive nas brânquias de xifosuros. A grande massa negra central é a faringe. As duas listras longitudinais claras são cordões nervosos ventrais, os quais se originam de um par de gânglios anteriores (áreas claras mais desenvolvidas na extremidade anterior do corpo).

**Gráfico 6.1**



Os membros das classes **Monogenea** (Figura 6.6), **Trematoda** (Figura 6.7) e **Cestoda** (Figura 6.8) são parasitas. As espécies das duas primeiras classes são conhecidas como **fascíolas** e as da terceira, como **tênias**. A maioria das espécies de Monogenea é ectoparasita, enquanto os Trematoda e Cestoda são todos endoparasitas.

### ***SCHISTOSOMA MANSONI***

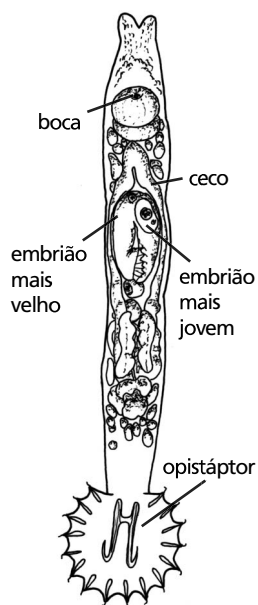
Espécie causadora da esquistossomose, é um membro da classe **Trematoda**.

### ***TAENIA SAGINATA* E *TAENIA SOLIUM* (SOLITÁRIAS)**

Espécies causadoras das teníases, são membros da classe **Cestoda**.

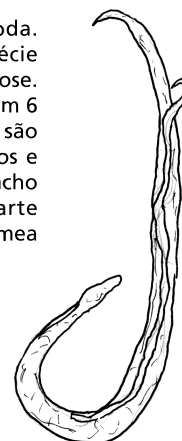
Veja na Aula 7 detalhes sobre o ciclo de vida desses parasitas e sobre as doenças que eles causam nos seres humanos.

Muitas espécies possuem ciclos de vida bastante complexos e indiretos, que se caracterizam pela presença de mais de um hospedeiro. O primeiro hospedeiro é, freqüentemente, um invertebrado e o último, um vertebrado. Os seres humanos estão incluídos dentre os hospedeiros desses vermes, como veremos na próxima aula.



**Figura 6.6:** Classe Monogenea. Uma espécie ectoparasita de peixes.

**Figura 6.7:** Classe Trematoda. *Schistosoma mansoni*, espécie causadora da esquistossomose. Os vermes mais robustos, com 6 a 10 mm de comprimento, são os machos. Os mais delgados e longos são as fêmeas. O macho apresenta um sulco na parte ventral do corpo onde a fêmea se aloja.



**Figura 6.8:** Classe Cestoda. As tênias são parasitas do intestino e outros órgãos de animais vertebrados. Esses vermes, que não possuem um tubo digestivo, absorvem, através da parede do corpo, o alimento parcialmente digerido do hospedeiro.

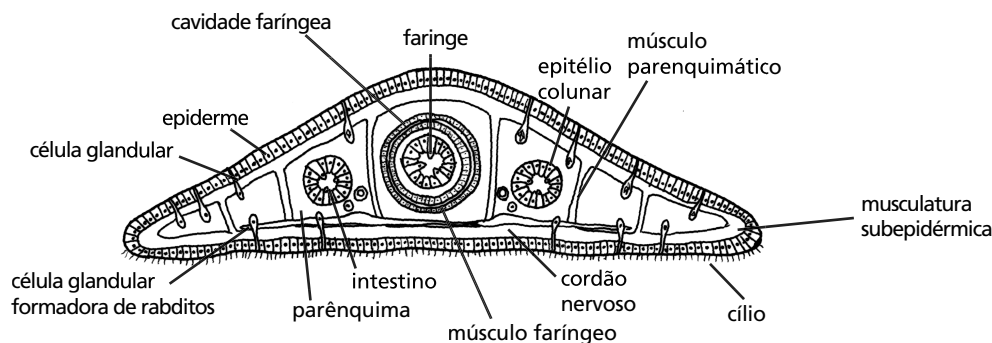
A boca, quando presente, é a única abertura do trato digestivo dos platelmintes (ou platelmintos). Os órgãos excretores são **protonefrídios** e o sistema reprodutor é **hermafrodita**. Os membros desse filo são peculiares por possuírem **espermatozóides biflagelados**, sendo a ultraestrutura flagelar também singular por apresentar um padrão de microtúbulos do tipo 9-1, ao invés de 9-2. A estrutura do flagelo é abordada na disciplina de Biologia Celular.

De tudo que você já estudou sobre os animais, procure pensar se você seria capaz de enumerar algumas características das quatro classes de platelmintes. Anote-as e depois, ao fim da aula, compare-as com o que você aprendeu.

## Estrutura do corpo no filo Platyhelminthes

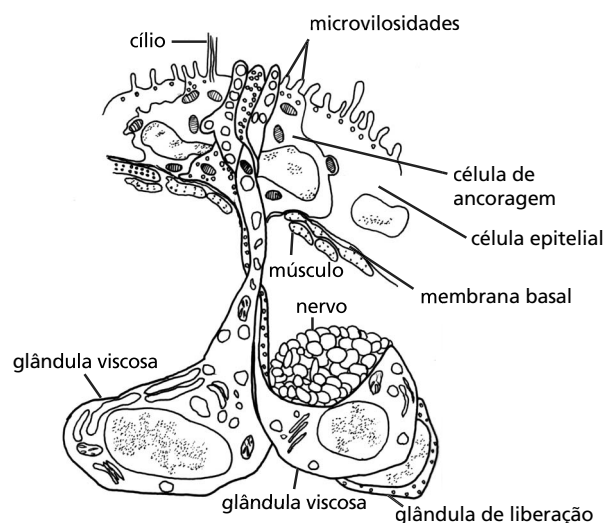
### Tegumento e músculos

Muitos turbelários (planárias) possuem uma **epiderme celular ciliada**, a qual se apóia em uma membrana basal e apresenta **rabditos** (Figura 6.9). Estes são estruturas que podem se intumescer (inchar) e formar uma camada protetora de muco em torno do corpo. Glândulas unicelulares de muco se abrem na superfície da epiderme.



**Figura 6.9:** Corte transversal de uma planária através da região faríngea, mostrando a estrutura do corpo.

A maioria das ordens de turbelários possui **órgãos adesivos glandulares duplos** na epiderme (Figura 6.10). Estes órgãos são formados por **três tipos celulares**: **glândulas viscosa e liberadora** e **célula de ancoragem**. Secreções das glândulas viscosas aparentemente aumentam a adesão das microvilosidades das células de ancoragem ao substrato, tornando mais eficiente a locomoção. Secreções das glândulas liberadoras fazem com que as microvilosidades se soltem do substrato. Alguns turbelários possuem uma **EPIDERME SINCICIAL**, na qual os núcleos não estão separados uns dos outros por membranas celulares.



<b>SINCÍCIO</b>
Massa de <b>PROTOPLASMA</b> com muitos núcleos e sem divisão em células.
<b>SINCICIAL</b>
Relativo ou pertencente ao sincício.
<b>PROTOPLASMA</b>
Conteúdo celular, formado pelo citoplasma e núcleo.

**Figura 6.10:** Corte do tegumento de um turbelário mostrando os órgãos adesivos de glândulas duplas, responsáveis pela adesão ao substrato. A glândula viscosa produz a substância adesiva, a glândula de liberação produz uma substância que solta o animal do substrato e a célula de ancoragem funciona como uma superfície de fixação.

# **PARÊNQUIMA** (MESÊNQUIMA)

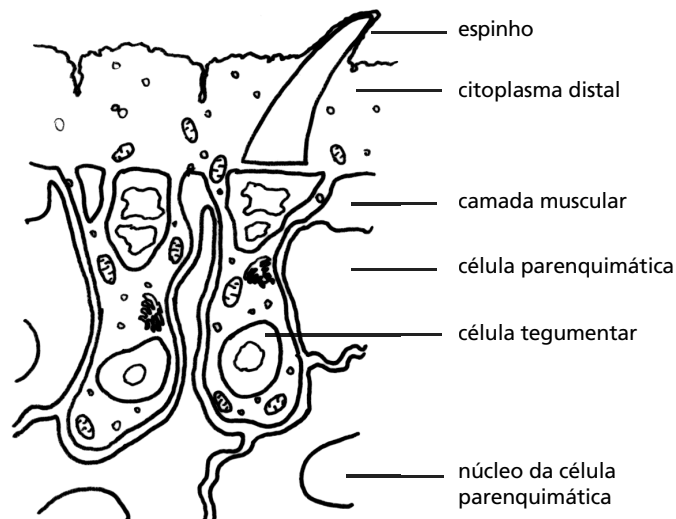
Massa de células com função de preenchimento.

# **PARENQUIMÁTICO**

Relativo ou pertencente ao parênquima.

Na parede do corpo das planárias, abaixo da membrana basal, estão **camadas de fibras musculares** que se estendem circularmente, longitudinalmente e diagonalmente (Figura 6.9). Uma massa de **CÉLULAS PARENQUIMÁTICAS**, originadas do mesoderma, preenche o espaço entre os músculos e órgãos viscerais (Figura 6.9). Geralmente, as células parenquimáticas são formadas pelas partes não-contráteis das células musculares.

A parede do corpo nos adultos dos Monogenea, Trematoda e Cestoda é similar àquela dos Turbellaria, a qual foi descrita acima. Entretanto, cílios não estão presentes, sendo a parede corporal nesses grupos de parasitas chamada **tegumento** (Figura 6.11). Esse plano tegumental característico constitui a base para a união dos Monogenea, Trematoda e Cestoda em um táxon chamado **Neodermata**.



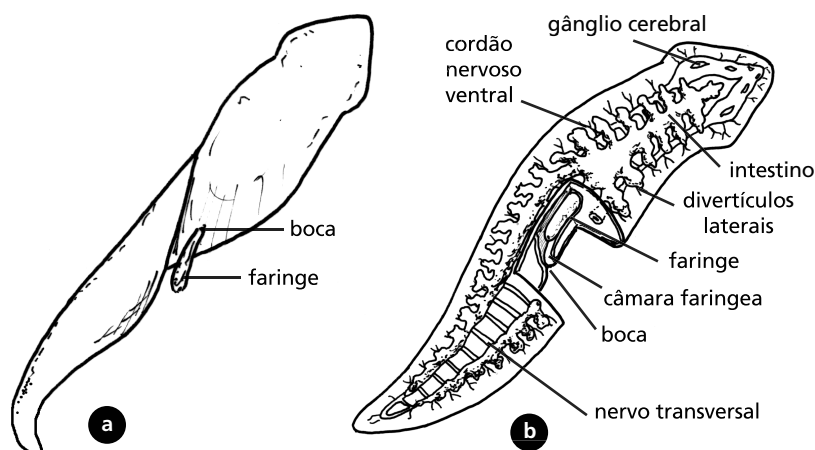
**Figura 6.11:** Corte do tegumento de um trematódeo parasita de fígado de carneiro, onde se observa o sincício citoplasmático não-ciliado, formado por extensões das células tegumentares localizadas no parênquima. Note que o tegumento é sobreposto à camada muscular, composta por músculos circulares, longitudinais e diagonais.

## **Sistema digestivo**

O aparelho digestivo dos platelmintos inclui a **boca**, a **faringe** e o **intestino**. Nos Cestoda, o aparelho digestivo não está presente. Nos Turbellaria, a faringe é extensível (Figura 6.12.a), uma característica que não ocorre nos Monogenea e Trematoda. O intestino dos Turbellaria pode possuir três troncos, um anterior e dois posteriores, com muitas ramificações (Figura 6.12.b). Nos Monogenea e Trematoda, o intestino pode ser simples ou também apresentar um grande número de ramificações.

As planárias são, em sua maioria, predadoras, alimentando-se de pequenos invertebrados, tais como insetos, crustáceos, nematódeos e rotíferos. As presas são envolvidas por secreções mucosas liberadas pelas glândulas de muco e rabditos. As planárias envolvem o seu corpo em torno da presa, estendem a faringe e sugam pequenas quantidades de alimento. Os monogêneos e trematódeos se alimentam das células e líquidos corporais dos hospedeiros.





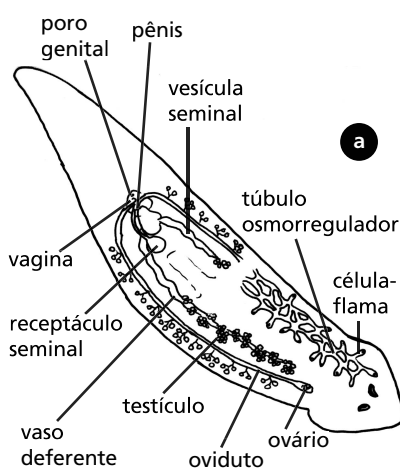
**Figura 6.12:** Sistema digestivo e nervoso de uma planária. (a) Faringe protruída através da boca ventral. (b) Trato digestivo ramificado e faringe em posição de repouso dentro da cavidade faríngea. Sistema nervoso composto por um par de cordões nervosos ventrais interligados por nervos transversais; gânglios nervosos restritos ao cérebro.

As secreções intestinais possuem enzimas proteolíticas que permitem uma **digestão extracelular** parcial. Partículas de alimento são sugadas para o intestino, onde células da gastroderme finalizam o processo de digestão (**intracelular**). As partículas não digeridas são liberadas através da boca. Os cestódeos se utilizam dos processos de digestão do hospedeiro para obter o seu alimento, pois, como você já sabe, eles não possuem um tubo digestivo. Eles absorvem pequenas moléculas produzidas pela digestão do animal parasitado.

### Excreção e regulação osmótica

Os órgãos de excreção e regulação osmótica dos platelmintos, exceto na ordem Acoela (Turbellaria), são **protonefrídios** com **células-flama** e **células tubulares** (Figura 6.13.a, b). Esses órgãos atuam principalmente na regulação osmótica.

Os resíduos produzidos pelo metabolismo são eliminados, principalmente, por difusão através da parede do corpo.



**Figura 6.13:** Sistema reprodutivo e protonefrídios de uma planária mostrados parcialmente. (a) Sistema excretor e osmorregulador com células-flama. Sistema reprodutor hermafrodita. (b) Protonefrídio em detalhe. Estrutura composta de uma célula tubular e de uma célula-flama com dois ou mais flagelos.

**PROTONEFRÍDIOS  
(FIGURA 6.13 A, B)**

São órgãos **OSMORREGULADORES** e **EXCRETORES**. Eles são tubulares e ramificados, abrindo-se para o exterior por meio de um **NEFRIDIÓPORO**. A terminação interna é fechada. Nesta, situa-se a **CÉLULA-FLAMA**, que se caracteriza pela presença de **FLAGÉLOS**. A movimentação dos flagelos promove a passagem de líquidos para o interior do protonefrídio, tornando possível a osmorregulação e a excreção. As células-flama são ligadas a **CÉLULAS TUBULARES**. Estas formam dutos que se abrem nos nefridióporos.

**FENESTRADO**

Cheio de fendas ou perfurações.

A terminação interna dos **PROTONEFRÍDIOS** é fechada. Cada célula-flama se conecta com uma célula tubular (Figura 6.13.b). Áreas **FENESTRADAS** são formadas na região de conexão. Elas permitem a passagem de fluidos para o interior do protonefrídio.

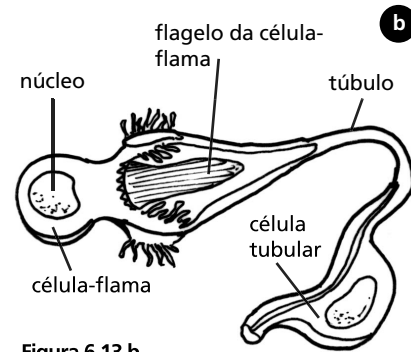


Figura 6.13.b

Esse movimento dos fluidos é causado pelo batimento de flagelos presentes na célula-flama. A movimentação dos flagelos lembra o bruxulear de uma chama, daí o nome das células em questão. Após a área de conexão, o fluido se dirige para o espaço delimitado pela célula tubular, passando em seguida para um duto que se abre para o exterior por meio de um poro (**nefridióporo**). A parede interna do protonefrídio, nas regiões posteriores à célula-flama, apresenta **dobras e microvilosidades** que, provavelmente, atuam na reabsorção de íons e moléculas.

Nas planárias, os dutos dos protonefrídios formam uma rede ao longo das partes laterais do corpo e se abrem por meio de muitos nefridióporos (Figura 6.13.a). Esse sistema é reduzido ou ausente nas planárias marinhas, as quais não precisam eliminar o excesso de água, o que indica que ele atua principalmente na regulação osmótica. Os monogêneos, usualmente, possuem dois poros excretores, os quais se abrem lateralmente na parte anterior do corpo. Os dutos de drenagem dos trematódeos terminam em uma bexiga excretora que se abre para o exterior por meio de um poro terminal (Figura 6.14). Nos cestódeos, existem dois canais excretores principais que são contínuos ao longo de todo o comprimento do verme. Esses canais se abrem no último segmento do corpo (os segmentos corporais das tênias são chamados **proglótides**), onde é formada uma bexiga excretora que possui um poro para o exterior. Quando a proglótide terminal se separa, os dois canais passam a se abrir separadamente.

## Sistema nervoso

Em alguns membros da ordem Acoela (Turbellaria), é encontrado o tipo mais simples de sistema nervoso dos platelmintes, o qual é formado por um **PLEXO NERVOSO SUBEPIDERMAL**. Esse plexo lembra o sistema nervoso dos cnidários. Em outros platelmintes, em adição ao plexo nervoso, estão presentes de um a cinco pares de **cordões nervosos longitudinais** sob a camada de músculos (**Figura 6.12.b**). Um menor número de cordões nervosos é encontrado nos grupos mais derivados. As planárias de água doce possuem um par de cordões longitudinais conectados por ramos transversais. O **cérebro** é uma massa bilobada de células gangliônicas, na região cefálica do corpo, ligada ao cordão nervoso ventral (**Figura 6.12.b**). Os neurônios, exceto nos Acoela (que apresentam um sistema nervoso difuso), são de três tipos: sensoriais, motores e de associação.

### PLEXO NERVOSO SUBEPIDERMAL

Rede de nervos localizada sob a epiderme.

## Órgãos sensoriais

**OCELOS**, ou manchas oclares sensitivas, são comuns nos turbelários, monogêneos e larvas de trematódeos. **Células tácteis** e **quimiorreceptoras** ocorrem em grande quantidade na parede corporal. As primeiras percebem sensações mecânicas, térmicas e de contato. As segundas detectam estímulos químicos, tais como características dos alimentos e cheiros. Nas planárias, as células sensoriais da epiderme formam órgãos distintos na região das aurículas (os lobos cefálicos, similares a orelhas). Algumas espécies também possuem órgãos sensoriais para promover o equilíbrio corporal (**estatocistos**) ou para detectar a direção das correntes de água (**reorreceptores**). Numerosas **terminações sensoriais** estão presentes em torno da **ventosa oral** dos trematódeos e do **escólex** dos cestódeos. O escólex (ou escólece) é o órgão de adesão das tênias ao corpo do animal hospedeiro. Terminações sensoriais são também comuns em torno dos **poros genitais** de trematódeos e cestódeos.

### OCELOS

Estruturas fotorreceptoras de origem epidermal. As células que formam os ocelos apresentam, em suas microvilosidades, **PIGMENTOS**. Estes promovem, por meio de **REAÇÕES FOTOQUÍMICAS**, a absorção da luz e a produção de estímulos que são transmitidos ao sistema nervoso.

## Reprodução

Muitos turbelários se reproduzem tanto **assexuadamente** (por meio da **fissão do corpo**) quanto **sexuadamente**. As **planárias de água doce** seccionam o corpo na região posterior à faringe, originando dois animais. Cada uma das novas planárias regenera as partes perdidas. Esse processo de reprodução assexuada é um meio bastante eficiente para o aumento das populações de planárias. Quando a densidade populacional é baixa, a quantidade de indivíduos se reproduzindo por fissão tende a aumentar. Em algumas espécies, nas quais a fissão ocorre, os indivíduos não se separam imediatamente. Eles permanecem ligados formando **CADEIAS DE ZOÓIDES**.

### ZOÓIDE

Cada indivíduo de uma espécie colonial.

Os trematódeos se reproduzem assexuadamente no corpo de caramujos, seus hospedeiros intermediários. Cestódeos jovens também se reproduzem assexuadamente, podendo produzir centenas e, em alguns casos, milhões de indivíduos.

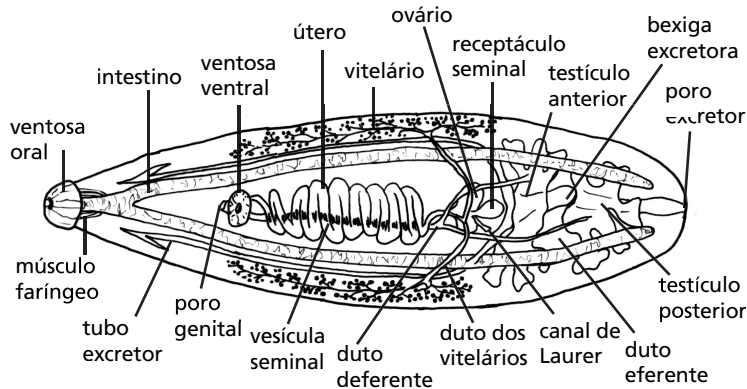
Os platelmintes são, praticamente, todos **monóicos (hermafroditas)**, sendo comum a **fertilização cruzada** (quando dois indivíduos copulam, ambos são fertilizados). Em vários turbelários, o **vitelo** para a nutrição do embrião em desenvolvimento fica contido no interior da célula ovo (**desenvolvimento endolécito**). Durante a **embriogênese**, o **padrão de clivagem das células é do tipo espiral**. Esse padrão, como você já sabe, é típico dos animais protostomados.

### CONDIÇÃO DERIVADA (OU APOMÓRFICA)

Característica que surge em uma linhagem a partir da modificação de uma condição pré-existente (**PLESIOMÓRFICA**).

Em outros turbelários, e também em todos os trematódeos, monogêneos e cestódeos, está presente uma **CONDIÇÃO DERIVADA** que se caracteriza pela pouca quantidade ou ausência de vitelo nos gametas femininos. O vitelo é fornecido por células liberadas por órgãos chamados **vitelários** (Figura 6.14). As células de vitelo seguem através dos **ductos dos vitelários** para o **oviduto**. Geralmente, um certo número de células de vitelo se posiciona em torno do zigoto, dentro da casca do ovo. Portanto, o desenvolvimento é considerado **ectolécito**. Esse tipo de desenvolvimento afeta a clivagem, de maneira que um padrão espiral não é mais reconhecido. É importante mencionar que o desaparecimento da clivagem espiral constitui uma condição derivada. O conjunto formado pelo zigoto e células de vitelo, envolvido pela casca do ovo, se move para o **útero** e, finalmente, é liberado pelo **poro genital** (Figura 6.14).

Os órgãos reprodutores masculinos incluem um, dois ou mais **testículos** conectados a **dutos eferentes**. Estes, por sua vez, se unem em um único **duto deferente**, o qual conduz à **vesícula seminal** (Figura 6.14). Esta é seguida por um **pênis** ou por um órgão copulador extensível chamado **cirro**.



**Figura 6.14:** Estrutura de um trematódeo parasita do fígado humano (fasciola hepática chinesa), forma adulta desenvolvida no hospedeiro primário (ser humano).

Nos períodos de reprodução, os turbelários desenvolvem tanto gônadas masculinas quanto femininas, as quais geralmente se abrem por meio de um poro genital comum (Figura 6.13.a). Após a cópula, os ovos fertilizados e algumas células de vitelo são envolvidos em pequenos casulos. Estes são fixados, por meio de pequenos pedúnculos, a pedras e plantas. Os embriões emergem dos ovos como juvenis que lembram os adultos maduros. Em algumas espécies marinhas, os embriões se desenvolvem em larvas ciliadas nadadoras.

Os monogêneos emergem como larvas nadadoras, as quais se fixam ao próximo hospedeiro, onde se desenvolvem em juvenis. Os trematódeos emergem dos ovos como larvas ciliadas, que penetram em caramujos (hospedeiros intermediários). Uma outra possibilidade é a emergência da larva após a ingestão do ovo pelo caramujo. Muitos cestódeos emergem apenas após serem ingeridos pelo hospedeiro intermediário.

Outras informações sobre a reprodução dos platelmintos serão fornecidas na próxima aula, que abordará as diferentes classes desse filo.

## RESUMO

Nesta aula, você aprendeu que os filos Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida apresentam, em seu desenvolvimento embrionário, um padrão de clivagem do tipo espiral, o que sugere que eles são relacionados aos animais protostomados. Nesses três filos, a região entre o ectoderma e endoderma é preenchida por mesoderma na forma de fibras musculares e mesênquima.

O filo Platyhelminthes, formado pelas classes Turbellaria, Monogenea, Trematoda e Cestoda, inclui tanto formas de vida livre quanto parasitas. São animais triploblásticos, bilaterais e acelomados, que se caracterizam por apresentar um processo de **cefalização** distinto. As principais características desse filo são as seguintes:

- 1) a parede do corpo com camadas de fibras musculares circulares, longitudinais e diagonais. Uma massa de células parenquimáticas preenche o espaço entre os músculos e órgãos viscerais;
- 2) o tubo digestivo, quando presente, possui somente a abertura oral;
- 3) os órgãos de excreção e regulação osmótica são, geralmente, protonefrídios com células-flama e células tubulares;
- 4) sistema nervoso podendo apresentar um cérebro e cordões nervosos distintos, além de um plexo de nervos subepidermais. Os órgãos sensoriais incluem ocelos, estatocistos, células tácteis e quimiorreceptoras, entre outras estruturas;
- 5) os platelmintos são, praticamente, todos hermafroditas, sendo comum a fertilização cruzada. Eles se reproduzem tanto assexuadamente quanto sexuadamente.

### CEFALIZAÇÃO

Processo de desenvolvimento e individualização da cabeça em relação ao restante do corpo.

## EXERCÍCIOS

1. Descreva ou ilustre o plano do corpo nos filos Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida. Compare a arquitetura corporal desses animais com aquela dos Cnidaria.
2. Qual característica dos filos Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida sugere que eles são relacionados aos animais protostomados?
3. Cite oito características do filo Platyhelminthes.
4. Descreva o sistema de excreção e regulação osmótica dos Platyhelminthes.
5. Descreva o processo de reprodução assexuada dos Turbellaria.

## AUTO-AVALIAÇÃO

É importante que você tenha entendido os seguintes aspectos abordados nesta aula: (1) características gerais da arquitetura corporal dos filos Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida; algumas dessas características estão ligadas à inclusão desses filos no grupo dos animais bilaterais protostomados; (2) características da arquitetura corporal, fisiologia e biologia dos Platyhelminthes. Caso você tenha compreendido bem esses tópicos, e respondido corretamente às questões propostas nos exercícios, você com certeza está preparado para avançar para a sétima aula.

## INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na Aula 7, você estudará aspectos da arquitetura corporal, fisiologia e biologia dos Turbellaria, Monogenea, Trematoda e Cestoda. Os ciclos de vida dos principais parasitas de importância médica serão abordados.





## Acelomados II: classificação, características e importância dos Platyhelminthes

AULA

7

### objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer os aspectos gerais da classificação do filo Platyhelminthes.
- Conhecer as características básicas das classes Turbellaria, Monogenea e Cestoda.
- Conhecer as principais espécies de platelmintos que possuem importância médica.

### Pré-requisitos

Aulas 1 a 6, especialmente a última.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

## INTRODUÇÃO

### GRUPO PARAFILÉTICO

Na Sistemática Filogenética, os únicos táxons considerados válidos são os **monofiléticos**. Estes incluem, hipoteticamente, todos os táxons descendentes de uma espécie ancestral. Os **grupos parafiléticos** não são válidos. Nestes, um táxon monofilético, descendente de uma espécie ancestral, é excluído. No caso dos Platyhelminthes, por exemplo, nós vimos que membros dos Turbellaria podem ter originado as demais classes (Monogenea, Trematoda e Cestoda), que formam o grupo monofilético Neodermata. Para que um grupo contendo todos os Turbellaria seja monofilético, é necessário que os Neodermata também estejam incluídos. Portanto, o grupo dos Turbellaria, como aqui apresentado, seria parafilético. Se essa hipótese for confirmada, modificações na classificação dos Platyhelminthes serão necessárias, de maneira que todas as classes propostas sejam monofiléticas. Esse problema será abordado na Aula 8, que inclui uma discussão sobre as relações entre as classes de Platyhelminthes.

Na última aula, você estudou as características gerais da arquitetura corporal no filo Platyhelminthes. Nesta aula, você aprenderá os aspectos específicos da morfologia e biologia das quatro classes que formam esse filo (Turbellaria, Monogenea, Trematoda e Cestoda). Como você já sabe, o filo Platyhelminthes inclui tanto formas de vida livre quanto parasitas. As primeiras são encontradas apenas na classe Turbellaria. Os membros das classes Monogenea, Trematoda e Cestoda são parasitas. Aspectos da biologia das principais espécies que possuem importância médica também serão aqui abordados.

## CLASSIFICAÇÃO DO FILO PLATYHELMINTHES

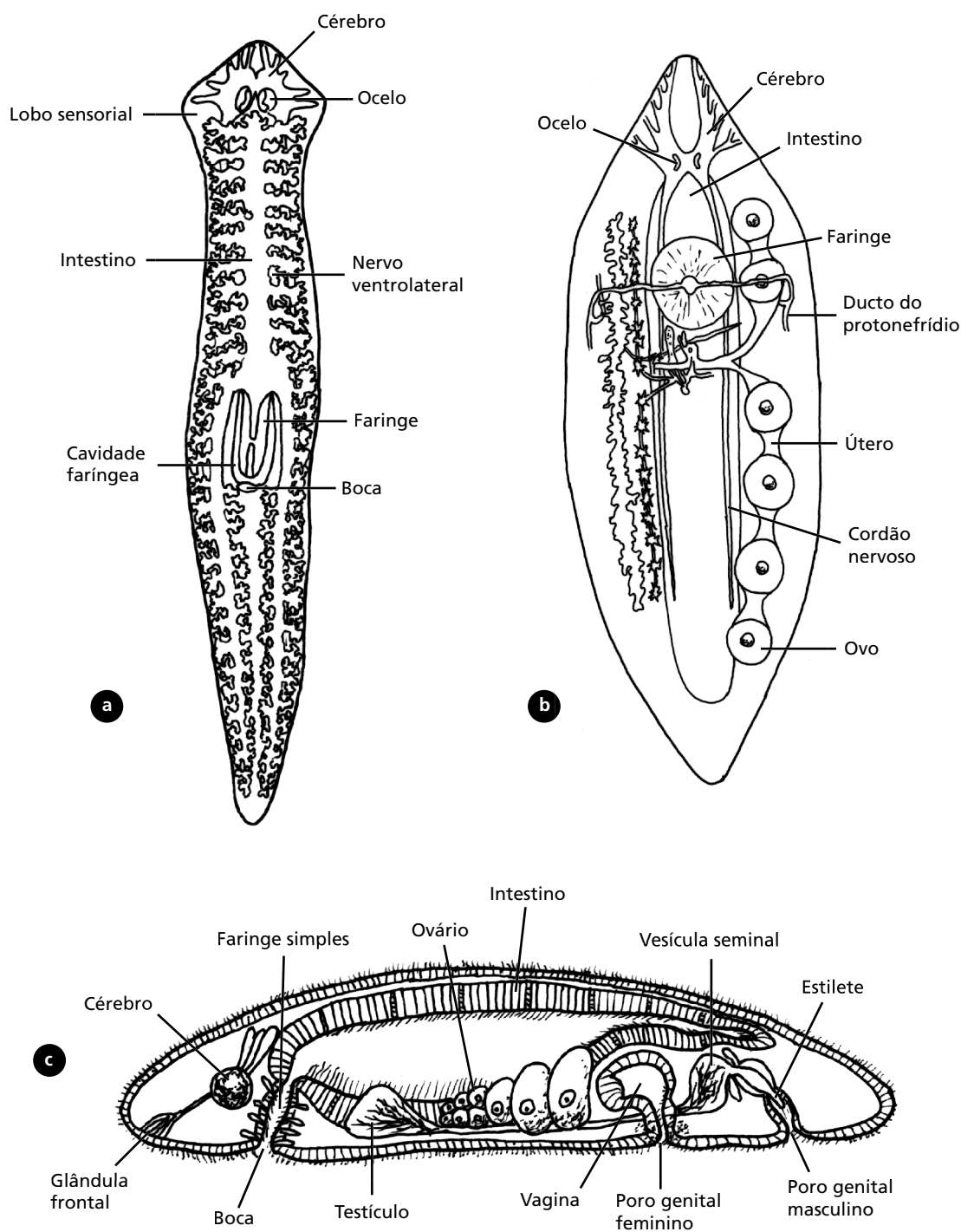
É importante que você conheça as principais características das quatro classes do filo Platyhelminthes. Essas características são mencionadas a seguir.

### Classe Turbellaria

(Do latim, *turbellae* [plural] = movimentos, agitações + *aria* = similar ou relacionado com.)

Essa classe (**Figura 7.1.a-c**) inclui vermes que, geralmente, são de vida livre. O corpo é macio, achatado dorsoventralmente e revestido por uma **epiderme ciliada**. Esta apresenta **células secretoras** e **rabditos** (estruturas alongadas que podem se intumescer e formar uma camada protetora de muco em torno do corpo). A boca, em geral, se situa na superfície ventral do corpo, por vezes na região central. Como nos demais platelmintos, não existe uma cavidade corporal, mas lacunas intercelulares estão presentes no parênquima. A maioria é **hermafrodita**, ocorrendo **fertilização cruzada**. A **reprodução assexuada**, por meio da **fissão do corpo**, é possível. Essa classe é, provavelmente, um **GRUPO PARAFILÉTICO**, tendo originado as demais classes de Platyhelminthes. Exemplos de gêneros incluídos: *Dugesia*, *Microstomum* e *Planocera*.

Como você já sabe, as planárias são, em sua maioria, predadoras, alimentando-se de pequenos invertebrados, tais como insetos, crustáceos, nematódeos e rotíferos. Elas vivem, geralmente, no fundo de ambientes marinhos ou de água doce ou em locais úmidos de ambientes terrestres. Muitas, principalmente no caso das espécies cujos indivíduos são grandes, são encontradas sob pedras ou outros objetos duros em riachos de água doce ou na zona litoral dos oceanos. Umas poucas planárias são parasitas ou simbióticas.

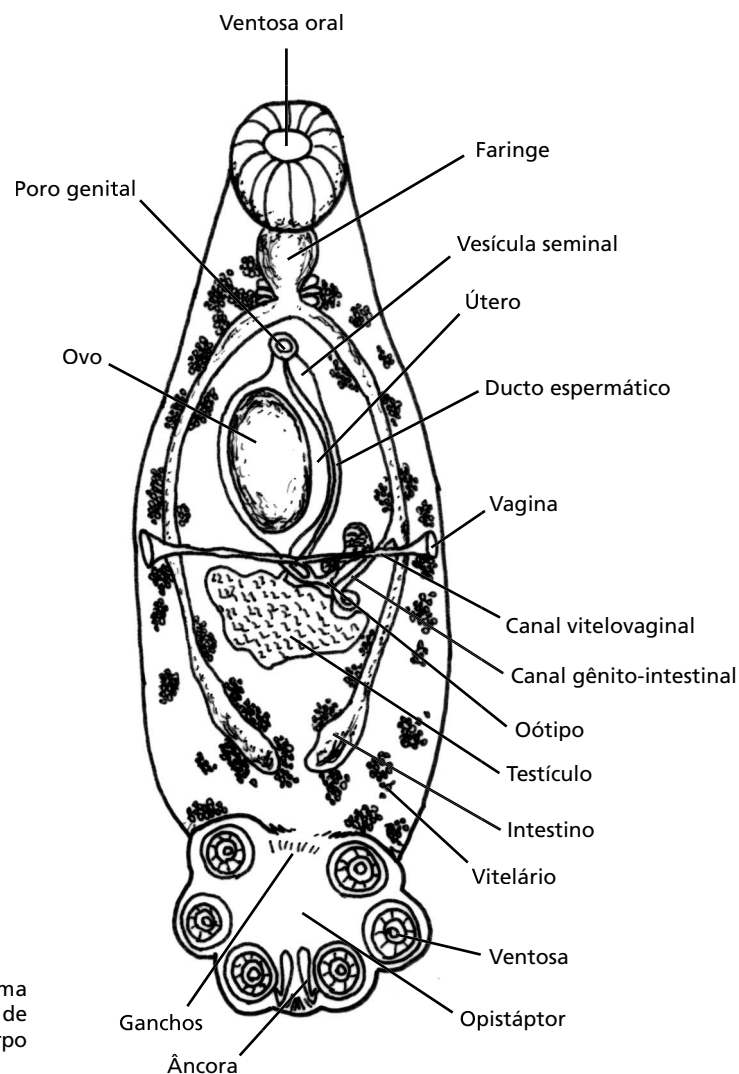


**Figura 7.1:** Classe Turbellaria. Aspectos da morfologia externa e interna. Diversas estruturas estão assinaladas. (a) Vista dorsal da planária *Dugesia*, mostrando o tubo digestivo com três ramificações. (b) e (c) turbelários em vistas ventral e lateral (corte sagital), respectivamente.

### Classe Monogenea

(Do grego, *mono* = único + *gene* = origem)

O corpo desses vermes (Figura 7.2) é, geralmente, foliáceo ou cilíndrico. Nos adultos, a superfície corporal apresenta um **tegumento sincicial sem cílios**. Um órgão para fixação no animal hospedeiro, chamado **opistáptor**, está presente na parte posterior do corpo. Esse órgão pode possuir **ventosas**, **ganchos** ou **grampos**, os quais podem ocorrer em combinação. Os monogêneos são **monóicos**. Usualmente, apresentam uma **larva ciliada**, nadadora, de vida livre. Todos são parasitas na fase adulta, ocorrendo, freqüentemente, sobre a pele ou brânquias de peixes marinhos e de água doce. Anfíbios, répteis e moluscos cefalópodes também podem ser hospedeiros. Exemplos de gêneros incluídos: *Dactylogyrus*, *Polystoma* e *Gyrodactylus*.



**Figura 7.2:** Classe Monogenea. Uma espécie parasita da bexiga urinária de tartarugas. Diversas estruturas do corpo estão assinaladas.

## Classe Trematoda

(Do grego, *trematodes* = com orifícios + *eidos* = forma.)

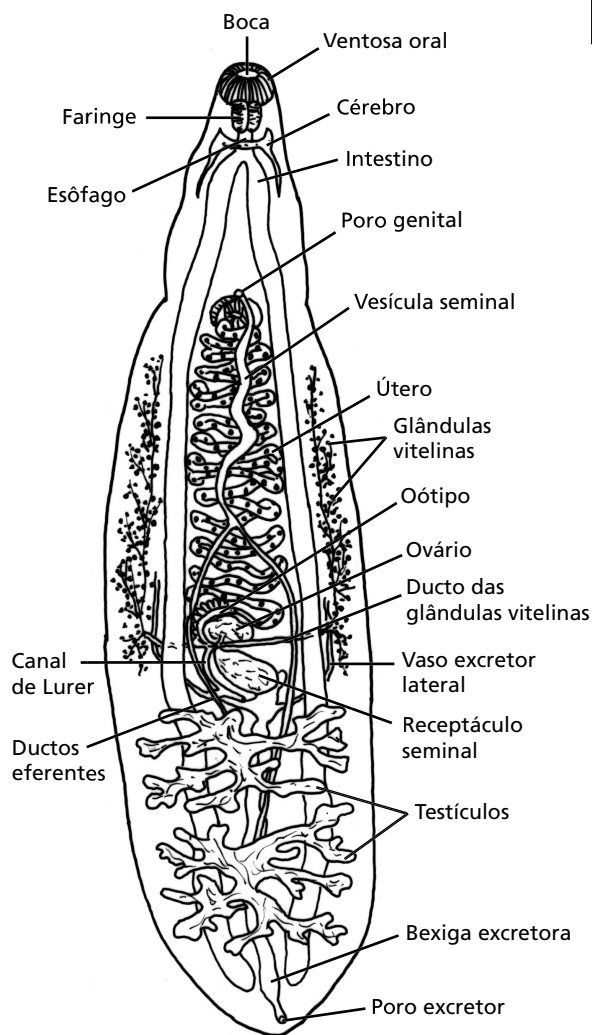
Como no caso dos monogêneos, o corpo dos trematódeos (Figura 7.3) é foliáceo ou cilíndrico e um tegumento sincicial sem cílios está presente.

Os trematódeos possuem, geralmente, ventosas orais e ventrais, mas ganchos não estão presentes. O tubo digestivo, em geral, possui dois ramos principais. Exemplos de gêneros incluídos: *Fasciola*, *Fasciolopsis*, *Paragonimus*, *Clonorchis* e *Schistosoma*.

A maioria dos trematódeos é monóica, mas existem também formas dióicas. O desenvolvimento é indireto e pode envolver, antes da fase adulta, vários estágios (miracídio, esporocisto, rédia, cercária e metacercária). O primeiro hospedeiro é um molusco e o último, usualmente, um vertebrado.

## Parasitismo e importância médica

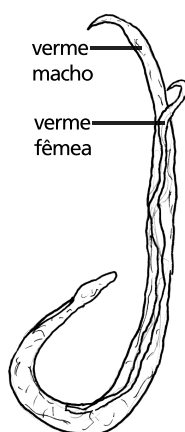
Os trematódeos parasitam representantes de todas as classes de vertebrados (peixes, anfíbios, mamíferos, répteis e aves). Alguns exemplos de trematódeos que parasitam os seres humanos são apresentados no Quadro 7.1. Em seguida, vamos falar sobre a biologia e o ciclo de vida do *Schistosoma mansoni*, verme causador da esquistossomose.



**Figura 7.3:** Classe Trematoda. Trematódeo chinês do fígado. Diversas estruturas do corpo estão assinaladas.

Quadro 7.1: Exemplos de trematódeos que infectam os seres humanos

Parasita	Modo de infecção
Trematódeos do sangue ( <i>Schistosoma</i> spp.); três espécies principais: <i>S. mansoni</i> (África e Américas Central e do Sul) (Figura 7.4), <i>S. haematobium</i> (África) e <i>S. japonicum</i> (leste da Ásia).	<b>Cercárias na água doce penetram através da pele.</b> Aproximadamente 200 milhões de pessoas infectadas por uma ou mais espécies.
Trematódeo chinês do fígado: <i>Clonorchis sinensis</i> (leste da Ásia) (Figura 7.3).	Ingestão de <b>peixe cru</b> contendo <b>metacercárias</b> . Aproximadamente 30 milhões de pessoas infectadas.
Trematódeos do pulmão ( <i>Paragonimus</i> spp.); principal espécie: <i>P. westermani</i> (Ásia, Oceania, África abaixo do Saara e Américas Central e do Sul).	Ingestão de <b>crustáceos crus</b> contendo <b>metacercárias</b> . Vários milhões de casos na Ásia
Trematódeo do intestino; <i>Fasciolopsis buski</i> (leste da Ásia).	Ingestão de <b>metacercárias</b> presentes na <b>vegetação aquática</b> . Aproximadamente 10 milhões de casos no leste da Ásia.
Trematódeo do fígado do carneiro; <i>Fasciola hepatica</i> .	Ingestão de <b>metacercárias</b> presentes na <b>vegetação aquática</b> . Ocorre geralmente em carneiros e no gado, sendo apenas ocasional nos seres humanos.



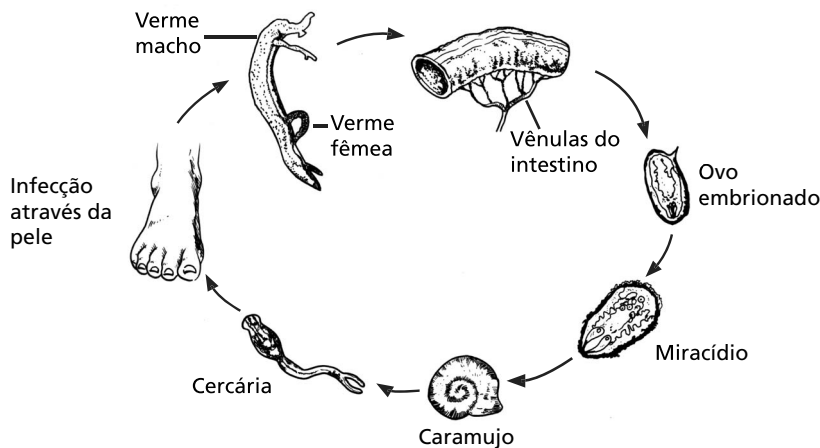
**Figura 7.4:** Aspectos do macho e da fêmea de *Schistosoma mansoni*. O macho é mais longo e robusto que a fêmea. Ele possui um sulco na parte ventral do corpo, o canal ginecóforo. A fêmea, que é mais delgada e longa, fica abrigada no canal ginecóforo.

### ***Schistosoma mansoni*: causadora da esquistossomose**

Os vermes desta espécie (Figura 7.4) vivem primariamente nas vênulas associadas ao intestino dos seres humanos, causando a doença chamada esquistossomose (esquistossomíase ou bilharziose). Esses vermes são comuns em partes da África, no Brasil, no norte da América do Sul e nas Antilhas. Caramujos do gênero *Biomphalaria* são os principais hospedeiros intermediários (vetores) do *S. mansoni*. O controle das populações desses caramujos, que vivem na água doce, é um dos meios utilizados para o combate à esquistossomose.

O ciclo de vida do *S. mansoni* (Figura 7.5) é similar ao das demais espécies do gênero *Schistosoma*. No caso do *S. mansoni*, os ovos são liberados juntamente com as **fezes humanas**. Caso os ovos cheguem a um corpo d'água, como um lago ou um brejo, ocorre a emergência de **miracídeos ciliados**, os quais, para sobreviver, têm de encontrar, em poucas horas, caramujos do gênero *Biomphalaria* (vetores). Os miracídeos penetram no caramujo e se transformam em **esporocistos**. Estes produzem uma **nova geração de esporocistos**, os quais, por sua vez, originam as **cercárias**. Estas saem do caramujo e nadam ativamente até entrar em contato com a pele humana. Elas penetram na pele,

perdendo a cauda durante o processo, e chegam a um vaso sanguíneo, invadindo então o sistema circulatório. As cercárias se transformam então nos **esquistossomos**. Os jovens esquistossomos chegam ao sistema porta-hepático de vasos sanguíneos, e passam por um período de desenvolvimento no fígado antes de chegar às vênulas do intestino.



**Figura 7.5:** Classe Trematoda. Ciclo de vida do *Schistosoma mansoni*, verme causador da esquistossomose.

*Schistosoma mansoni*, assim como as demais espécies do gênero, difere de outros trematódeos por ser **dióica**. O macho é mais largo e robusto que a fêmea (Figura 7.4). Ele possui um sulco na parte ventral do corpo, o **canal ginecofórico**. A fêmea, que é mais delgada e longa, fica abrigada no canal ginecofórico. Após se estabelecerem nas vênulas do intestino, os vermes se reproduzem sexualmente, tendo início a produção de ovos.

À medida que os ovos são liberados pelas fêmeas, eles passam das vênulas para o intestino, onde se misturam com as fezes. Os principais efeitos danosos da esquistossomose são causados pelos ovos. Muitos ovos não chegam ao tubo digestivo, sendo levados pela corrente sanguínea ao fígado e outras áreas. Estes ovos se tornam centros de inflamação e reação tissular. Os ovos alojados na parede intestinal causam ulcerações, abscessos e diarreia com sangue. Esses são os sintomas característicos da esquistossomose. Casos severos da doença podem causar a morte.

A melhor maneira de se controlar a esquistossomose é a instalação de meios adequados para a eliminação dos dejetos corporais (esgoto sanitário), de forma que eles não cheguem aos ambientes aquáticos onde vivem os caramujos. É necessário que as moradias tenham vasos sanitários ligados a um sistema eficiente de condução e eliminação do esgoto. Em países pobres, como o Brasil, onde esses elementos básicos de higiene não estão disponíveis para uma boa parcela da população, doenças como a esquistossomose se transformam em sérios problemas de saúde pública.

Como você já sabe, o controle das populações de vetores (caramujos) também é um mecanismo para o combate à esquistossomose. Substâncias químicas (venenos) podem ser empregadas para eliminá-los. O controle biológico também é possível. Predadores, tais como caramujos, crustáceos e peixes, podem ser introduzidos nos corpos d'água para controlar as populações de vetores. **Uma desvantagem clara dos meios de controle químico e biológico é o fato de eles causarem perturbações ecológicas nos corpos d'água e áreas adjacentes, alterando a estrutura das comunidades animais e vegetais.**

Outros meios de combate à esquistossomose incluem **remédios (quimioterapia)** e a **vacinação**. Entretanto, apesar do esforço dos cientistas, uma vacina realmente eficiente contra a esquistossomose ainda não foi desenvolvida.

Outras duas espécies de *Schistosoma* parasitam os seres humanos: *S. japonicum* (leste da Ásia) e *S. haematobium* (África). A primeira é encontrada, principalmente, nas vênulas associadas ao intestino. A segunda ocorre nas vênulas da bexiga urinária. **Em todo o mundo, aproximadamente 200 milhões de pessoas estão infectadas por uma ou mais espécies do gênero *Schistosoma*.**

### Classe Cestoda

(Do grego, *kestos* = cinta + *eidos* = forma)

O corpo dos animais dessa classe (**Figura 7.6**) tem o aspecto de uma fita. Assim como no caso dos monogêneos e trematódeos, um **tegumento sincicial sem cílios** está presente. O **escólex** (ou escólece) é o órgão de fixação dos cestódeos ao corpo do animal hospedeiro. Este órgão possui **ventosas** ou **ganchos** e, algumas vezes, ambos. A área corporal posterior ao escólex é, geralmente, dividida em uma série de **proglótides**. Um **tubo digestivo** não está presente. Os cestódeos se aproveitam dos processos de digestão do hospedeiro para obter o seu alimento. Esses vermes são,



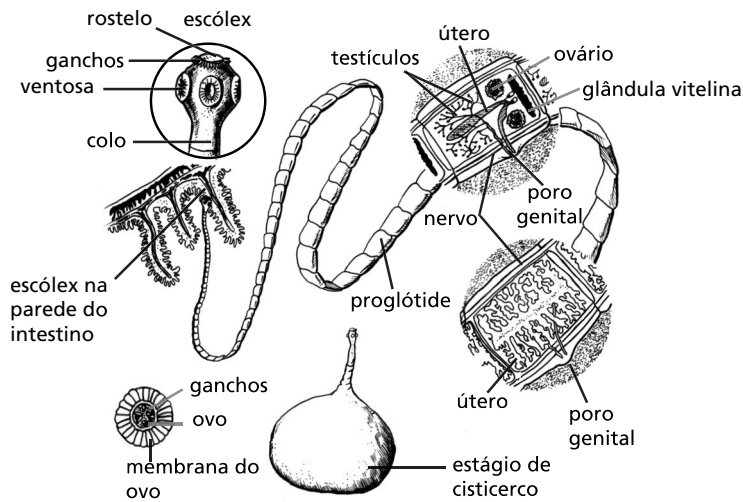
usualmente, **monóicos** e o seu **desenvolvimento** é **indireto**, envolvendo dois ou mais hospedeiros. Diferentes tipos larvares estão presentes (por exemplo, **oncosfera**, **cisticerco** e **cisto**). Exemplos de gêneros incluídos: *Diphyllobothrium*, *Dipylidium*, *Echinococcus*, *Hymenolepis* e *Taenia*.

### Parasitismo e importância médica

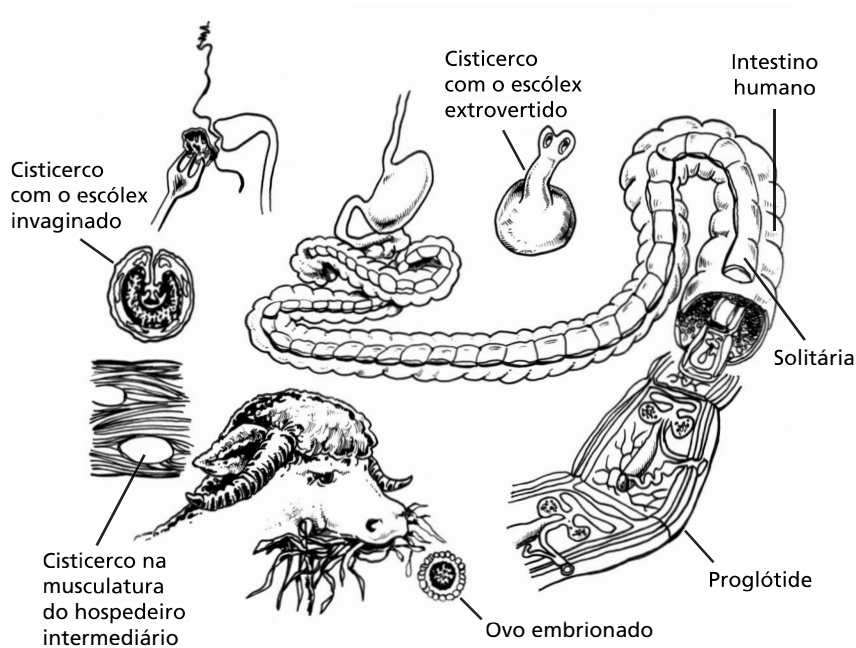
Os cestódeos, assim como os trematódeos, parasitam representantes de todas as classes de vertebrados. Alguns exemplos de cestódeos que parasitam os seres humanos são apresentados no **Quadro 7.2**. Em seguida, a biologia e o ciclo de vida da *Taenia saginata*, verme (solitária) causador da **teníase**, são abordados.

**Quadro 7.2:** Exemplos de cestódeos que infectam os seres humanos.

Parasita	Modo de infecção
Tênia (solitária) do boi ( <i>Taenia saginata</i> ) ( <b>Figura 7.7</b> ).	Ingestão de carne bovina crua ou malpassada contendo cisticercos (teníase). Tipo mais comum de cestódeo que infecta os seres humanos. O adulto maduro pode atingir mais de 10 metros de comprimento.
Tênia (solitária) do porco ( <i>Taenia solium</i> ) ( <b>Figura 7.6</b> ).	Ingestão de carne suína crua ou malpassada contendo cisticercos (teníase). Menos comum que a <i>T. saginata</i> . O adulto maduro pode atingir 7 metros de comprimento. Ingestão de ovos embrionados, ocorrendo a formação dos cisticercos nos tecidos humanos ( <b>cisticercose</b> ).
Tênia do peixe ( <i>Diphyllobothrium latum</i> ).	Ingestão de carne de peixe crua ou malpassada contendo cisticercos. Essa espécie é o maior cestódeo que infecta os seres humanos, atingindo até 20 metros de comprimento!
Tênia do cachorro ( <i>Dipylidium caninum</i> ).	Formas juvenis desse verme são transmitidas aos seres humanos (especialmente crianças) por <b>pulgas e piolhos</b> .
Tênia anã ( <i>Hymenolepis nana</i> ).	Formas juvenis desse verme são transmitidas aos seres humanos por besouros.
Hidatídeo unilocular ( <i>Echinococcus granulosus</i> ).	Cistos juvenis são transmitidos aos humanos através do contato com cachorros; vermes comuns em situações nas quais os humanos vivem próximos de cães e ruminantes.



**Figura 7.6:** Classe Cestoda. Aspectos da morfologia da forma adulta, do cisticerco e do ovo de *Taenia solium*, solitária do porco. Diversas estruturas estão assinaladas. Os círculos mostram em detalhe a região cefálica, uma proglótide imatura (mais anterior) e outra madura (mais posterior).



**Figura 7.7:** Classe Cestoda. Ciclo de vida da solitária *Taenia saginata*, causadora da teníase. Observe a longa fileira de proglótides no intestino do hospedeiro humano. Essa solitária pode atingir mais de 10 metros de comprimento. Veja o texto da aula para explicações sobre o ciclo de vida.

### ***Taenia saginata*: causadora da teníase**

O adulto desta espécie (Figura 7.7) vive no intestino dos seres humanos (hospedeiros definitivos). As formas juvenis são encontradas, primariamente, nos tecidos intermusculares dos animais bovinos (hospedeiros intermediários). **O verme adulto e maduro pode atingir mais de 10 metros de comprimento.** O seu escólex possui quatro ventosas para fixação na parede intestinal do hospedeiro definitivo, mas ganchos não estão presentes. **Um curto pescoço conecta o escólex a uma longa série de proglótides, a qual pode conter até 2.000 unidades.** Proglótides grávidas apresentam ovos **embrionados** (larvas envolvidas por uma cápsula). Elas se destacam do corpo da tênia e são liberadas com as fezes do hospedeiro, ou podem se arrastar para fora do tubo digestivo.

Ao ser depositada no ambiente (Figura 7.7), uma proglótide seca e se rompe, espalhando os **ovos embrionados** no solo e na vegetação rasteira. Tais ovos são resistentes, podendo permanecer viáveis por aproximadamente cinco meses. Quando os bovinos, ao se alimentarem no pasto, ingerem os ovos, ocorre a eclosão de larvas, denominadas **oncosferas**. Estas utilizam os seus ganchos para perfurar a parede intestinal do hospedeiro intermediário e penetrar nos vasos sanguíneos ou linfáticos. Por meio desses vasos, as oncosferas chegam aos músculos voluntários, onde se transformam em formas juvenis, chamadas **cisticercos**. Estes juvenis desenvolvem um escólex invaginado (isto é, que fica projetado para o interior do corpo) e permanecem quiescentes (inativos).

Quando a carne bovina infectada, crua ou malpassada, é ingerida por uma pessoa, a parede do cisticerco se dissolve e o escólex se projeta, se fixando à mucosa intestinal do hospedeiro definitivo. A presença da solitária no intestino humano constitui a **PARASITOSE (VERMINOSE)** conhecida como **teníase**. Após a fixação, novas proglótides começam a se desenvolver. Em aproximadamente duas ou três semanas, um verme maduro se forma. Este libera diariamente numerosas proglótides, as quais, como você já sabe, se misturam com as fezes ou podem se arrastar para fora do tubo digestivo, saindo pelo ânus.

A tênia do porco, *Taenia solium* (Figura 7.6), possui um ciclo de vida similar ao da *T. saginata*. Os seres humanos podem se infectar com o primeiro verme ao consumirem carne suína, crua ou malpassada, contendo cisticercos (teníase), ou ao ingerirem acidentalmente ovos ou proglótides (**cisticercose**). A *T. solium* pode ser diferenciada da *T. saginata* pelo aspecto do escólex, o qual apresenta ventosas e ganchos na primeira espécie (Figura 7.6). Na segunda, apenas ventosas estão presentes.

#### **PARASITOSE**

Agressão produzida por parasito em hospedeiro, e que pode ocorrer ou sob a forma de **INFECÇÃO** ou de **INFESTAÇÃO**.

#### **INFECÇÃO**

Penetração, desenvolvimento e multiplicação de organismos unicelulares (por exemplo, protozoários) ou multicelulares (por exemplo, platelmintos) em um hospedeiro.

#### **INFESTAÇÃO**

Alojamento, desenvolvimento e reprodução de artrópodes (por exemplo, piolhos) na superfície do corpo e nas vestes.

#### **VERMINOSE**

Infecção produzida por vermes (por exemplo, platelmintos).

A presença de tênias adultas no intestino humano pode ser assintomática, ou os sintomas são discretos. **Muito mais séria é a cisticercose, que resulta da ingestão acidental de ovos e proglótides de tênias do porco (*T. solium*).** Se uma pessoaingere esses elementos, ocorrerá a formação de cisticercos, de maneira similar àquela que se passa no hospedeiro intermediário usual. Os cisticercos podem se posicionar em vários órgãos, ocorrendo comumente no cérebro ou nos olhos. A infecção nesses locais pode resultar em cegueira, sérios sintomas neurológicos ou mesmo na morte. Portanto, a cisticercose é uma condição claramente mais grave e perigosa que a teníase.

Assim como no caso da esquistossomose, o combate à teníase e à cisticercose requer a melhoria das condições de higiene das pessoas, através da instalação de vasos sanitários e redes de esgoto eficientes. Um sistema adequado de eliminação dos dejetos sanitários impediria a chegada das proglótides aos locais de alimentação de bovinos e suínos. Entretanto, existe uma maneira mais barata de se controlar a proliferação das tênias: o cozimento adequado das carnes bovinas e suínas, que causa a morte dos cisticercos.

## RESUMO

Nesta aula, você estudou características morfológicas e biológicas das quatro classes do filo Platyhelminthes (Turbellaria, Monogenea, Trematoda e Cestoda). Esse filo inclui tanto formas de vida livre quanto parasitas. As primeiras são encontradas apenas na classe Turbellaria. Os membros das classes Monogenea, Trematoda e Cestoda são todos parasitas. Aspectos do ciclo de vida, biologia e morfologia das principais espécies que possuem importância médica foram abordados, incluindo informações detalhadas sobre o trematódeo do sangue *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose, e sobre o cestódeo *Taenia saginata* (solitária), causador da teníase.

## EXERCÍCIOS

1. Descreva as principais características morfológicas e biológicas dos membros das classes Turbellaria, Monogenea, Trematoda e Cestoda.
2. Descreva o ciclo de vida do trematódeo do sangue *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose.
3. Descreva o ciclo de vida do cestódeo *Taenia saginata* (solitária), causador da teníase.
4. Quais são as principais diferenças entre a teníase e a cisticercose? Por que a segunda infecção é considerada muito mais grave que a primeira?
5. Nesta aula, você aprendeu que a maneira mais eficaz para se controlar verminoses como a esquistossomose e a teníase é a instalação de sistemas que permitam a eliminação segura dos dejetos sanitários. Quais etapas do ciclo de vida dos vermes *Schistosoma mansoni* e *Taenia saginata* seriam afetadas pela instalação, em uma comunidade carente, de vasos sanitários e de um sistema de esgotos?
6. Quais são as propriedades que diferenciam um grupo monofilético de um grupo parafilético?

## AUTO-AVALIAÇÃO

É importante que você tenha entendido os seguintes pontos abordados nesta aula: (1) características básicas das classes Turbellaria, Monogenea, Trematoda e Cestoda; (2) morfologia, biologia e ciclos de vida dos vermes *Schistosoma mansoni* e *Taenia saginata*, assim como de outros platelmintos de importância médica. Se você compreendeu bem esses tópicos, e respondeu corretamente às questões propostas nos exercícios, você com toda certeza está preparado para avançar para a Aula 8.

## INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na Aula 8, você estudará o posicionamento filogenético do filo Platyhelminthes em relação aos demais grupos de animais bilaterais. As relações filogenéticas entre as classes desse filo serão analisadas. Além disso, serão abordados dois filos menores de animais acelomados (Nemertea e Gnathostomulida).



## Acelomados III: características dos Nemertea e Gnathostomulida

AULA

8

### objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer as características básicas da arquitetura corporal, fisiologia e biologia dos filos Nemertea e Gnathostomulida.
- Conhecer os aspectos gerais da filogenia dos animais triploblásticos acelomados.

### Pré-requisitos

Aulas 1 a 7, especialmente as duas últimas.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

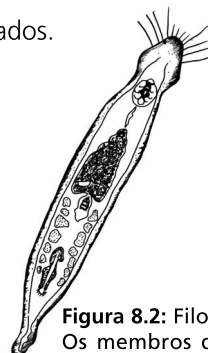
### ESPAÇOS INTERSTICIAIS

Pequenos espaços entre os grãos de areia que formam um determinado substrato.

Nas duas aulas anteriores, você estudou a morfologia, fisiologia e biologia dos vermes do filo Platyhelminthes. Nesta aula, serão abordados dois filios menores de animais triploblásticos acelomados: Nemertea (**Figura 8.1**) e Gnathostomulida (**Figura 8.2**). A grande maioria dos nemertinos vive no fundo marinho. Os gnatostomulídeos são marinhos e vivem nos **ESPAÇOS INTERSTICIAIS** em águas rasas. Após o estudo dos Nemertea e Gnathostomulida, nós discutiremos aspectos da filogenia e diversificação dos três filios de triploblásticos acelomados.



**Figura 8.1:** Filo Nemertea. *Lineus ruber*, um nemertino encontrado em latitudes setentrionais. A grande maioria dos vermes desse filo é habitante do fundo marinho.

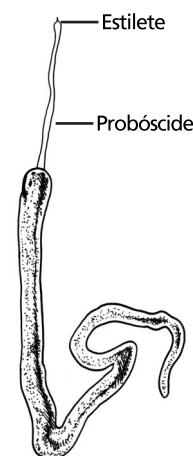


**Figura 8.2:** Filo Gnathostomulida. Os membros desse filo ocorrem nos espaços intersticiais de sedimentos marinhos.

## FILO NEMERTEA

São conhecidas aproximadamente 650 espécies de vermes nemertinos. Como você já sabe, a grande maioria dos membros desse filo é marinha. Eles vivem em pequenas profundidades, sob conchas e pedras, em algas, ou cavando abrigos no lodo e na areia. Alguns secretam tubos gelatinosos que servem como abrigo. Existe um único gênero (*Prostoma*), que inclui espécies de água doce, e um gênero (*Geonemertes*) contendo formas terrestres e que está restrito a regiões tropicais e subtropicais. Umas poucas espécies vivem como parasitas ou comensais no interior das câmaras branquiais de caranguejos, nas cavidades do manto de moluscos bivalves e no interior dos átrios de tunicados.

Os membros do filo Nemertea se caracterizam por apresentar uma **PROBÓSCIDE** bem desenvolvida e evidente que se projeta para a captura de presas (**Figura 8.3**). Falaremos mais sobre ela adiante. Como você aprendeu na Aula 6, o nome do filo diz respeito à presença



**Figura 8.3:** Um verme nemertino com a probóscide protraída. Os membros do filo Nemertea são predadores e utilizam a probóscide para a captura de presas. A probóscide do verme ilustrado acima apresenta um estilete no ápice, o qual é utilizado para perfurar a presa.

### PROBÓSCIDE RAMIFICADA

No estranho gênero do filo Nemertea *Gorgonorhynchus* (do grego, *Gorgo* = nome de um monstro feminino de aspecto terrível + *rhynchos* = probóscide, bico, focinho), a probóscide apresenta um grande número de ramificações. Estas, quando a probóscide é projetada, têm o aspecto de uma massa de pequenos vermes, o que explica o curioso nome dado ao gênero.



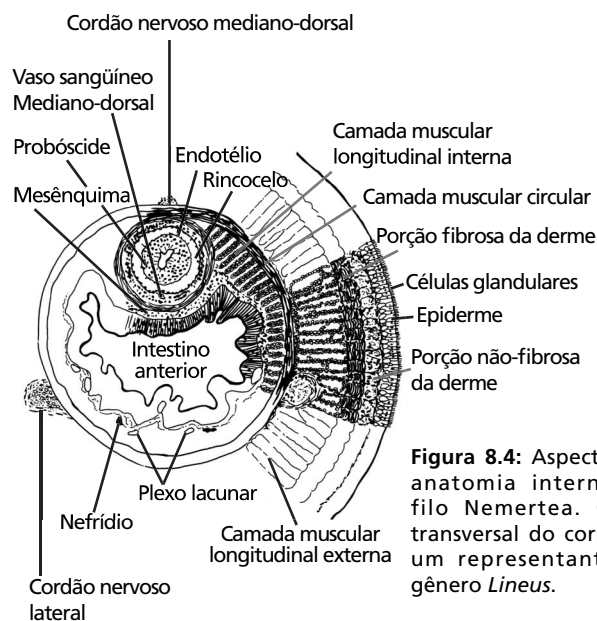
dessa probóscide. Relembrando, o nome da ninfa marinha *Nemertes*, na mitologia grega, está associado à qualidade de ser certo ou preciso. Um outro nome utilizado para o filo em questão é Rhynchocoela (do grego, *rhynchos* = probóscide, bico, focinho + *koilos* = cavidade, oco), o qual também está relacionado à estrutura utilizada para a captura de presas.

Os vermes nemertinos, geralmente, possuem menos de 20 cm de comprimento. Entretanto, existem espécies nas quais o tamanho do corpo dos indivíduos é bem maior, podendo atingir alguns metros. Exemplos da espécie *Lineus longissimus* podem atingir 30 metros de comprimento! Os nemertinos, freqüentemente, apresentam cores brilhantes, apesar de existirem muitas espécies nas quais os indivíduos são pálidos.

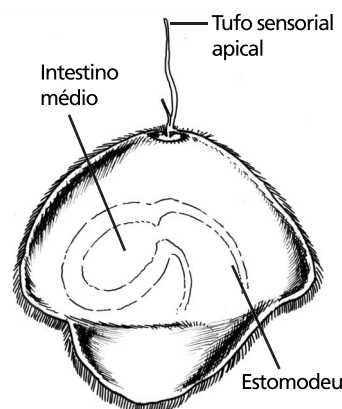
### ALGUMAS SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS ENTRE OS NEMERTEA E PLATYHELMINTHES

O plano de construção corporal dos nemertinos é, com algumas exceções, similar àquele dos platelmintes da classe Turbellaria (Figura 8.4). A epiderme, assim como nos turbelários, é ciliada e possui muitas células glandulares. Uma outra similaridade marcante é a presença de células-flama no sistema excretor. Rábditos foram encontrados em vários nemertinos, incluindo o gênero *Lineus*.

Entretanto, os nemertinos diferem dos turbelários por características do sistema reprodutor. Os primeiros são, na maioria dos casos, dióicos (ou seja, os sexos são separados, existindo machos e fêmeas). Nos nemertinos marinhos, existe uma larva ciliada nadadora chamada pilídio (Figura 8.5). Esta larva tem um formato que lembra ligeiramente um capacete e apresenta



**Figura 8.4:** Aspectos da anatomia interna no filo Nemertea. Corte transversal do corpo de um representante do gênero *Lineus*.

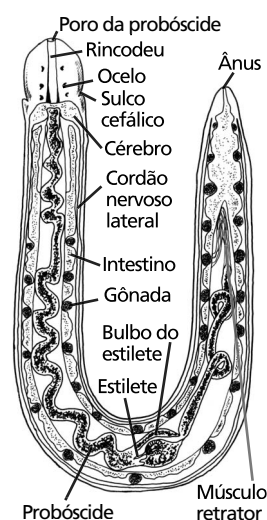


**Figura 8.5:** Larva pilídio de um verme do filo Nemertea.

um tufo de cílios sensoriais na parte dorsal do corpo. A larva pilídio possui uma boca ventral, mas o ânus não está presente, sendo esta outra característica compartilhada com os platelmintes. Ela lembra também a larva trocófora, a qual é encontrada em anelídeos e moluscos e será tratada futuramente no nosso curso.

Outras características compartilhadas por nemertinos e turbelários, assim como com os demais platelmintes, são as presenças de simetria bilateral e do mesoderma e a ausência de uma cavidade celomática. As informações disponíveis atualmente sugerem que os nemertinos se originaram de uma forma ancestral que possuía um plano corporal similar ao dos platelmintes.

Os membros do filo Nemertea apresentam algumas características derivadas que não ocorrem nos Platyhelminthes. Entre elas, temos a probóscide (Figura 8.3) e a sua bainha (local onde a probóscide se aloja). Uma outra característica derivada é a presença de um ânus nos vermes adultos (Figura 8.6), resultando em um tubo digestivo completo. O sistema digestivo torna-se mais eficiente com a presença do ânus, pois a liberação das fezes pela boca, no sentido contrário ao dos alimentos ingeridos, deixa de ser necessária. Os nemertinos apresentam ainda um sistema circulatório vascular (Figura 8.8).



**Figura 8.6:** Aspectos da anatomia interna no filo Nemertea. Corte sagital do corpo de um exemplar da espécie *Prostoma rubrum*.

## Estrutura do corpo no filo Nemertea

### Tegumento e músculos

A parede do corpo é formada por uma epiderme de células colunares ciliadas e camadas de músculos circulares e longitudinais (Figura 8.4). O espaço em torno dos órgãos viscerais é preenchido por um parênquima gelatinoso.

Os nemertinos podem se mover com uma velocidade considerável por meio da atividade combinada de músculos e cílios. Eles deslizam, principalmente, sobre o substrato. Algumas espécies, para se arrastar, contraem e relaxam alternadamente a musculatura.

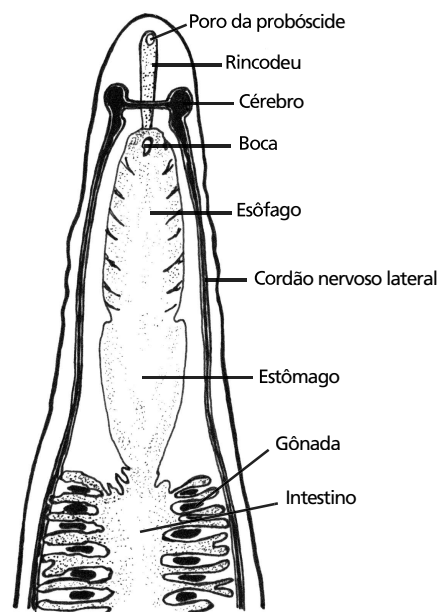
A **probóscide** é um órgão retrátil utilizado para a defesa e captura de presas (**Figura 8.6**). Ela não é conectada ao tubo digestivo. Em repouso, a probóscide se posiciona em uma cavidade chamada **rincocelo**, a qual é preenchida por um fluido. A pressão exercida por músculos sobre esse fluido causa o lançamento da parte anterior da probóscide. Músculos retratores ligados à extremidade da probóscide a trazem de volta à sua posição de repouso na rincocelo.

A probóscide é revestida por uma bainha, a qual ela se conecta por meio de feixes musculares. O aparato da probóscide constitui uma invaginação da parede anterior do corpo. A sua estrutura, portanto, é a mesma da parede corporal. Uma **glândula frontal** se abre, por meio de um poro, na parte anterior da probóscide. Esta parte pode também estar armada com um **estilete** cuja ponta é bastante aguda (**Figura 8.6**). A probóscide e o seu estilete podem, em alguns casos, ser utilizados para a locomoção. O verme projeta a probóscide e se fixa ao substrato por meio do estilete. Ele, então, desloca o corpo para a frente, utilizando como ponto de apoio o local onde o estilete está fixado.

## Sistema digestivo

Os nemertinos são **carnívoros** e **vorazes**, alimentando-se tanto de animais vivos quanto mortos. Para capturar uma presa, esses vermes usam a probóscide, a qual é recoberta por um material mucoso. Ela se enrola em torno da presa; o estilete, quando presente, é utilizado para perfurar e segurar o animal capturado (**Figura 8.6**). Ao retrain a probóscide, o nemertino posiciona a presa perto da sua boca. O esôfago é, então, projetado para engolir o alimento.

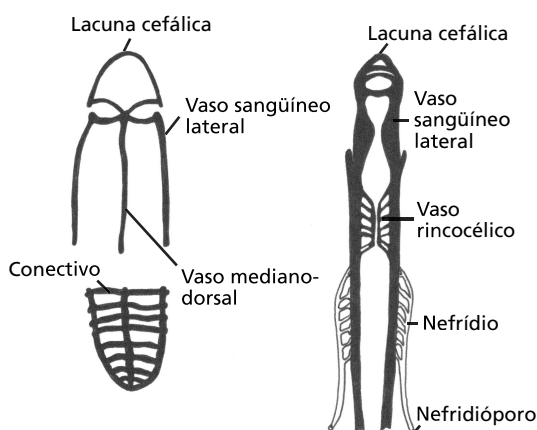
O tubo digestivo é completo, possuindo tanto uma boca quanto um ânus (**Figuras 8.6 e 8.7**). A boca, que possui uma área labial bem desenvolvida, localiza-se na parte ântero-ventral do corpo, logo abaixo da abertura da probóscide. A primeira parte do tubo digestivo é o **esôfago**, que é reto e possui **células glandulares**. O esôfago se abre no **estômago**, uma parte dilatada do tubo digestivo.



**Figura 8.7:** Porção anterior do corpo de um nemertino do gênero *Carinoma*.

O estômago, por sua vez, se liga ao **intestino**. Este apresenta **cecos laterais** pareados. O trato digestivo é revestido por um **epitélio ciliado**.

A **digestão** é, principalmente, **extracelular** e ocorre no tubo intestinal. Quando o alimento está pronto para a absorção, ele atravessa o revestimento celular do trato intestinal e chega ao sistema vascular sanguíneo. As fezes são eliminadas pelo **ânus**, localizado na parte terminal do corpo.



**Figura 8.8:** Aspectos dos sistemas circulatório e excretor no filo Nemertea.

### Sistema circulatório

O **sistema circulatório** é simples e **fechado** (Figura 8.8). Ele apresenta **três vasos longitudinais**, um dorsal e dois laterais, que se unem na parte anterior do corpo. O vaso longitudinal se liga aos laterais por meio de **conexões transversais**. Não existe um coração, o sangue é movimentado pelas paredes musculares dos vasos sanguíneos e pelos movimentos do corpo.

O **sangue**, geralmente, é incolor e possui corpúsculos nucleados. Todavia, em alguns nemertinos, o sangue apresenta pigmentos que podem ser vermelhos, verdes, amarelos ou alaranjados e cuja função ainda não é conhecida.

### Excreção e respiração

O sistema excretor possui um **par de tubos laterais com muitas ramificações e células-flama (protonefrídios)** (Figura 8.4). Cada tubo lateral se abre para o exterior por meio de um ou muitos **poros**. Os excretas (material a ser excretado) são retirados dos espaços no parênquima e do sangue pelas células-flama, sendo conduzidos aos tubos excretores e liberados pelos poros.

Muitos protonefrídios estão intimamente associados ao sistema circulatório, o que sugere uma função verdadeiramente excretora (Figura 8.8). Já nos Platyhelminthes, como você deve estar lembrado, os protonefrídios parecem atuar, principalmente, na regulação osmótica.

Os **nemertinos não possuem órgãos especiais para a respiração**. Ela ocorre simplesmente através da parede do corpo.

## Sistema nervoso e órgãos sensoriais

O sistema nervoso nos nemertinos apresenta um **cérebro** distinto (Figuras 8.6 e 8.7), o qual é formado por quatro **gânglios fusionados**, um par ventral e outro dorsal. Do cérebro, partem **cinco nervos longitudinais** em direção à região posterior do corpo (um par lateral, um par látero-dorsal e um feixe único dorsal). Os nervos longitudinais se conectam por meio de uma rede de fibras nervosas. Também do cérebro partem nervos para a probóscide, ocelos e outros órgãos sensoriais, boca e esôfago.

Além dos **ocelos** (Figura 8.6), os nemertinos possuem alguns outros tipos de órgãos sensoriais, tais como **papilas tácteis**, **depressões e sulcos com terminações nervosas** e, provavelmente, **órgãos auditivos**.

## Reprodução

Como dissemos anteriormente, os nemertinos são, geralmente, **dióicos**. As **gônadas**, em ambos os sexos, localizam-se entre os cecos intestinais (Figuras 8.6 e 8.7). Um curto duto parte de cada gônada e se estende para a superfície dorsolateral do corpo, onde se localiza o **poro genital**. A espécie *Prostoma rubrum*, que vive na água doce, é **hermafrodita**.

O processo de fertilização ocorre com a liberação dos **óvulos** e **espermatozóides** na água. A produção dos óvulos nas fêmeas é, geralmente, acompanhada pela degeneração dos órgãos viscerais. Alguns nemertinos são **vivíparos**.

Os nemertinos se caracterizam por apresentar, em seu desenvolvimento embrionário, um **padrão de clivagem do tipo espiral e determinado** (abordado na Aula 2 do nosso curso). O mesoderma se origina parcialmente do endoderma e parcialmente do ectoderma. A rincocela se desenvolve no interior do mesoderma. Portanto, ela é, tecnicamente, uma cavidade celomática. Entretanto, ela não é considerada homóloga ao celoma de outros filos de metazoários.

Como você já sabe, as formas imaturas dos nemertinos são as **larvas pilídio** (Figura 8.5). Estas larvas, que são nadadoras, possuem um tufo de cílios sensoriais na parte dorsal do corpo e um par de lobos laterais. Elas apresentam uma boca, mas o tubo digestivo não possui um ânus. Em alguns nemertinos, o zigoto se desenvolve diretamente na forma adulta, não ocorrendo a metamorfose.

#### AUTOTOMIA

Alguns animais possuem a capacidade de seccionar (amputar) partes do próprio corpo. Esse fenômeno, que geralmente constitui uma estratégia de defesa, é chamado autotomia. Lagartos, por exemplo, liberam a cauda para confundir um predador e tornar a fuga mais eficiente. Os nemertinos podem se reproduzir assexuadamente por autotomia.

Os nemertinos possuem grande capacidade de **regeneração**. Eles podem se fragmentar por **AUTOTOMIA**, e cada fragmento resultante se desenvolve em um novo verme.

#### Classificação do filo Nemertea

O filo Nemertea possui duas classes. Apresentamos cada uma, com algumas de suas características.

##### Classe Enopla (do grego, *enoplos* = armado)

A probóscide geralmente possui um estilete. A boca se localiza antes do cérebro. Exemplos de gêneros incluídos: *Amphiporus* e *Prostoma*.

##### Classe Anopla (do grego, *anoplos* = não-armado)

Probóscide sem estiletos. A boca se localiza abaixo ou depois do cérebro. Exemplos de gêneros incluídos: *Cerebratulus*, *Tubulanus* e *Lineus*.

#### FILO GNATHOSTOMULIDA

Os Gnathostomulida constituem um pequeno filo de diminutos vermes acelomados. Como você já sabe, eles vivem nos **espaços intersticiais** das areias marinhas em águas rasas. A primeira observação de uma espécie desse filo ocorreu em 1928, durante estudos realizados no Mar Báltico. Entretanto, a primeira descrição de um gnatostomulídeo só veio a ser publicada em 1956. Desde então, esses vermes têm sido encontrados em várias partes do mundo. Atualmente, são conhecidas aproximadamente 80 espécies distribuídas em 18 gêneros.

Os gnatostomulídeos podem ocorrer em grande quantidade nos espaços intersticiais. A maioria dos membros desse filo é, possivelmente, capaz de **respirar anaerobicamente**, pois eles vivem em águas marinhas escuras nas quais as taxas de oxigênio são extremamente baixas. Nos interstícios, os gnatostomulídeos são frequentemente encontrados junto a outros pequenos organismos marinhos, tais como protozoários ciliados, vermes pseudocelomados (nematódeos e gastrotríquios) e tardígrados.

O comprimento do corpo dos gnatostomulídeos varia entre 0,5 e 1 mm. Todos são alongados e alguns podem ser filiformes. O corpo transparente, mais ou menos cilíndrico, consiste em uma região cefálica separada do tronco por uma área cervical discretamente constrita (estreitada). O corpo afila-se para trás numa cauda (Figura 8.2).

Assim como nos Turbellaria (planárias), a **parede do corpo** dos Gnathostomulida é **ciliada**. Entretanto, cada célula epitelial dos gnatostomulídeos possui apenas um cílio, uma característica que os distingue das planárias. Eles se movem por um tipo de natação lenta e deslizante, podendo o corpo ser contraído e contorcido por três ou quatro grupos pares de fibras musculares longitudinais. Diferentemente das planárias, a propulsão ciliar nos gnatostomulídeos pode ser invertida. O **parênquima** é pouco desenvolvido. O **sistema nervoso** é **epidérmico** e os **órgãos sensitivos** são **cavidades ciliares** e **cílios sensoriais**, os quais estão particularmente bem desenvolvidos na extremidade anterior do corpo (Figura 8.9), uma característica associada ao **processo de cefalização**.

Os Gnathostomulida, assim como os Platyhelminthes, possuem um **tubo digestivo sem abertura anal**. A **boca**, localizada ventralmente após a cabeça, possui uma **placa em forma de pente no lábio** e um **par de mandíbulas laterais denteadas** (Figura 8.10). As mandíbulas são acionadas por músculos. O restante do tubo digestivo é uma estrutura tubular. Aparentemente, as principais **fontes de alimento** dos gnatostomulídeos são **bactérias** e **fungos**, os quais são raspados pelo pente do lábio e levados ao interior do intestino por movimentos das mandíbulas.

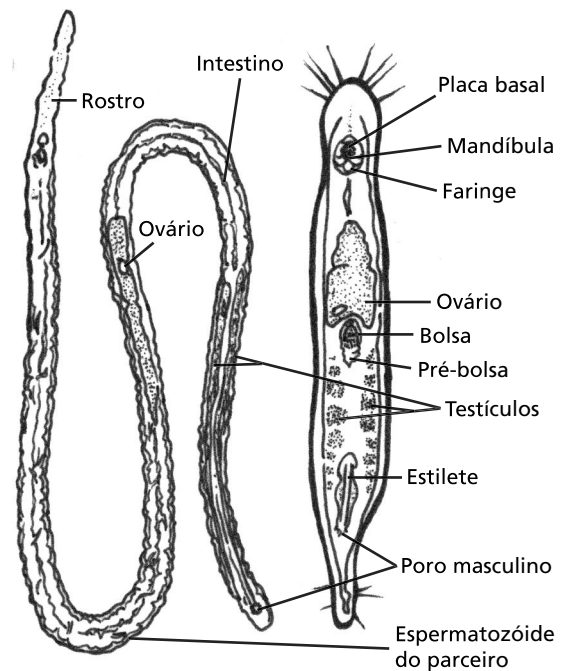


Figura 8.9: Aspectos da morfologia de dois vermes do filo Gnathostomulida.

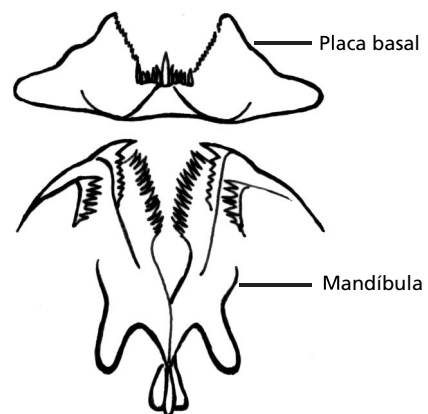


Figura 8.10: Placa basal e mandíbulas de um verme gnatostomulídeo.

Os gnatostomulídeos são, geralmente, **hermafroditas** (Figura 8.9), podendo ser encontrados também indivíduos unicamente masculinos ou femininos. O sistema reprodutor masculino é formado por um testículo ou por um par de testículos. Geralmente, um órgão copulador está presente. Este órgão pode apresentar, em algumas espécies, um estilete. O poro genital masculino localiza-se na extremidade posterior do corpo. O sistema reprodutor feminino, geralmente, consiste em um único ovário e uma bolsa associada, ou saco de armazenamento de espermatozóides. Uma vagina está presente em algumas espécies.

#### IMPREGNAÇÃO HIPODÉRMICA

Curiosa situação onde o órgão copulador masculino é utilizado para perfurar o corpo da fêmea ou indivíduo hermafrodita. Os espermatozóides são liberados no interior do corpo receptor e têm que se movimentar para localizar as gônadas femininas.

A transferência de espermatozóides, provavelmente, ocorre por penetração na parede do corpo (**IMPREGNAÇÃO HIPODÉRMICA**), ou pela fixação do poro genital masculino ao tegumento de outro indivíduo, ou através de injeção no interior da vagina. Um único e grande ovo é liberado em cada postura. A liberação do ovo ocorre através do rompimento da parede do corpo do verme, que se regenera rapidamente. Após a liberação, o ovo adere rapidamente ao substrato.

Os gnatostomulídeos apresentam **clivagem espiral** e o seu **desenvolvimento é direto**, não existindo uma fase larvar. Alguns membros desse filo podem, aparentemente, exibir **estágios não-sexuados**, durante os quais o verme se alimenta normalmente e o sistema reprodutor se degenera. Os estágios não-sexuados se alternam com os **sexuados**, nos quais ocorre a regeneração do sistema reprodutor e a supressão da alimentação.

## FILOGENIA E DIVERSIFICAÇÃO

Os animais que apresentam simetria bilateral provavelmente se originaram de um ancestral radial. Talvez esse ancestral tenha sido similar à **larva plânula** dos membros do filo Cnidaria. O **ancestral planulóide** pode ter originado uma linhagem de descendentes com simetria radial, os quais eram fixos ao substrato ou flutuavam livremente. Essa linhagem originou os Cnidaria.

Uma outra linhagem de descendentes adquiriu a simetria bilateral e o hábito de se arrastar no fundo. A simetria bilateral, como você já sabe, é uma característica importante para animais que se arrastam ou nadam, porque as estruturas sensoriais passam a se concentrar na extremidade anterior do corpo (processo de cefalização), a qual é a primeira a entrar em contato com estímulos provenientes do ambiente.



O hábito de se arrastar dos membros mais primitivos do filo Platyhelminthes está relacionado ao desenvolvimento da simetria bilateral e outras características, tais como a cefalização, diferenciação das regiões dorsal e ventral do corpo e aparecimento de uma área caudal. Todas essas características, as quais estão claramente presentes nos Platyhelminthes, estão ligadas ao aumento da capacidade de locomoção e de exploração do ambiente que é típico dos animais bilateralmente simétricos.

Estudos realizados com base em seqüências do DNA ribossomal, padrões de clivagem embrionária, origens do mesoderma e estrutura do sistema nervoso sugerem que a ordem Acoela (atualmente incluída na classe Turbellaria) não seria parte do filo Platyhelminthes. De acordo com esses estudos, os Acoela seriam, na verdade, o grupo-irmão de todos os demais Bilateria. Caso esta hipótese esteja correta, o filo Platyhelminthes, como definido atualmente, seria um **GRUPO POLIFILÉTICO**.

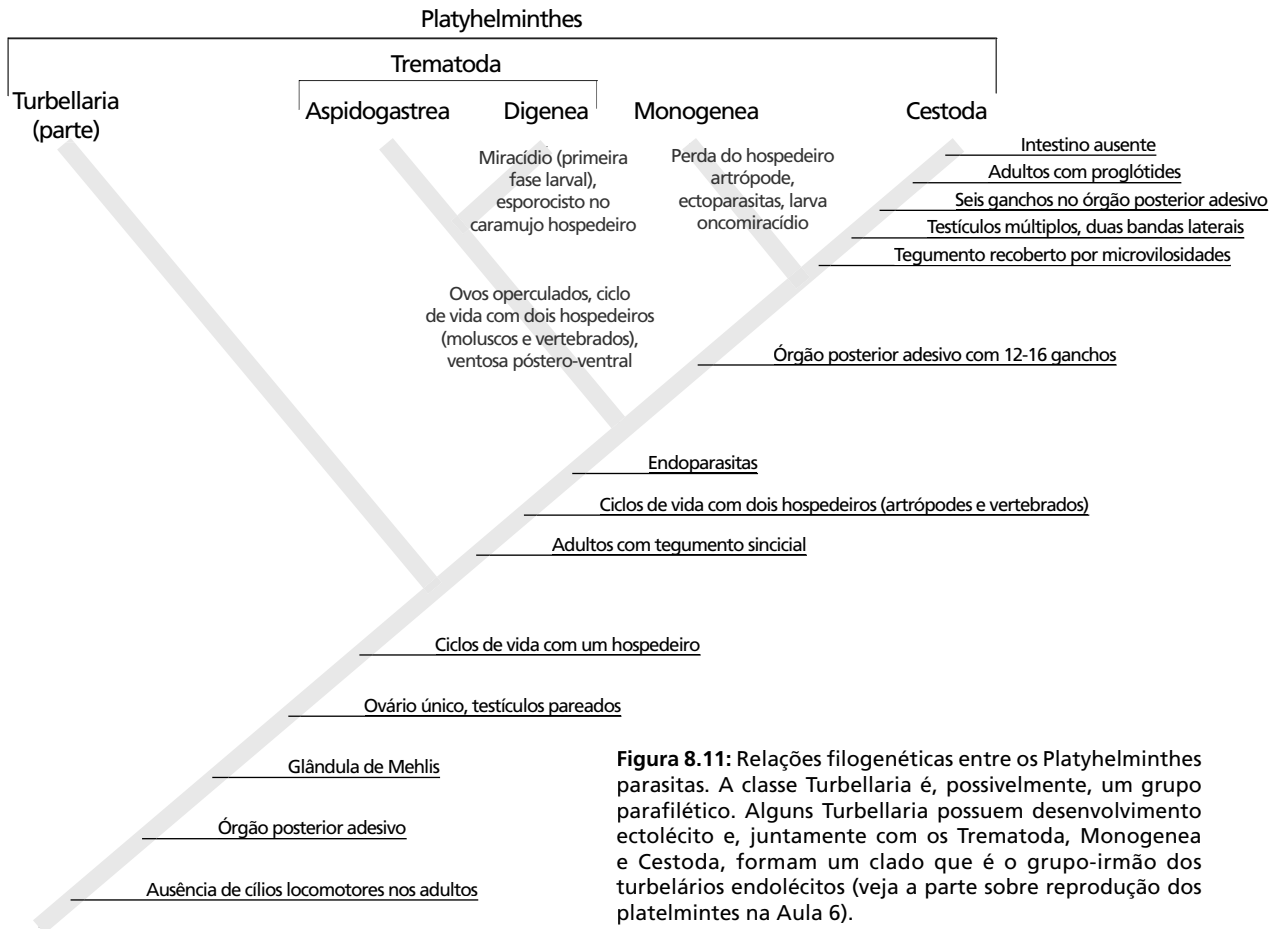
A arquitetura corporal e o metabolismo dos Platyhelminthes tornaram os membros do filo especialmente adaptados para a vida como parasitas. **Na linhagem dos Neodermata, ocorreu um intenso processo de diversificação das formas parasitas e muitos vermes achatados se tornaram altamente especializados para este modo de vida.** Uma hipótese sobre a filogenia dos platelmintes parasitas, a qual sugere a condição parafilética da classe Turbellaria, é apresentada na **Figura 8.11**.

As relações filogenéticas dos filos Nemertea e Gnathostomulida, os quais são bem menos diversificados que os Platyhelminthes, não são claras. É possível que os dois primeiros grupos, juntamente com os Platyhelminthes e outros filos, pertençam a um táxon chamado Lophotrochozoa, o qual será abordado futuramente no nosso curso.

#### **GRUPO POLIFILÉTICO**

Como você aprendeu na Aula 7, os únicos táxons considerados válidos na Sistemática Filogenética são os monofiléticos. Estes incluem, hipoteticamente, todos os táxons descendentes de uma espécie ancestral. Os táxons polifiléticos, assim como os parafiléticos (veja Aula 7), não são válidos. Nos polifiléticos, dois ou mais táxons, descendentes de uma espécie ancestral, estão excluídos. Ou um ou mais táxons que não são descendentes da espécie ancestral estão incluídos no grupo.

**Diversidade Biológica dos Protostomados | Acelomados III: características dos Nemertea e Gnathostomulida**



## RESUMO

Nesta aula, você estudou dois filões de animais acelomados com simetria bilateral, os Nemertea e os Gnathostomulida. Os dois, assim como os Platyhelminthes, apresentam, em seu desenvolvimento embrionário, um padrão de clivagem do tipo espiral, o que sugere que eles são relacionados aos animais protostomados.

Os Nemertea, um grupo principalmente marinho, são carnívoros. Eles utilizam a probóscide, uma estrutura bastante desenvolvida e que pode estar armada com um estilete, para a captura de presas. Diferenças desse filo em relação aos Platyhelminthes incluem um sistema circulatório fechado e um tubo digestivo completo, no qual o ânus está presente.

Todos os membros do filo Gnathostomulida são marinhos. Eles vivem nos espaços intersticiais em águas rasas, ocorrendo em locais onde as taxas de oxigênio são muito baixas. Os gnatostomulídeos, possivelmente, se alimentam de fungos e bactérias, os quais são raspados pelo pente labial e levados ao interior do intestino por movimentos efetuados por um par de mandíbulas características.

O ancestral dos Platyhelminthes, Nemertea, Gnathostomulida e demais filos bilateralmente simétricos, provavelmente, possuía o hábito de se arrastar. Tal ancestral pode ter se originado a partir de uma linhagem de animais planulóides. A simetria bilateral é uma condição importante para animais que se arrastam ou nadam, porque as estruturas sensoriais passam a se concentrar na extremidade anterior do corpo, a qual é a primeira a se deparar com os estímulos ambientais.

Estudos realizados com base no DNA ribossomal, assim como outros caracteres, sugerem que a ordem Acoela (atualmente na classe Turbellaria) não seria parte do filo Platyhelminthes. De acordo com esses estudos, os Acoela seriam o grupo-irmão de todos os demais Bilateria. Caso esta hipótese esteja correta, o filo Platyhelminthes, como definido atualmente, seria um grupo polifilético. A classe Turbellaria é, possivelmente, um grupo parafilético. Os Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida podem estar incluídos, juntamente com outros filos, no táxon Lophotrochozoa, o qual será estudado futuramente no nosso curso.

### EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

1. Mencione as principais características da arquitetura corporal e do desenvolvimento embrionário compartilhadas pelos membros dos filos Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida.
2. Descreva, brevemente, as principais características morfológicas do filo Nemertea.
3. Descreva, brevemente, as principais características morfológicas do filo Gnathostomulida.

4. Quais seriam as principais características morfológicas da espécie ancestral dos Bilateria? Qual é a relação entre essas características e a maior capacidade de locomoção e exploração do ambiente dos animais bilaterais?
5. Por que o filo Platyhelminthes pode ser um grupo polifilético?

### **AUTO-AVALIAÇÃO**

É importante que você tenha compreendido os seguintes tópicos abordados nesta aula: (1) características básicas da arquitetura corporal e biologia dos filos Nemertea e Gnathostomulida; (2) aspectos gerais da filogenia dos animais triploblásticos acelomados (Platyhelminthes, Nemertea e Gnathostomulida). Se você compreendeu bem esses pontos e respondeu corretamente às questões propostas nos exercícios, você com toda certeza está preparado para avançar para a Aula 9.

### **INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na Aula 9, nós iniciaremos o estudo das características morfológicas, fisiológicas e biológicas dos vermes cilíndricos (asquelmintos). Tais vermes, como por exemplo os membros do filo Nematoda, se caracterizam por possuir uma cavidade corporal chamada pseudoceloma.

# Pseudocelomados I: características gerais e filos Rotifera, Gastrotricha e Kinorhyncha

AULA

9

## objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer as características básicas da arquitetura corporal dos filos pseudocelomados.
- Conhecer as características específicas da arquitetura corporal e a biologia dos filos Rotifera, Gastrotricha e Kinorhyncha.

### Pré-requisitos

Aulas 1 a 8.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

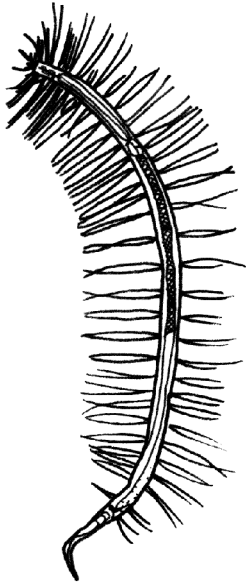


Figura 9.1: *Trichostrongylus*, um verme pseudocelomado do filo Nematoda.

Nesta e nas próximas três aulas do nosso curso, você estudará nove diferentes filos de animais bilaterais: Rotifera, Gastrotricha, Kinorhyncha, Loricifera, Priapulida, Nematoda, Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta. Nesta aula, serão estudados alguns aspectos gerais da arquitetura corporal desses nove filos, assim como características específicas da morfologia, fisiologia e biologia dos Rotifera, Gastrotricha e Kinorhyncha. Os filos restantes serão abordados nas próximas três aulas.

Dentre os grupos já citados, o filo Nematoda (Figura 9.1) é claramente o mais diversificado. Aproximadamente 12.000 espécies de nematódeos foram descritas. Entretanto, algumas estimativas sugerem que esse filo pode conter 500.000 espécies! Existem nematódeos de vida livre e parasitas. Praticamente todos os tipos de animais (incluindo os seres humanos) e plantas são parasitados por esses vermes. As conhecidas lombrigas (*Ascaris lumbricoides*), parasitas do intestino humano, são nematódeos (Figura 9.2). Nas Aulas 10 e 11, os nematódeos serão tratados mais detalhadamente, incluindo as principais espécies de importância médica.

## OS ANIMAIS PSEUDOCELOMADOS

Nos nove filos já mencionados, a blastocele original do embrião permanece como um espaço, ou cavidade, entre o tubo digestivo e a parede corporal (Figura 9.3). Tal cavidade é chamada pseudoceloma, pois ela não apresenta o revestimento peritoneal, de origem mesodérmica, característico dos celomados verdadeiros.

Os filos pseudocelomados pertencem ao grupo dos animais bilaterais protostomados. Esses filos provavelmente não formam um grupo natural ou monofilético. Análises filogenéticas realizadas com base em dados moleculares sugerem que o grupo dos protostomados é formado por duas linhagens que divergiram no Pré-cambriano: Lophotrochozoa e Ecdysozoa. Os Rotifera, os Gastrotricha e os Entoprocta seriam membros dos Lophotrochozoa. Já os Nematoda, os Nematomorpha, os Kinorhyncha e os Priapulida estariam incluídos nos Ecdysozoa. O posicionamento dos Loricifera e Acanthocephala não é claro.

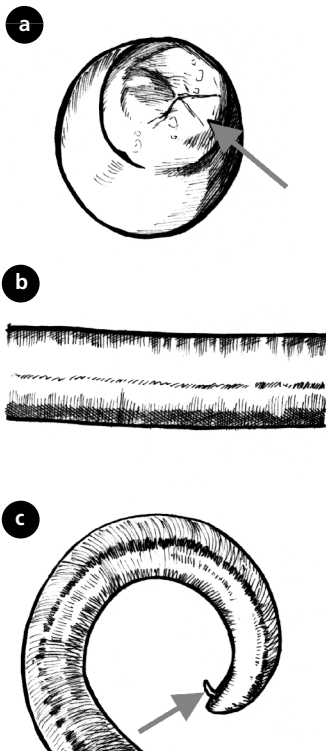
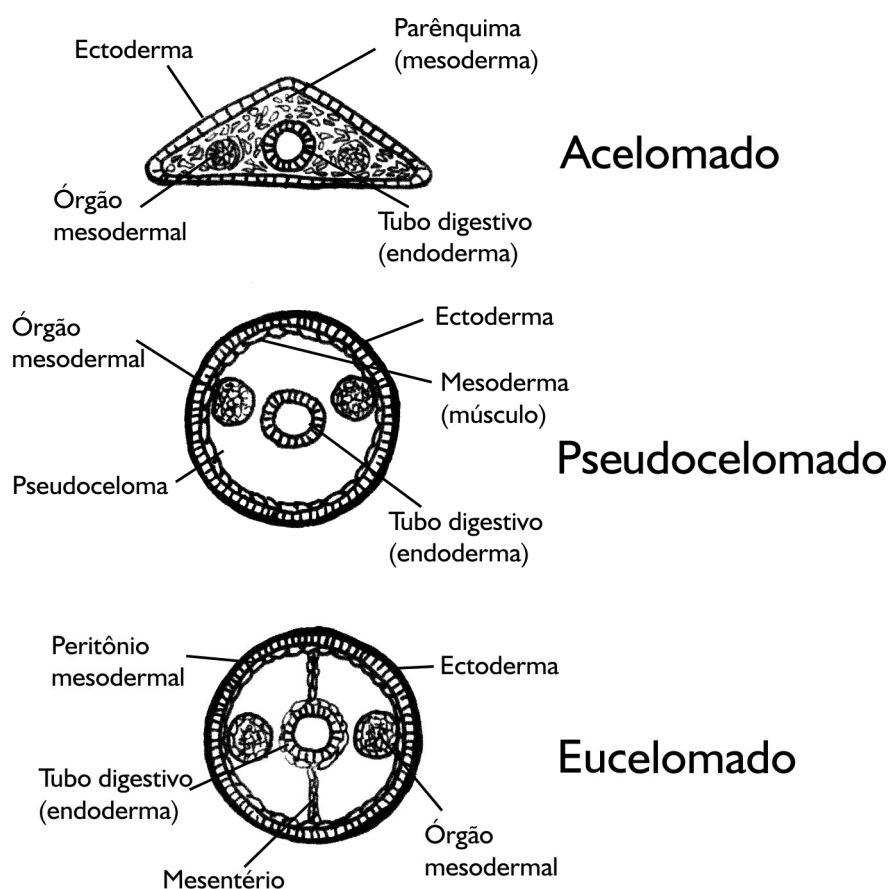


Figura 9.2: Filo Nematoda. As lombrigas (*Ascaris lumbricoides*), parasitas do intestino humano, são vermes nematódeos. Aqui são mostrados diferentes aspectos da morfologia externa desses vermes: (a) extremidade anterior do corpo onde são vistos os lábios (um deles indicado pela seta), (b) superfície corporal e (c) parte terminal do corpo onde se observa uma espícula copulatória masculina (seta).

Os Rotifera, os Gastrotricha, os Kinorhyncha, os Nematoda e os Nematomorpha eram, tradicionalmente, tratados como classes do filo Aschelminthes (do grego, *askos* = saco + *helmins* = verme). Este filo, atualmente, não é considerado válido. Como já foi visto, os Aschelminthes provavelmente não são um grupo monofilético, pois os Rotifera e Gastrotricha possivelmente pertencem aos Lophotrochozoa, enquanto os Kinorhyncha, os Nematoda e os Nematomorpha seriam membros dos Ecdysozoa.



**Figura 9.3:** Relembrando a arquitetura corporal (corte transversal) dos animais acelomados, pseudocelomados e eucelomados. Observe que nos pseudocelomados o peritônio e os mesentérios não estão presentes.

A presença do pseudoceloma (**Figura 9.3**), assim como no caso do celoma verdadeiro, resulta em um maior desenvolvimento de certos aspectos que se manifestam de maneira limitada ou não ocorrem nos animais acelomados. Quais são esses aspectos?

1. Os pseudocelomados possuem maior capacidade de movimentação;
2. um maior espaço para o desenvolvimento e a diferenciação dos sistemas digestivo, excretor e reprodutivo está presente;
3. existe uma cavidade para a circulação ou distribuição de elementos por todo o corpo;
4. essa cavidade também serve para o armazenamento de dejetos a serem eliminados pelos órgãos excretores;
5. pode ocorrer o desenvolvimento de um sistema hidrostático para a locomoção.

Apesar de os pseudocelomados não constituírem um grupo monofilético, eles compartilham algumas similaridades. Todos possuem uma parede corporal epidérmica (frequentemente sincicial), uma derme e músculos em torno do pseudoceloma. O tubo digestivo é completo (exceto nos Acanthocephala e Nematomorpha) e, juntamente com as gônadas e órgãos excretores, está posicionado no pseudoceloma, sendo banhado pelo fluido perivisceral. A epiderme, em muitos pseudocelomados, secreta uma cutícula com algumas especializações, tais como cerdas e espinhos. A ocorrência de um número constante de células ou núcleos em indivíduos de uma espécie, um fenômeno chamado **EUTELIA**, ocorre em muitos pseudocelomados.

Vamos agora às características de três dos filos de animais pseudocelomados. Começamos com os Rotifera e depois passaremos aos Gastrotricha e Kinorhyncha.

#### **EUTELIA**

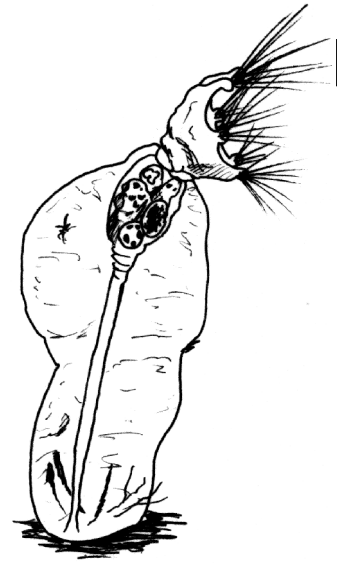
A ocorrência de um número constante de células ou núcleos nos indivíduos de uma espécie, ou em partes dos seus corpos, é comum nos pseudocelomados. Nos rotíferos, por exemplo, observou-se que, em uma determinada espécie, eram sempre encontrados 183 núcleos no cérebro, 39 no estômago, 172 no epitélio da coroa ciliada etc. Os organismos com eutelia possuem um controle genético muito preciso da divisão celular ou nuclear. Além disso, as células ou núcleos são programados para se dividir um número exato de vezes.



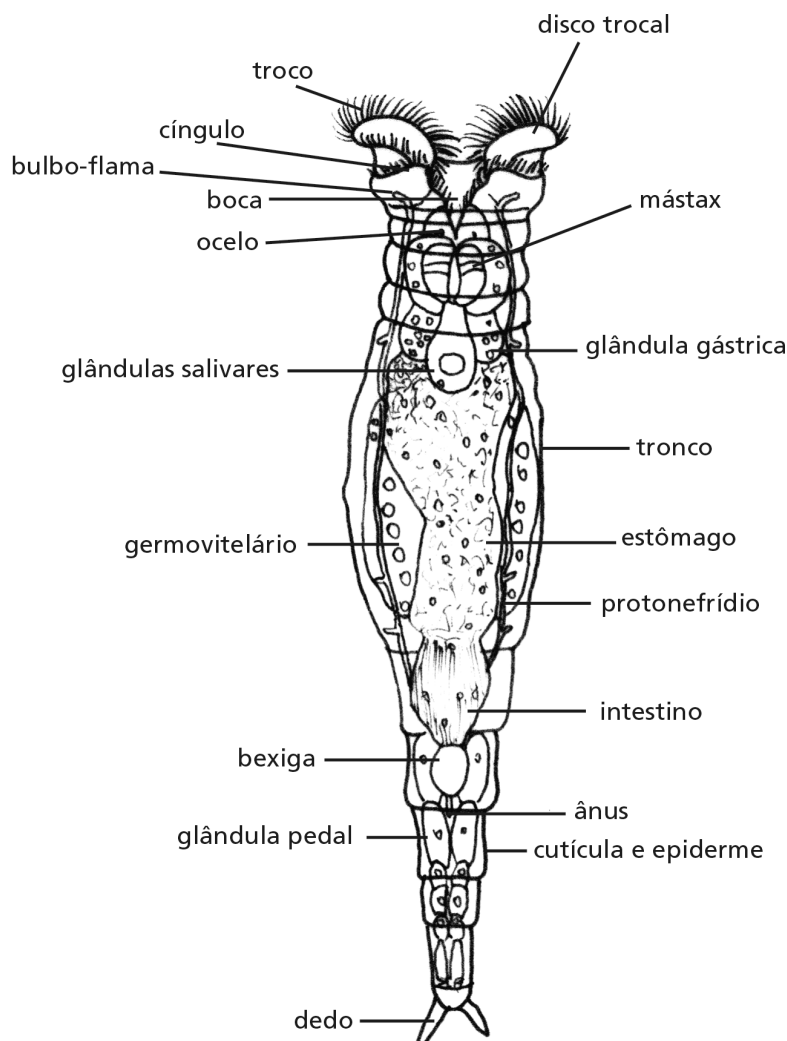
## FILO ROTIFERA

O filo Rotifera (Figura 9.4) inclui aproximadamente 1.800 espécies, algumas distribuídas em todo o mundo. A maioria das espécies é encontrada na água doce, várias são terrestres e umas poucas são marinhas. Existem algumas espécies epizóicas (que vivem sobre o corpo de outros animais) e outras parasitas.

A região cefálica dos Rotifera se caracteriza por apresentar uma **coroa ciliada**, também chamada **corona**, que atua na locomoção e na alimentação (Figura 9.5). Ao se movimentarem, os cílios dão à coroa ciliada o aspecto de uma roda girando rapidamente. O nome do filo está relacionado à presença dessa coroa (Rotifera, do latim, *rota* = roda + *fera* = portador).

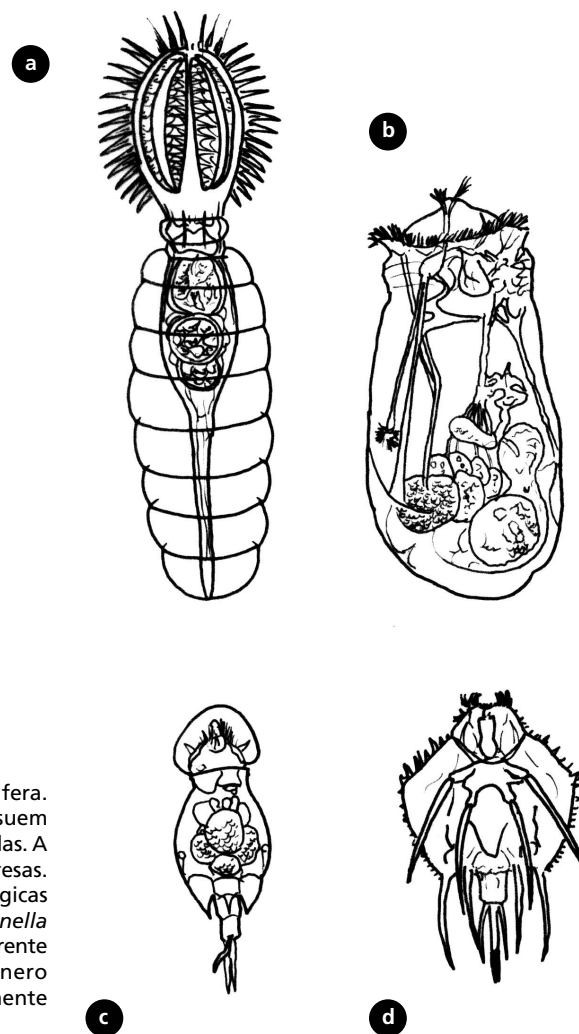


**Figura 9.4:** Filo Rotifera. *Collotheca ornata*, um rotífero sésil com campo bucal em forma de funil. O tronco e o pedúnculo estão envolvidos por uma massa gelatinosa.



**Figura 9.5:** Filo Rotifera. Aspectos das morfologias externa e interna de *Philodina roseola*. Os discos trocais e os trocos são partes da coroa ciliada.

O comprimento do corpo dos rotíferos varia entre 40  $\mu\text{m}$  e 3mm, estando a maioria entre 100 e 500  $\mu\text{m}$ . O filo é constituído por alguns dos menores animais que se conhece, pouco maiores do que os protozoários ciliados. Alguns são bastante coloridos, mas a maioria é transparente. A forma do corpo pode variar bastante, e está relacionada ao modo de vida do animal (Figura 9.6). Os rotíferos flutuadores são, geralmente, globulares e saculiformes; os que se arrastam ou nadam são alongados e vermiformes; os sésseis (Figura 9.4) apresentam, de uma maneira geral, forma de vaso e possuem uma espessa epiderme (lórica). Existem também rotíferos coloniais. Membros desse filo são capazes de suportar condições ambientais extremas, e alguns foram observados sobre neve e em águas termais. Além disso, muitas espécies de água doce se aventuram em ambientes salinos e salobros.



**Figura 9.6:** Diferentes formas do corpo no filo Rotifera. (a) Os membros do gênero *Stephanoceros* possuem cinco lobos coronais alongados e ornados por cerdas. A estrutura coronal é utilizada para a captura de presas. (b) As espécies do gênero *Asplanchna* são pelágicas e predadoras. O corpo é saculiforme. (c) *Squatinella* possui o corpo alongado e uma projeção transparente semicircular que recobre a cabeça. (d) No gênero *Macrochaetus* o corpo é achatado dorsoventralmente e apresenta longas cerdas.

## Estrutura do corpo no filo Rotifera

### Características externas

O corpo de um rotífero é formado pela **cabeça** (que apresenta a **coroa ciliada**), pelo **tronco** e por uma **cauda posterior** (ou pé) (**Figura 9.5**). A superfície corporal é revestida por uma **cutícula** e não é ciliada, exceto na coroa. Os cílios da coroa se movimentam em sucessão, lembrando uma ou duas rodas girando. A **boca** se localiza na porção ventromediana da coroa. Os cílios coronais são utilizados tanto na alimentação quanto na locomoção.

O tronco pode ter forma alongada ou saculiforme (**Figura 9.5**). Ele contém os órgãos viscerais e, freqüentemente, possui antenas sensoriais. Todos os rotíferos possuem uma **camada fibrosa** no interior da epiderme. Esta camada pode ser bastante espessa e formar um envoltório chamado **lórica**, o qual freqüentemente é formado por placas ou anéis.

O pé é mais estreito que o tronco e, geralmente, apresenta de um a quatro dedos (**Figura 9.5**). A sua cutícula pode ser dividida em anéis telescópicos retráteis. O pé é um membro para a adesão ao substrato. Ele possui **glândulas pedais** que secretam uma substância adesiva utilizada tanto pelas formas sésseis quanto pelas que se arrastam. Nas formas nadadoras pelágicas, o pé é, geralmente, reduzido. Nestas, a coroa de cílios pode ser utilizada como um órgão propulsor.

### Características internas

#### Parede corporal e pseudoceloma

Uma **epiderme sincicial** secreta a cutícula. Sob a epiderme, localizam-se **bandas de músculos circulares e longitudinais**. Outros músculos partem da parede corporal para os órgãos viscerais.

O **pseudoceloma** é grande, ocupando o espaço entre a parede do corpo e as vísceras. Ele é preenchido por **fluido** e por uma rede de **células mesenquimais amebóides**.

### Sistema digestivo

O tubo digestivo é completo. Vários rotíferos se alimentam utilizando correntes de água, geradas pelos cílios coronais, para atrair partículas orgânicas e algas para a boca. Os cílios possuem a capacidade de eliminar partículas maiores inadequadas para a alimentação. A faringe (mástax) (Figura 9.5) apresenta uma área muscular equipada com fortes mandíbulas (trofos) para sugar e triturar as partículas alimentares.

Os rotíferos carnívoros se alimentam de protozoários e pequenos metazoários. As presas podem ser agarradas diretamente ou capturadas. No primeiro caso, as peças do mástax são construídas como um par de pinças, sendo que suas extremidades podem ser projetadas da boca para agarrar a presa (Figura 9.7). No segundo caso, os animais possuem um campo bucal em forma de funil (Figura 9.6.a). Quando pequenas presas nadam acidentalmente para o interior desse campo, os lobos do funil, que possuem cerdas, dobram-se para dentro, evitando a fuga. A seguir, o animal capturado passa para dentro da boca e da faringe.

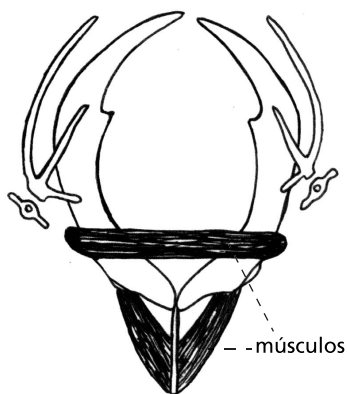
As glândulas salivares e gástricas provavelmente produzem enzimas para a digestão extracelular. A absorção de nutrientes ocorre no estômago.

### Excreção e regulação osmótica

O sistema excretor é formado por um par de túbulos de protonefrídios (Figura 9.5), cada um com várias células-flama. Os túbulos se abrem em uma bexiga. Esta, por sua vez, liga-se à cloaca, na qual se abrem também o intestino e os ovidutos. Os protonefrídios possuem uma taxa razoavelmente rápida de pulsação, de uma a quatro vezes por minuto, o que sugere que eles possuem um importante papel na regulação osmótica.

### Sistema nervoso e órgãos sensoriais

O sistema nervoso apresenta um cérebro bilobado, localizado dorsalmente ao mástax. Do cérebro partem nervos pareados para os órgãos sensoriais, mástax, músculos e vísceras. Os órgãos sensoriais incluem manchas oclares pareadas, cerdas e papilas sensitivas, fôveas ciliadas e antenas dorsais.



**Figura 9.7:** Mástax de um rotífero predador (*Synchaeta*) com trofos agarradores em forma de pinças. A musculatura inferior atua na abertura das pinças e a superior, no fechamento.

## Reprodução

Os rotíferos são **dióicos**. Os machos, geralmente, são menores que as fêmeas. Na classe Bdelloidea, os machos não são conhecidos. Já na classe Monogononta, eles estão presentes, aparentemente, por apenas algumas semanas durante o ano.

O **sistema reprodutor feminino** dos Bdelloidea e Monogononta é formado por **ovários combinados**, **glândulas de vitelo** (**germovitelários**) e **ovidutos** que se abrem na cloaca. O vitelo é fornecido para os óvulos em desenvolvimento por meio de pontes citoplasmáticas.

Na classe Bdelloidea, todas as fêmeas são partenogenéticas. Elas produzem ovos diplóides que originam novas fêmeas diplóides. Na classe Seisonidea, as fêmeas produzem ovos haplóides que devem ser fertilizados. Estes podem originar machos ou fêmeas.

Nos Monogononta, dois tipos de ovos são produzidos (**Figura 9.8**). Durante a maior parte do ano, as fêmeas diplóides produzem **ovos diplóides amícticos**, que possuem uma casca fina. Tais ovos se desenvolvem por partenogênese, originando **fêmeas diplóides amícticas**. Os membros dessa classe vivem em riachos, lagos ou poças temporários e apresentam padrões reprodutivos cíclicos. Fatores ambientais, como superpopulação, quantidade de alimento e fotoperíodo podem induzir os ovos amícticos a produzirem **fêmeas diplóides mícticas**. Estas, por sua vez, geram **ovos haplóides mícticos**. Caso os últimos não sejam fertilizados, eles originam machos haplóides. Entretanto, quando a fertilização ocorre, esses ovos desenvolvem uma casca dura e resistente, tornando-se dormentes. Eles sobrevivem durante o inverno ou até que as condições ambientais estejam novamente favoráveis, produzindo então fêmeas diplóides. Ovos dormentes são, freqüentemente, dispersados pelo vento ou por aves, o que poderia explicar os curiosos padrões de distribuição dos rotíferos dessa classe.

O **sistema reprodutor masculino** apresenta um **testículo único** e um **duto espermático ciliado** que se abre em um **poro genital**. A parte final do duto espermático é modificada em um **órgão copulador** (**pênis**). A cópula usualmente ocorre por **impregnação hipodérmica**. O pênis pode perfurar qualquer parte da parede corporal feminina, sendo o esperma injetado diretamente no pseudoceloma.

### MÍCTICOS

O adjetivo **míctico** (do grego, *miktos* = misturado) se refere à capacidade dos ovos haplóides de serem fertilizados pelo núcleo espermático masculino, formando um embrião diplóide. Ovos **amícticos** já são diplóides e podem se desenvolver apenas por partenogênese.

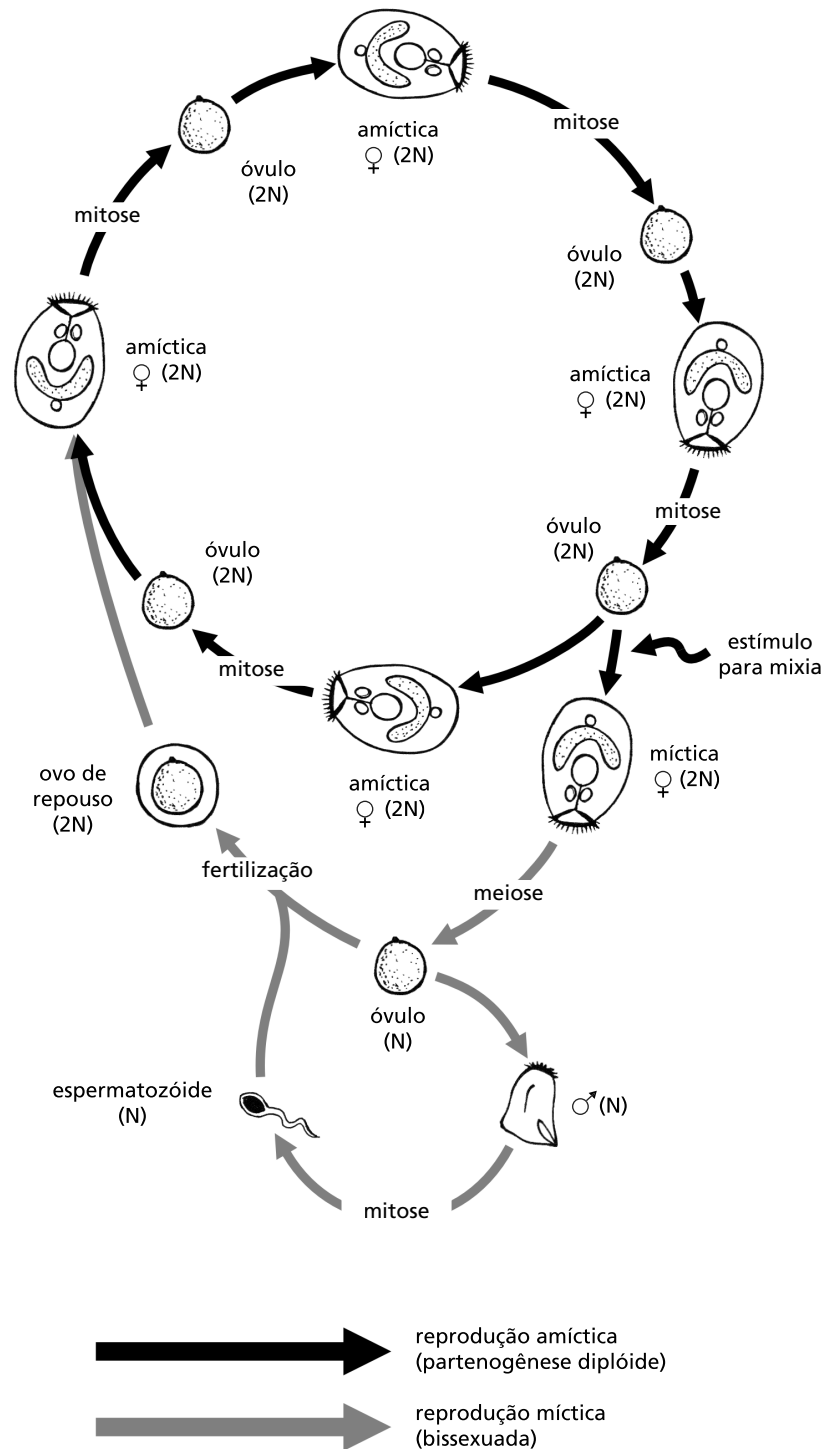


Figura 9.8: Ciclo de vida de um rotífero da classe Monogononta.

## Classificação do filo Rotifera

O filo Rotifera possui três classes. Apresentamos cada uma, com algumas de suas características.

**Classe Seisonidea** (do grego, *seison* = vaso de barro + *eidos* = forma). Nos rotíferos marinhos, o corpo é alongado, a coroa é vestigial e os sexos são similares no tamanho e na forma. As fêmeas apresentam um par de ovários e os vitelários não estão presentes. Esta classe inclui um único gênero (*Seison*) com duas espécies cujos indivíduos são epizóicos, vivendo sobre as brânquias de crustáceos do gênero *Nebalia*.

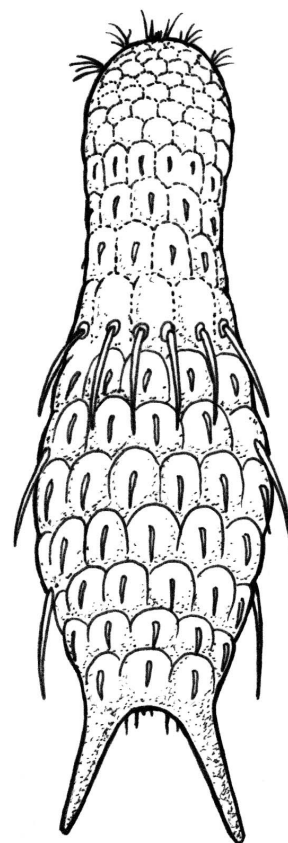
**Classe Bdelloidea** (do grego, *bdella* = sanguessuga + *eidos* = forma). Esta classe inclui rotíferos que nadam ou se arrastam no fundo. Eles possuem a extremidade anterior do corpo retrátil e sua coroa, usualmente, apresenta um par de discos ciliados. Machos dessa classe são desconhecidos. Já as fêmeas são consideradas partenogenéticas, com dois germovitelários. Exemplos de gêneros incluídos: *Philodina* (Figura 9.5) e *Rotaria*.

**Classe Monogononta** (do grego, *monos* = um + *gonos* = glândula sexual primária). Esta classe apresenta rotíferos nadadores ou sésseis. As fêmeas têm um único germovitelário e os machos são de tamanho reduzido. Nesta classe, ocorre a produção de três tipos de ovos (amícticos, mícticos e dormentes). Exemplos de gêneros incluídos: *Floscularia*, *Asplanchna* (Figura 9.6.b) e *Epiphanes*.

## FILO GASTROTRICHA

O filo Gastrotricha (do grego, *gastros* = estômago, ventre + *trichos* = pêlo) inclui pequenos pseudocelomados cujo comprimento do corpo varia entre 65 e 500  $\mu\text{m}$  (Figura 9.9). Os membros desse filo lembram vagamente os rotíferos. Entretanto, os gastrotríquios não possuem coroas ciliadas ou mástax e o seu corpo apresenta um aspecto escamoso e é recoberto por cerdas.

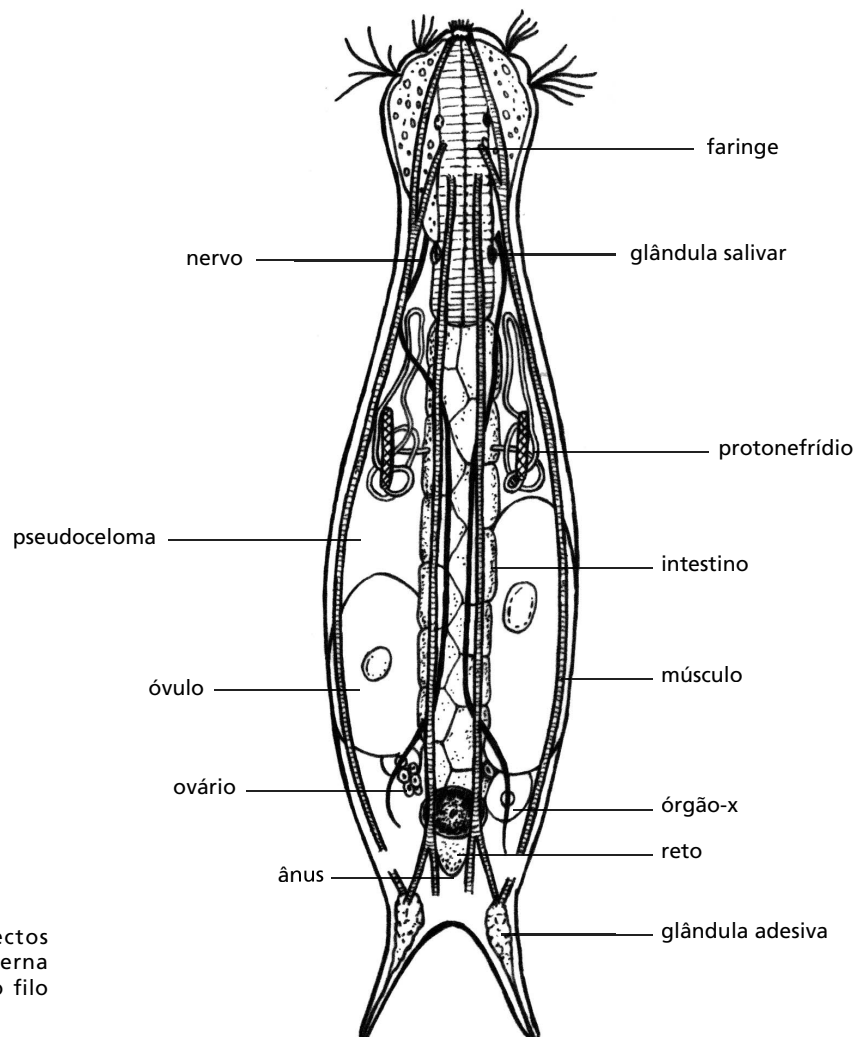
Os gastrotríquios vivem tanto na água doce quanto na salgada, e aproximadamente 400 espécies são conhecidas. Esses pseudocelomados são encontrados, geralmente, deslizando sobre o fundo ou sobre as superfícies de animais e vegetais. O deslizamento é gerado pelo movimento dos cílios localizados na parte ventral do corpo. Os gastrotríquios podem também ser encontrados na meiofauna intersticial do fundo de ambientes aquáticos. Muitas espécies são cosmopolitas, mas apenas umas poucas vivem tanto na água doce quanto na salgada.



**Figura 9.9:** Filo Gastrotricha. Vista dorsal do corpo de um exemplar do gênero *Chaetonotus*.

O corpo dos gastrotríquios é, geralmente, alongado (Figura 9.9), sendo a superfície dorsal convexa e a ventral achatada. A primeira pode apresentar cerdas, espinhos ou escamas. A segunda, como você já sabe, possui cílios utilizados para a locomoção. As células da superfície ventral podem ser monociliadas ou multiciliadas. A cabeça é, freqüentemente, lobada e ciliada e a cauda pode ser bifurcada.

A **parede do corpo** apresenta uma **epiderme sincicial**, a qual secreta a **cutícula**. Existem, na parede corporal, **camadas de músculos longitudinais e circulares**, sendo os primeiros mais desenvolvidos que os segundos. **Tubos adesivos** secretam substâncias para a fixação do corpo ao substrato, e um **sistema dual de glândulas**, para a fixação e liberação do corpo, está presente. Este sistema é similar àquele dos Turbellaria, que você estudou na Aula 6. O **pseudoceloma** (Figura 9.10) é um pouco reduzido e não possui amebócitos.



**Figura 9.10:** Aspectos da morfologia interna de um membro do filo Gastrotricha.



O **tubo digestivo** (Figura 9.10) é **completo**, sendo formado por **boca, faringe muscular, estômago-intestino e ânus**. O alimento é composto, principalmente, por algas, protozoários e detritos, os quais são dirigidos para a boca pelos cílios cefálicos. A **digestão**, aparentemente, é **extracelular**.

O **sistema excretor** (Figura 9.10) é formado por **protonefrídios**, os quais apresentam **solenócitos** em vez de células-flama. Os solenócitos possuem um único flagelo envolvido em um cilindro de projeções citoplasmáticas.

O **sistema nervoso** apresenta um **cérebro**, localizado próximo à faringe, e um **par de troncos nervosos laterais**. As **estruturas sensoriais** são similares às daquelas dos rotíferos, mas os gastrotríquios, de uma maneira geral, não possuem manchas oclares. As **cerdas sensoriais**, freqüentemente concentradas na cabeça, são cílios modificados.

Os gastrotríquios são **hermafroditas**. Entretanto, o sistema genital masculino de alguns indivíduos pode ser muito reduzido, de maneira que eles são, funcionalmente, fêmeas partenogenéticas. Assim como no caso dos rotíferos, existem gastrotríquios que produzem ovos de casca fina (de desenvolvimento rápido) e de casca dura (dormentes). Os últimos resistem a difíceis condições ambientais e podem permanecer dormentes por alguns anos. O **desenvolvimento** é **direto** e as formas jovens são similares aos adultos.

## FILO KINORHYNCHA

Os pseudocelomados do filo Kinorhyncha (do grego, *kinein* = mover + *rhynchos* = rostró, bico) são vermes marinhos (Figura 9.11) ligeiramente maiores que os rotíferos e gastrotríquios. Geralmente, o comprimento do corpo dos Kinorhyncha não passa de 1mm. Aproximadamente 75 espécies são conhecidas.

Os quinorrincos são encontrados em todo o mundo, desde o pólo Sul até o pólo Norte, vivendo desde áreas intertidais (zonas entre a maré mais baixa e a mais alta) até 6.000m de profundidade. A maior parte dos quinorrincos vive na lama ou lama arenosa, mas existem formas que foram encontradas sobre algas, esponjas ou outros invertebrados. Os membros desse filo alimentam-se, principalmente, de algas diatomáceas e matéria orgânica.

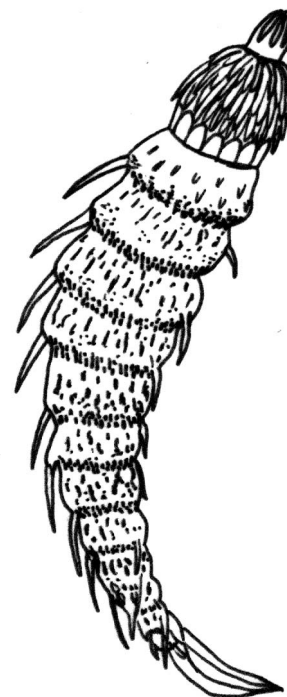
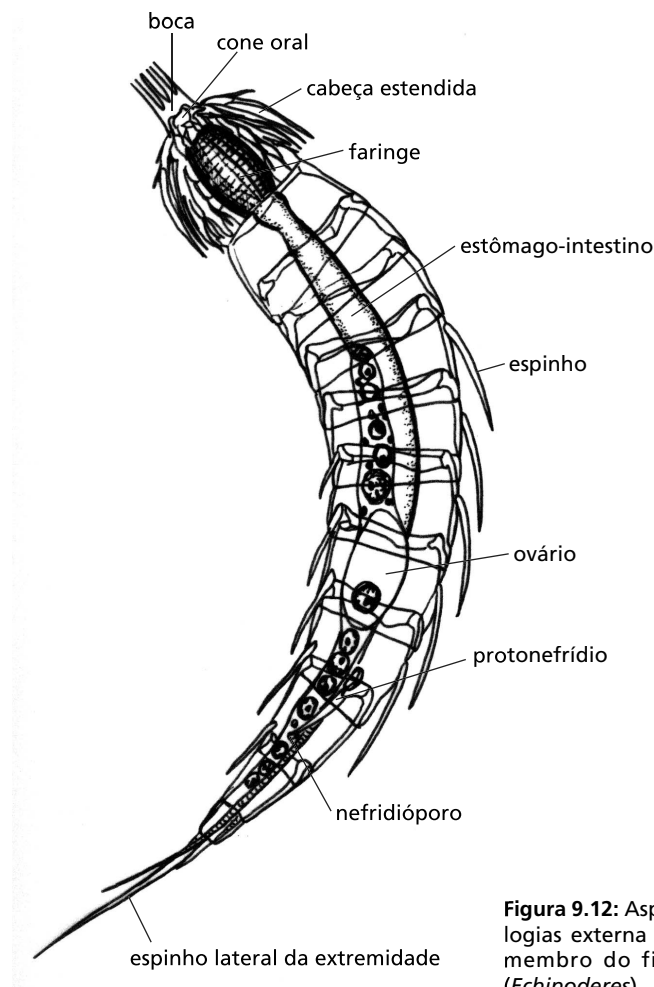


Figura 9.11: Aspecto externo de um verme do filo Kinorhyncha.

O corpo de um Kinorhyncha é dividido em 13 segmentos, os quais são revestidos por espinhos (Figura 9.12). A cabeça é retráctil e possui um círculo de espinhos com uma pequena probóscide, a qual é também retráctil. O corpo é achatado ventralmente e arqueado dorsalmente. A parede corporal é formada por cutícula, epiderme sincicial e cordas epidermais longitudinais, as quais são similares àquelas dos nematódeos. Bandas musculares circulares, longitudinais e diagonais estão presentes.



**Figura 9.12:** Aspectos das morfologias externa e interna de um membro do filo Kinorhyncha (*Echinoderes*).

Os quinorrincos são cavadores. Eles projetam a cabeça na areia ou na lama e utilizam os espinhos cefálicos (Figura 9.12) para ancorar o corpo; este é, então, deslocado para a frente até que a cabeça esteja novamente retraída. Ao serem perturbados, os quinorrincos retraem a cabeça, protegendo-a com um aparato de placas cuticulares.

O tubo digestivo (Figura 9.12) é completo. Ele inclui a boca, localizada no ápice da probóscide, faringe, esôfago, estômago-intestino e ânus.

O **pseudoceloma** apresenta amebócitos. O **sistema excretor** (Figura 9.12) possui um par de **solenócitos multinucleados** (**protonefrídios**). Cada solenócito possui um flagelo curto e outro longo.

O **sistema nervoso** permanece em contato com a epiderme. Ele apresenta um **cérebro** multilobado em torno da faringe. Um **cordão nervoso ventral**, com gânglios, se estende ao longo do corpo. Os **órgãos sensoriais** são **manchas oclares** e **cerdas**.

Os sexos são separados. **Gônadas** e **gonodutos pareados** estão presentes. Existe uma série de aproximadamente seis estágios imaturos, os quais passam por processos de muda da cutícula (**ecdise**), antes da fase adulta. Os adultos não fazem mudas.

## RESUMO

Nesta aula, você estudou as características gerais dos vermes pseudocelomados. Nove filos de pseudocelomados são reconhecidos pelos zoólogos: Rotifera, Gastrotricha, Kinorhyncha, Loricifera, Priapulida, Nematoda, Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta. Dentre esses grupos, o filo Nematoda, com cerca de 12.000 espécies conhecidas, é o mais diversificado.

Nos filos listados anteriormente, a blastocle original do embrião permanece como uma cavidade entre o tubo digestivo e a parede corporal. Tal cavidade é chamada pseudoceloma, pois ela não apresenta o revestimento peritoneal, de origem mesodérmica, característico dos celomados verdadeiros. Os filos pseudocelomados pertencem ao grupo dos animais bilaterais protostomados.

Três filos pseudocelomados foram abordados em detalhe nesta aula: Rotifera, Gastrotricha e Kinorhyncha. O filo Rotifera inclui aproximadamente 1.800 espécies. A maioria delas é encontrada na água doce, várias são terrestres e umas poucas são marinhas. O corpo de um rotífero é formado pela cabeça (que apresenta a coroa ciliada e o mástax), pelo tronco e por uma cauda posterior (ou pé). Os membros desse filo podem apresentar complexos ciclos reprodutivos.

Os Gastrotricha vivem tanto na água doce quanto na salgada. Cerca de 400 espécies são conhecidas. Os membros desse filo são um pouco similares aos rotíferos. Todavia, os gastrotríquios não possuem coroas ciliadas ou mástax e o seu corpo tem um aspecto escamoso e é recoberto por cerdas.

Os Kinorhyncha são vermes cavadores marinhos. Eles são cosmopolitas e vivem em áreas intertidais e até 6.000m de profundidade. Cerca de 75 espécies são conhecidas. O corpo é dividido em 13 segmentos revestidos por espinhos. A cabeça é retráctil e possui um círculo de espinhos com uma pequena probóscide.

### EXERCÍCIOS

1. Descreva, brevemente, as principais características da arquitetura corporal de um verme pseudocelomado. Quais são os filos de metazoários atualmente considerados pseudocelomados?
2. A presença do pseudoceloma resulta em um maior desenvolvimento de certos aspectos que se manifestam de maneira limitada ou não ocorrem nos animais acelomados. Quais seriam esses aspectos?
3. Caracterize, brevemente, o aspecto externo do corpo dos membros dos filos Rotifera, Gastrotricha e Kinorhyncha.
4. Descreva o ciclo de vida dos rotíferos da classe Monogononta.

### AUTO-AVALIAÇÃO

É importante que você tenha compreendido os seguintes tópicos abordados nesta aula: (1) características básicas da arquitetura corporal dos filos pseudocelomados; (2) características específicas da arquitetura corporal e biologia dos filos Rotifera, Gastrotricha e Kinorhyncha. Se você compreendeu bem esses tópicos e respondeu corretamente às questões propostas nos exercícios, você com toda certeza está preparado para avançar para a Aula 10.

### INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na Aula 10, nós continuaremos o estudo dos vermes pseudocelomados. As características específicas da arquitetura corporal, fisiologia e biologia dos filos Loricifera, Priapulida e Nematoda serão abordadas.

## Pseudocelomados II: filos Loricifera, Priapulida e Nematoda

AULA

10

### objetivo

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer as características específicas da arquitetura corporal e biologia dos filos Loricifera, Priapulida e Nematoda.

### Pré-requisitos

Aulas 1 a 9, especialmente a última.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

Nesta aula, nós daremos continuidade ao estudo dos metazoários bilaterais pseudocelomados. Como você já sabe, nesses animais, a blastocele original do embrião permanece como um espaço, ou cavidade, entre o tubo digestivo e a parede corporal. Esta cavidade é o pseudoceloma.

Três filos pseudocelomados serão aqui abordados: Loricifera (**Figura 10.1**), Priapulida (**Figura 10.2**) e Nematoda (**Figura 10.5**). Os dois primeiros são pouco diversificados e incluem apenas espécies marinhas. Já o terceiro é o maior e mais diversificado grupo dentre os pseudocelomados e inclui espécies vivendo em praticamente todos os tipos de ambientes do planeta. Vários nematódeos são parasitas de animais, incluindo os seres humanos, e vegetais.

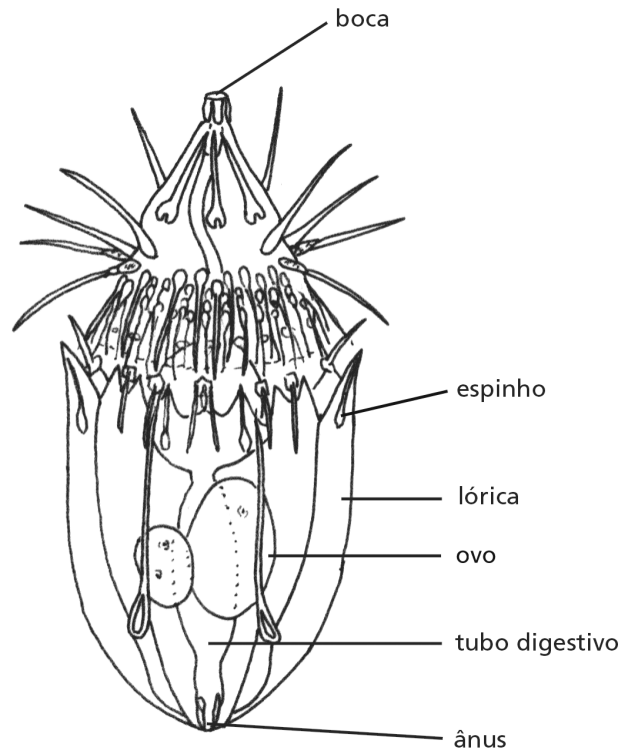
## FILO LORICIFERA

Os Loricifera (do latim, *lorica* = armadura + do grego, *phora* = portador) são pequenos animais (cerca de 0,25mm de comprimento) que vivem entre os grãos do fundo marinho, aos quais eles se prendem fortemente. Os loricíferos (**Figura 10.1**), aparentemente, estão amplamente distribuídos em todo o mundo. Esse filo, entretanto, só veio a ser descrito em 1983, pelo zoólogo dinamarquês Reinhardt Kristensen, com base em espécimes coletados na costa francesa. A descrição do filo baseou-se em uma única espécie, *Nanaloricus mysticus*. Posteriormente, algumas espécies adicionais foram descobertas e descritas.

Os Loricifera (**Figura 10.1**) possuem estilos orais e espinhos que são similares aos dos Kinorhyncha, que você estudou na aula anterior. A parte anterior do corpo dos loricíferos pode ser retraída para o interior da LÓRICA, a qual é circular. O cérebro preenche a maior parte da região cefálica. Os sexos são separados, mas os detalhes da reprodução não são conhecidos. O tipo de alimento ingerido pelos membros desse filo também não é conhecido. Os jovens são similares aos adultos em vários aspectos, mas possuem um par de dedos afinados que, aparentemente, são utilizados para a locomoção.

### LÓRICA

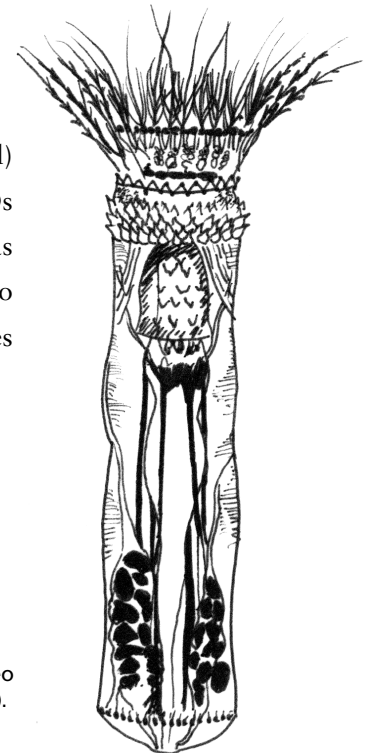
(do latim, *lorica* = armadura). Envoltório cuticular rígido que reveste e protege o corpo dos Loricifera.



**Figura 10.1:** Filo Loricifera. Vista dorsal de um loricífero adulto (*Nanaloricus mysticus*).

## FILO PRIAPULIDA

O filo Priapulida (do grego, *priapos* = falo + *ida* = sufixo plural) é um pequeno grupo de pseudocelomados marinhos (Figura 10.2). Os representantes desse filo são encontrados, principalmente, nas águas frias dos dois hemisférios. Eles vivem na lama e areia do fundo, ocorrendo desde a zona intertidal até grandes profundidades. Apenas 18 espécies são conhecidas.



**Figura 10.2:** Filo Priapulida. Um pequeno priapulídeo tubícola do Mar Mediterrâneo (*Maccabeus tentaculatus*).

O corpo dos priapulídeos (Figura 10.3) é cilíndrico e vermiforme. O comprimento corporal varia entre 0,55mm e 20cm. Na espécie *Halicryptus higginsi*, o corpo pode chegar a 39cm de comprimento. A maioria dos priapulídeos é predadora. Eles são cavadores e ficam enterrados na areia ou lama com a parte anterior do corpo voltada para cima, estando a boca na superfície. Os priapulídeos se enterram por meio de contrações do corpo.

O corpo é formado por probóscide, tronco e, geralmente, um ou dois apêndices caudais (Figura 10.3). A probóscide é eversível e apresenta papilas e fileiras de espinhos curvos em torno da boca. O verme utiliza a probóscide para procurar e capturar pequenos animais de corpo mole.

O tronco (Figura 10.3) é superficialmente dividido em anéis cujo número pode variar entre 30 e 100. É importante observar que a presença desses anéis não constitui um caso de metameria (segmentação verdadeira). A superfície do tronco é revestida por espinhos e tubérculos. Os últimos, possivelmente, são sensoriais. O ânus e os poros urogenitais localizam-se na porção posterior do tronco. Os apêndices caudais são projeções ocas que podem atuar na respiração e percepção de estímulos químicos. A epiderme dos Priapulida secreta uma cutícula quitinosa que é trocada (muda ou ecdise) durante toda a vida do animal.

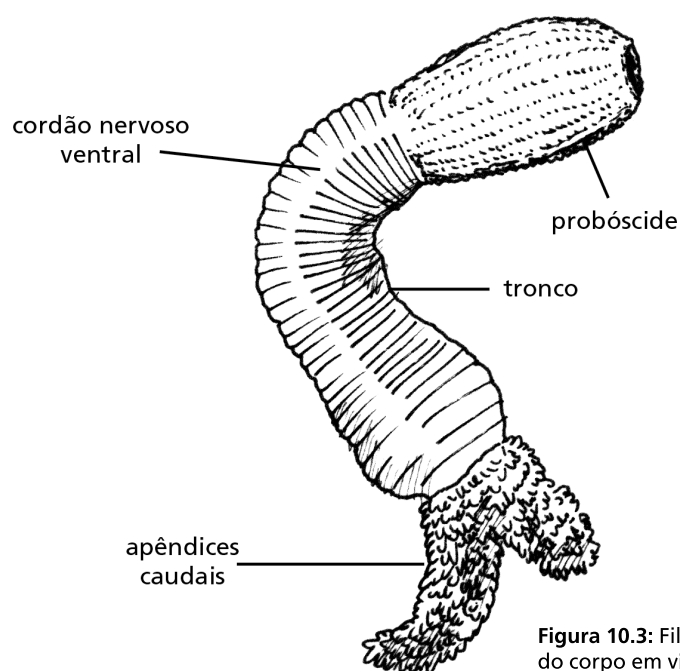
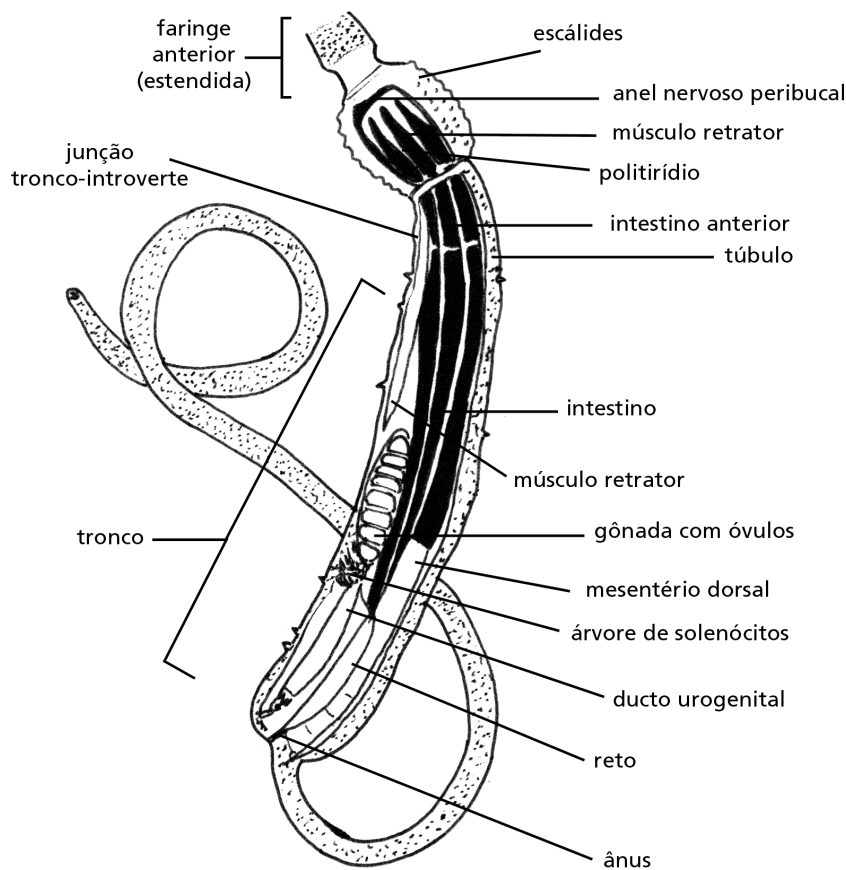


Figura 10.3: Filo Priapulida. Aspecto do corpo em vista ventral (*Priapulid bicaudatus*).



O tubo digestivo (Figura 10.4) inclui uma **faringe muscular**, um **intestino linear** e o **reto**. Existe um **anel nervoso** em torno da faringe e um **cordão nervoso ventromediano**. O **pseudoceloma** contém amebócitos. Na espécie *Priapulius caudatus*, estão também presentes, no pseudoceloma, corpúsculos que possuem um pigmento respiratório (hemeritrina).

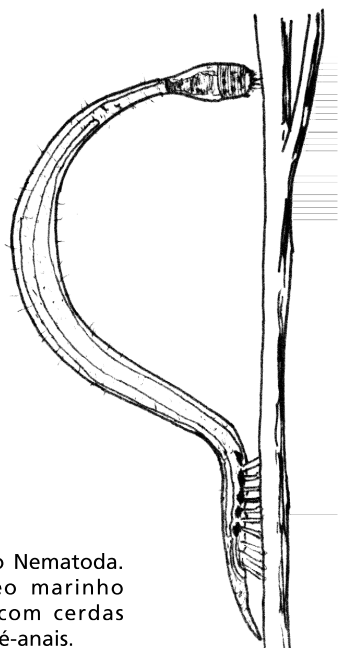


**Figura 10.4:** Filo Priapulida. Aspectos da morfologia interna (*Tubiluchus corallicola*).

Os sexos são separados. Os **órgãos urogenitais** são pareados, sendo cada um formado por uma gônada e um conjunto de solenócitos. **Túbulos protonefridiais** conduzem os gametas e os produtos da excreção para fora. As larvas, no gênero *Priapulius*, vivem na lama, onde se alimentam de detritos.

## FILO NEMATODA

Como você já sabe, são conhecidas atualmente cerca de 12.000 espécies de nematódeos (Figura 10.5). Entretanto, algumas estimativas sugerem que esse filo pode ser muito mais diversificado, podendo possuir cerca de 500.000 espécies!



**Figura 10.5:** Filo Nematoda. Um nematódeo marinho de vida livre com cerdas ambulatórias pré-anais.

Os Nematoda (do grego, *nematos* = fio) são encontrados nos mais variados tipos de ambientes. Eles ocorrem no mar, na água doce e na terra, desde os trópicos até as regiões polares. O grupo é extremamente diversificado no solo, especialmente nas camadas superficiais, que podem abrigar bilhões de indivíduos por acre.

Existe uma grande quantidade de nematódeos parasitas (Figura 10.6). Quase todos os tipos de animais e plantas são atacados por esses vermes. As consequências das infestações de nematódeos nas culturas agrícolas, animais domésticos e seres humanos são dramáticas, de maneira que eles estão entre os parasitas mais importantes do planeta. Aspectos da biologia das principais espécies que possuem importância médica serão abordados na próxima aula.



**Figura 10.6:** Filo Nematoda. O parasita africano *Loa loa* vive nos tecidos subcutâneos de babuínos e seres humanos. O verme migra nos tecidos subcutâneos e, às vezes, passa pelo globo ocular.

Os nematódeos apresentam os mais variados tipos de alimentação. As formas de vida livre podem se alimentar de **bactérias**, **algas**, **protozoários**, **hifas de fungos** e **leveduras**. Eles podem ser **SAPRÓFAGOS** ou **COPRÓFAGOS**. As espécies predadoras podem capturar diferentes grupos de invertebrados, tais como **pequenos anelídeos**, **rotíferos**, **tardígrados** e outros **nematódeos**.

Muitas espécies de nematódeos são **fitófagas** (vermes que perfuram diferentes tipos de plantas para se alimentarem dos tecidos e sucos internos). Por vezes, eles causam prejuízos de grandes proporções na agricultura.

A maior parte dos nematódeos possui menos de 5cm de comprimento. Muitos são microscópicos, mas alguns parasitas podem ter mais de 1m. Algumas características diferenciam esse importante filo de outros grupos de metazoários. **Você saberia mencionar algumas das principais características do filo Nematoda?** Elas são listadas abaixo.

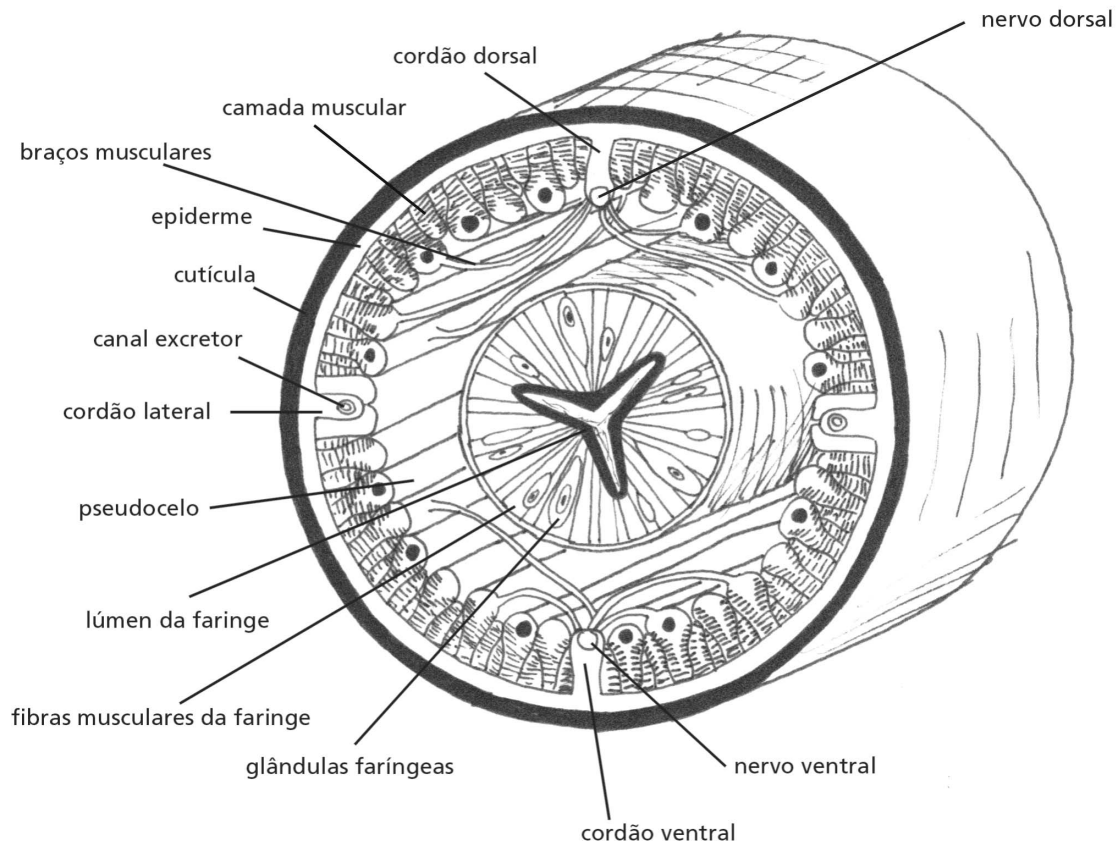
1. Corpo com forma cilíndrica, revestido por uma cutícula flexível e, de uma maneira geral, sem cílios ou flagelos (**Figura 10.7**);
2. parede corporal apresentando apenas músculos dispostos longitudinalmente (**Figura 10.7**);
3. eutelia (veja a definição deste termo na aula anterior);
4. sistema excretor (**Figura 10.7**) sem protonefrídios, formado (a) por uma ou mais células glandulares bem desenvolvidas que se abrem por meio de poros, (b) por um sistema de canais sem células glandulares ou (c) por células glandulares e canais juntos;
5. a utilização do pseudoceloma como um órgão hidrostático é altamente desenvolvida.

#### **SAPRÓFAGO (SAPROFAGIA)**

Animal que se alimenta de material orgânico em decomposição.

#### **COPRÓFAGO (COPROFAGIA)**

Animal que se alimenta de excrementos.



**Figura 10.7:** Corte transversal esquemático do corpo de um nematódeo ao nível da faringe; vários aspectos da morfologia interna são ilustrados.

## Estrutura do corpo no filo Nematoda

### Parede corporal e pseudoceloma

O revestimento externo do corpo (**Figura 10.7**) é formado por uma **cutícula espessa** que é composta, principalmente, por **colágeno**. A cutícula é secretada pela **hipoderme** (epiderme). Esta é **sincicial** e os seus núcleos se localizam em quatro **cordas hipodermis** que se projetam para o interior do pseudoceloma. As **cordas hipodermis dorsal e ventral** abrigam **nervos longitudinais**, enquanto as **laterais** incluem os **canais excretores**. A cutícula possui grande importância funcional, pois ela resiste à elevada pressão hidrostática exercida pelos fluidos do pseudoceloma, como você verá logo adiante nesta aula.

Os músculos da parede corporal dos nematódeos localizam-se abaixo da epiderme (Figura 10.7). Existe apenas a camada de músculos **longitudinais**. Músculos **circulares não estão presentes**. Os longitudinais estão arranjados em quatro bandas, que são separadas pelas cordas hipodermiais. Cada **célula muscular** possui uma **porção fibrilar contráctil** e uma **porção sarcoplasmática não-contráctil** (corpo celular). De cada corpo celular, parte um processo, ou **braço muscular**, para o nervo dorsal ou para o ventral.

O **pseudoceloma** (Figura 10.7), onde os órgãos internos se localizam, é **preenchido por fluidos** e atua como um **esqueleto hidrostático**. Este tipo de esqueleto fornece suporte ao corpo por meio da transmissão da força gerada pela contração muscular ao fluido pseudocelomático, que não é compressível. Quando os músculos em um dos lados do corpo se contraem, eles comprimem a cutícula nesse lado e a força da contração é transmitida, pelo fluido no pseudoceloma, para o outro lado do nematódeo, esticando a cutícula daquele lado. A contração e o esticamento da cutícula servem para antagonizar os músculos e são as forças que retornam o corpo para a posição de repouso, quando a musculatura relaxa. Esse processo gera um padrão de movimento característico, similar a um chicote, típico dos nematódeos.

### Sistema digestivo

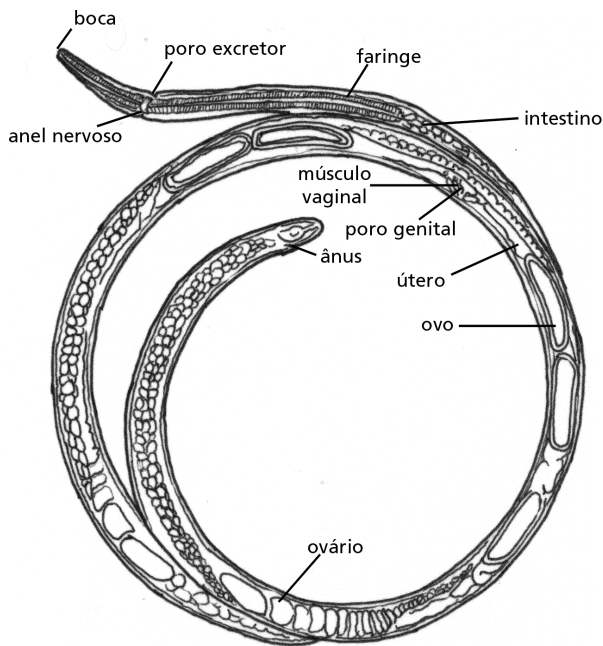
O **tubo digestivo** (Figuras 10.7 e 10.8) dos nematódeos é formado pela **boca, faringe muscular, intestino, reto e ânus**. Os músculos faríngeais são responsáveis pela sucção dos alimentos. A parede intestinal é formada por uma única camada de células. O alimento se desloca ao longo do intestino por causa dos movimentos corporais e da entrada adicional de material alimentar proveniente da faringe. A defecação ocorre quando o ânus é aberto por músculos e as fezes são expulsas por causa da elevada pressão hidrostática no pseudoceloma.

### Excreção e regulação osmótica

Como você já sabe, os nematódeos, de uma maneira geral, não possuem cílios ou flagelos. Em associação à ausência dessas estruturas, esses vermes não possuem protonefrídios. O **sistema excretor e de regulação osmótica** (Figura 10.7) pode ser formado por (1) uma ou mais células glandulares bem desenvolvidas que se abrem por meio de poros; (2) um sistema de canais sem células glandulares; (3) células glandulares e canais juntos.

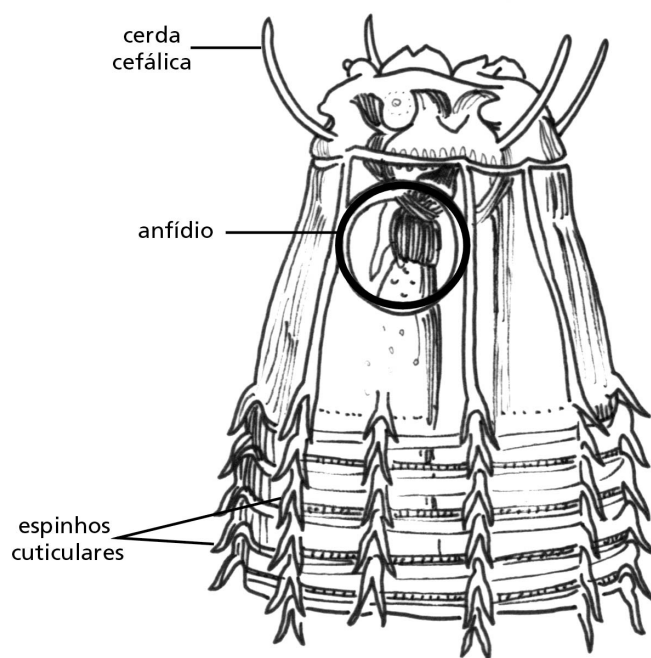
### Sistema nervoso e órgãos sensoriais

Um **anel de tecido nervoso e gânglios** está presente em torno da faringe (**Figura 10.8**). Deste anel, partem nervos para a extremidade anterior do corpo e para as duas **cordas nervosas**, uma dorsal e outra ventral.



**Figura 10.8:** Aspectos da morfologia interna de um nematódeo (fêmea de *Pseudocella*).

Os nematódeos podem apresentar **papilas sensoriais** nas regiões cefálica e caudal. Na região cefálica, está presente um par de complexas estruturas sensoriais chamadas **anfídios** (**Figura 10.9**). Acredita-se que os anfídios sejam quimiorreceptores. A abertura anfídial conduz a uma profunda fóvea (cavidade) cuticular, a qual possui terminações sensoriais formadas por cílios modificados (este é o único caso conhecido de ocorrência de cílios nos nematódeos). Nas espécies parasitas, os anfídios são reduzidos. Entretanto, muitos parasitas possuem, na região posterior do corpo, estruturas glandulares sensoriais denominadas **fasmídios**. Estes também atuam, possivelmente, como quimiorreceptores.



**Figura 10.9:** Porção anterior do corpo de um nematódeo mostrando um anfídio (*Monopisthia*).

## Reprodução

A maior parte dos nematódeos é dióica (Figura 10.10). Os machos são, geralmente, menores que as fêmeas. Na parte terminal do corpo, eles possuem, usualmente, um par de espículas copulatórias (Figura 10.11).

A fertilização é interna e os ovos podem permanecer no útero materno (Figuras 10.8 e 10.10) por um certo período de tempo até a postura. Dos ovos, emergem vermes juvenis. De uma maneira geral, existem quatro estágios juvenis, separados entre si por uma muda da cutícula. Muitos vermes parasitas possuem fases juvenis de vida livre. Outros necessitam de um hospedeiro intermediário para completar o ciclo de vida.

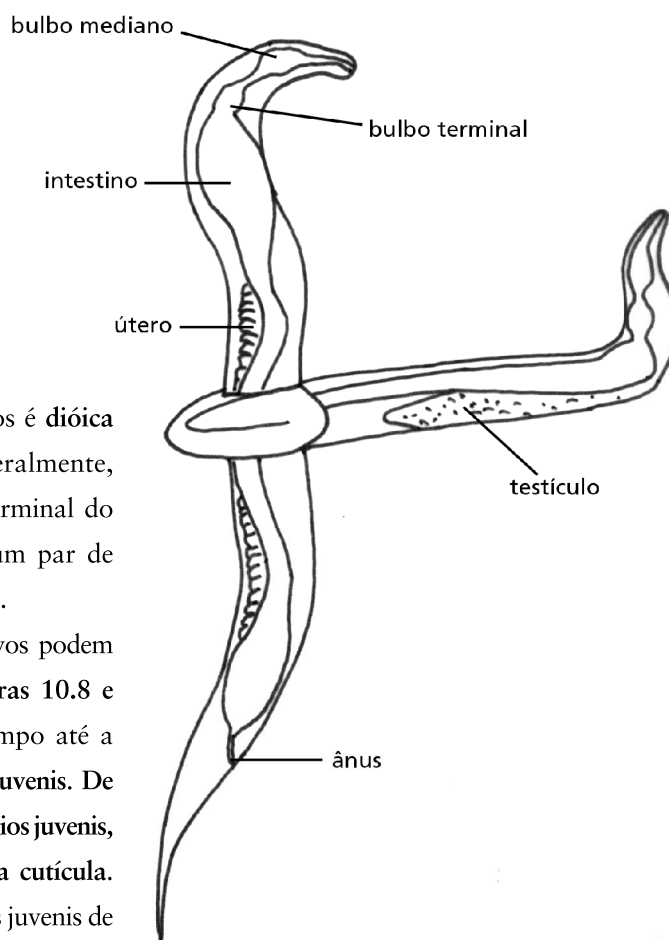


Figura 10.10: Um casal de nematódeos durante a cópula (*Pristionchus aerivora*, espécie parasita de cupins).

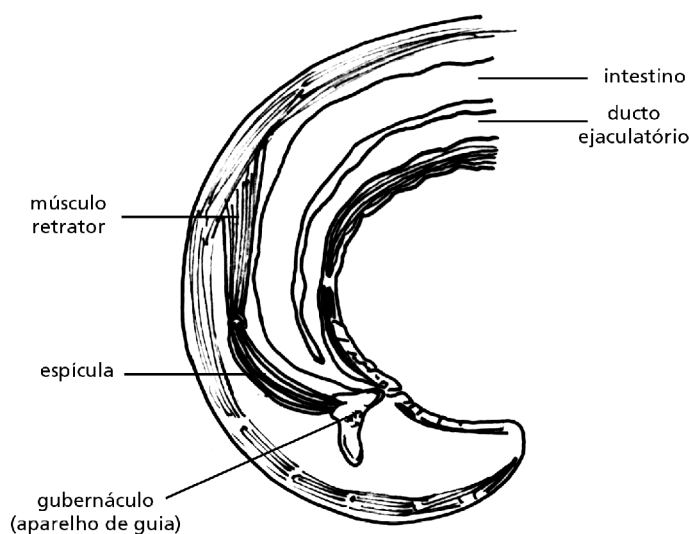


Figura 10.11: Extremidade posterior do corpo de um macho de *Pseudocella*.

## Classificação do filo Nematoda

Duas classes são atualmente reconhecidas no filo Nematoda. Apresentamos cada uma, com algumas de suas características.

**Classe Rhabditea** (do grego, *rhabdos* = barra). Os anfídios são enrolados ventralmente. Três glândulas faríngeas (ou esofageais) estão presentes. Algumas espécies possuem fasmídios. Esta classe inclui tanto espécies de vida livre quanto parasitas. Exemplos de gêneros incluídos: *Ascaris*, *Caenorhabditis*, *Necator*, *Enterobius* e *Wuchereria*.

**Classe Enoplea** (do grego, *enoplos* = armado). Os anfídios são, usualmente, bem desenvolvidos, com aspecto similar ao de uma bolsa. Estão presentes cinco ou mais glândulas faríngeas (ou esofageais). Fasmídios ausentes. O sistema excretor, quando presente, é formado por células glandulares e não possui canais laterais. A maioria das espécies desta classe é de vida livre, mas algumas formas parasitas também estão incluídas. Exemplos de gêneros incluídos: *Dioctophyme*, *Trichinella* e *Trichuris*.

### RESUMO

Nesta aula, você estudou mais três filos de animais bilaterais pseudocelomados: Loricifera, Priapulida e Nematoda. Os dois primeiros são pouco diversificados e incluem apenas espécies marinhas. Já o terceiro é o maior e mais diversificado grupo dentre os pseudocelomados e inclui espécies que vivem em praticamente todos os tipos de ambientes do planeta.

Os Loricifera são pequenos animais (cerca de 0,25mm de comprimento) que vivem entre os grãos do fundo marinho. Eles possuem estilos orais e espinhos que são similares aos dos membros do filo Kinorhyncha. A parte anterior do corpo dos loricíferos pode ser retraída para o interior da lórica, a qual é circular. A descrição do filo baseou-se em uma única espécie, *Nanaloricus mysticus*. Posteriormente, algumas espécies adicionais foram descobertas e descritas.



O filo Priapulida é um pequeno grupo cujos representantes são encontrados, principalmente, nas águas frias dos dois hemisférios. Eles vivem na lama e areia do fundo, desde a zona intertidal até grandes profundidades. Apenas 18 espécies são conhecidas. O corpo, cilíndrico e vermiforme, é formado pela probóscide, tronco e, geralmente, um ou dois apêndices caudais.

São conhecidas atualmente cerca de 12.000 espécies do filo Nematoda. Entretanto, algumas estimativas sugerem que esse filo pode ser muito mais diversificado. Os nematódeos ocorrem no mar, na água doce e na terra, desde os trópicos até as regiões polares. Existe uma grande quantidade de nematódeos parasitas. Quase todos os tipos de animais e plantas são atacados por esses vermes.

A maior parte dos nematódeos possui menos de 5cm de comprimento. Muitos são microscópicos, mas alguns parasitas podem ter mais de 1m. As principais características dos membros desse importante filo são as seguintes:

- 1) corpo com forma cilíndrica, revestido por uma cutícula flexível e, de uma maneira geral, sem cílios ou flagelos;
- 2) parede corporal com músculos dispostos apenas longitudinalmente;
- 3) eutelia;
- 4) sistema excretor sem protonefrídios, formado (a) por uma ou mais células glandulares bem desenvolvidas que se abrem por meio de poros, (b) por um sistema de canais sem células glandulares ou (c) por células glandulares e canais juntos;
- 5) pseudoceloma freqüentemente utilizado como um órgão hidrostático.

## EXERCÍCIOS

1. Caracterize, brevemente, o aspecto externo do corpo dos membros dos filos Loricifera e Priapulida.
2. Mencione quatro características que distinguem os Nematoda de outros filos pseudocelomados.
3. Descreva, sucintamente, o sistema muscular e o esqueleto hidrostático dos Nematoda.

4. O que é a eutelia, um fenômeno que ocorre freqüentemente nos vermes pseudocelomados?
5. Compare, brevemente, as duas classes do filo Nematoda (Rhabditea e Enoplea).

### **AUTO-AVALIAÇÃO**

É importante que você tenha compreendido as características da arquitetura corporal e biologia dos filos Loricifera, Priapulida e Nematoda. Se você entendeu bem essas características e respondeu corretamente às questões propostas nos exercícios, você com toda certeza está preparado para avançar para a Aula 11.

### **INFORMAÇÃO SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na Aula 11, você continuará a estudar o filo Nematoda. Serão abordados aspectos da morfologia e biologia de algumas espécies que possuem importância médica. As doenças causadas por essas espécies também serão abordadas.

## Pseudocelomados III: características e importância dos Nematoda

AULA

11

### objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer as características morfológicas e biológicas das principais espécies do filo Nematoda que possuem importância médica.
- Conhecer as principais características das doenças causadas por esses nematódeos.

### Pré-requisitos

Aulas 1 a 10, especialmente as duas últimas.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

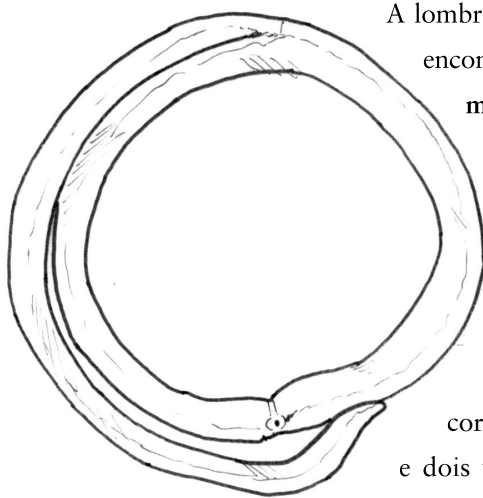
Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

Nesta aula, você estudará algumas espécies do filo Nematoda que são parasitas dos seres humanos. As doenças causadas por esses parasitas, que afetam milhões de pessoas em todo o mundo (inclusive no Brasil), também serão mencionadas, assim como meios para o seu controle e tratamento.

As espécies aqui abordadas serão as seguintes: *Ascaris lumbricoides* (lombrigas), *Necator americanus* e *Ancylostoma duodenale* (ancilóstomos), *Enterobius vermicularis* (oxiúros), *Wuchereria bancrofti* (filárias) e *Strongyloides stercoralis*. Para você, futuro professor, é importante conhecer as principais características morfológicas e biológicas dessas espécies, pois a educação das pessoas é uma ferramenta poderosa no combate às parasitoses por elas causadas.

### ASCARIS LUMBRICOIDES (LOMBRIGAS)



A lombriga (Figura 11.1) é um dos parasitas mais comumente encontrados nos seres humanos. Estima-se que, em todo o mundo, mais de 1,2 bilhão de pessoas estejam infectadas por esses vermes. Tal infecção é chamada ascaridíase.

As lombrigas são nematódeos grandes. Os machos medem, em geral, entre 15 e 35cm de comprimento. Já as fêmeas são maiores, medindo entre 35 e 40cm, podendo chegar, em casos excepcionais, a 48cm. A extremidade anterior do corpo possui três lábios bem desenvolvidos, um dorsal e dois ventrais (Figura 11.2). Cada lábio exibe a margem denticulada com duas papilas diminutas nas suas bordas laterais.

A extremidade posterior do macho é claramente curvada, o que permite a distinção entre os sexos (dimorfismo sexual).

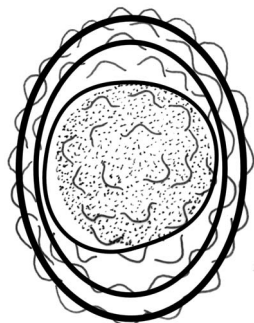
**Figura 11.1:** A lombriga (*Ascaris lumbricoides*) é um nematódeo que parasita o intestino humano. Estima-se que, em todo o mundo, mais de 1,2 bilhão de pessoas estejam infectadas por esse parasita.

Uma fêmea de lombriga pode colocar, aproximadamente, 200.000 ovos por dia. Os ovos são liberados juntamente com as fezes do hospedeiro. Normalmente, o ciclo de vida prossegue com a deposição dos ovos no solo. Quando as condições do solo são adequadas, o desenvolvimento embrionário se processa dentro de duas semanas. Assim como no caso da esquistossomose e da teníase, doenças causadas por platelmintes parasitas (que você estudou na Aula 7), a falta de condições sanitárias e de higiene adequadas é responsável pelas altas taxas de infecção por *A. lumbricoides*.



**Figura 11.2:** Extremidade anterior do verme *Ascaris lumbricoides*. Os três lábios, um dorsal e dois ventrais, estão visíveis.

Os ovos (Figura 11.3) das lombrigas são bastante resistentes a condições adversas, tais como a dessecação (desidratação) ou falta de oxigênio. Eles permanecem viáveis por um longo tempo após o desaparecimento do material fecal. Entretanto, a exposição direta aos raios solares e temperaturas muito elevadas podem ser fatais.



**Figura 11.3:** Ovo de *Ascaris lumbricoides*.

O desenvolvimento embrionário termina com a formação de um juvenil, o qual permanece encapsulado na casca do ovo. Esses juvenis podem permanecer viáveis por muitos meses ou mesmo por anos no solo.

A infecção de um novo hospedeiro ocorre, geralmente, quando os ovos do nematódeo são ingeridos juntamente com vegetais não-cozidos ou quando crianças colocam os dedos ou brinquedos sujos com terra na boca.

Após a ingestão dos ovos embrionados, ocorre a eclosão de diminutos vermes juvenis. Estes perfuram a parede intestinal e passam para veias ou vasos linfáticos, sendo transportados, através do coração, para os pulmões. Eles passam, então, dos alvéolos pulmonares para a traquéia. Caso a infecção dos pulmões seja muito severa, uma séria pneumonia pode ocorrer nessa fase. Ao passarem da traquéia para a faringe, os juvenis são engolidos. Eles passam pelo estômago e, finalmente, chegam ao intestino. As lombrigas atingem a maturidade cerca de dois meses após o hospedeiro ter ingerido os ovos.

As lombrigas se alimentam do conteúdo intestinal. A sua presença causa dores abdominais e reações alérgicas. Quando uma grande quantidade de vermes está presente, pode ocorrer o bloqueio do intestino. A perfuração da parede intestinal, a qual causa peritonite, não é rara. Por vezes, vermes se deslocando podem emergir pelo ânus ou garganta, ou invadir a traquéia, trompa de Eustáquio e ouvido médio.

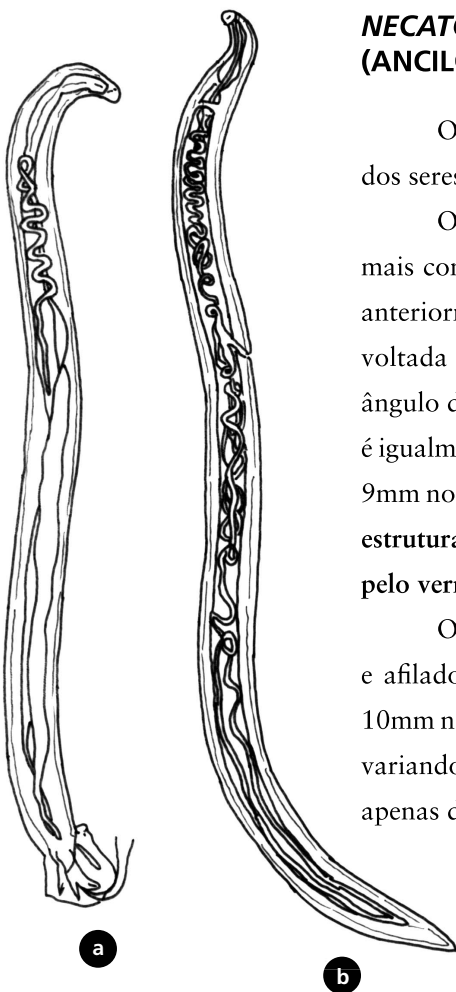
Como você já deve ter percebido, o combate à infecção por lombrigas requer a melhoria das condições de vida e higiene das pessoas, através da instalação de vasos sanitários e redes de esgoto eficientes. Um sistema adequado de eliminação dos dejetos sanitários impediria a chegada dos ovos desses nematódeos ao solo e às lavouras, bloqueando, assim, o ciclo de vida do parasita. Existem drogas (remédios) que podem ser utilizadas no tratamento da ascaridíase. Esses remédios não serão mencionados nesta aula.

#### **NECATOR AMERICANUS E ANCYLOSTOMA DUODENALE (ANCILÓSTOMOS)**

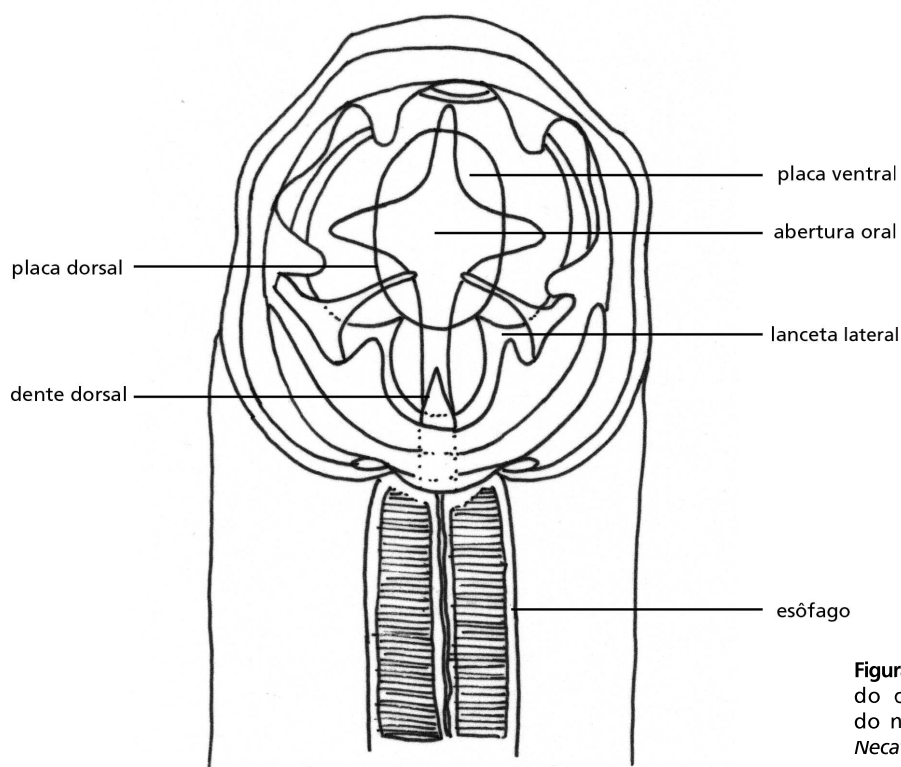
Os indivíduos destas espécies se alimentam na mucosa intestinal dos seres humanos. Essa parasitose é chamada **ancilostomose**.

O corpo do nematódeo *N. americanus* (Figura 11.4), espécie mais comum no Brasil que o *A. duodenale*, é cilíndrico, atenuando-se anteriormente, e um tanto curvo e enrolado, com a extremidade cefálica voltada nitidamente para o lado dorsal, muitas vezes formando um ângulo de 90 graus ou mesmo maior, de tal modo que a abertura bucal é igualmente dirigida para cima. O comprimento corporal pode chegar a 9mm nos machos e 11mm nas fêmeas. A área bucal (Figura 11.5) possui estruturas similares a dentes e lâminas (ou placas), as quais são utilizadas pelo verme para se fixar na mucosa intestinal e dilacerar o epitélio.

O corpo dos exemplares de *A. duodenale* é cilíndrico, rígido e afilado nas extremidades. O comprimento corporal varia entre 7 e 10mm nos machos. As fêmeas são, em geral, maiores, com comprimento variando entre 9 e 15mm. A cápsula bucal desses nematódeos apresenta apenas dentes.



**Figura 11.4:** Macho (a) e fêmea (b) do nematódeo parasita *Necator americanus*, causador da ancilostomose.



**Figura 11.5:** Porção anterior do corpo (área bucal) do nematódeo parasita *Necator americanus*.

Os adultos de *N. americanus* e *A. duodenale* vivem no intestino delgado, principalmente no **DUODENO**. Em casos de infecção intensa, podem também ser encontrados no **JEJUNO** e no **ÍLEO**. Os vermes utilizam as placas cortantes ou os dentes para se fixar na mucosa intestinal, dilacerando o epitélio e produzindo, muitas vezes, pequenas hemorragias. Eles sugam uma parte da mucosa, o que causa a necrose dos tecidos. Também sugam, constantemente, o sangue do hospedeiro. A quantidade de sangue sugada é muito maior que a necessária para o nematódeo se alimentar adequadamente. As infecções severas podem causar anemia no paciente. A presença desses vermes em crianças pode causar deficiências mentais e de crescimento e uma perda geral de energia.

Os ovos de *N. americanus* e *A. duodenale* são liberados juntamente com as fezes do hospedeiro. **As formas juvenis eclodem no solo, onde se alimentam de bactérias. Elas penetram ativamente no corpo humano quando a pele entra em contato com o solo infectado.** Ao penetrarem no corpo, os juvenis invadem o sistema circulatório, passam pelos pulmões e chegam ao intestino, de uma maneira similar àquela descrita anteriormente para a espécie *Ascaris lumbricoides*. Os seres humanos também podem adquirir a ancilostomose ao ingerir as formas juvenis.

#### **DUODENO**

Primeira porção do intestino delgado.

#### **JEJUNO**

Parte entre o duodeno e o íleo.

#### **ÍLEO**

Terceira e última porção do intestino delgado, a qual se estende do final do jejuno à válvula iliocecal, descrevendo, em seu trajeto, numerosas circunvoluções.

Assim como no caso da ascaridíase, o controle da ancilostomose requer a instalação de vasos sanitários e redes de esgoto. Um sistema adequado de eliminação dos dejetos sanitários impediria a chegada dos ovos dos ancilóstomos ao solo, interrompendo o ciclo de vida do parasita. Uma outra medida para evitar a infecção é a proteção dos pés, por meio do uso de sapatos, o que impediria a penetração dos juvenis.



**Figura 11.6:** O nematódeo *Enterobius vermicularis* (oxiúro), causador da enterobiose.

### **ENTEROBIUS VERMICULARIS (OXIÚROS)**

Os oxiúros (Figura 11.6) são parasitas do intestino humano, ocorrendo no ceco (primeira parte do intestino grosso) e no apêndice secal. Todavia, as primeiras fases da vida adulta são passadas na última porção do intestino delgado. Esses vermes podem também ser encontrados no apêndice. A parasitose causada pelos oxiúros é denominada **enterobiose**.

A pessoa parasitada pelo *E. vermicularis* apresenta, eventualmente, problemas gastrintestinais. Ocorrem náuseas, vômitos e dores abdominais pouco intensas. O sintoma mais característico da enterobiose é o prurido (coceira) anal, às vezes intolerável, que leva o paciente a coçar-se constantemente, ocasionando séria irritação na região anal. Como veremos logo adiante, essa horrível coceira está relacionada com a reprodução do parasita.

O verme *E. vermicularis* é pequeno, filiforme e esbranquiçado. O macho mede de 3 a 5mm e a fêmea de 8 a 12mm de comprimento. A cutícula é finamente estriada transversalmente e forma, nas partes laterais do corpo, uma crista longitudinal, a qual é muito característica. De cada lado da boca, a cutícula apresenta uma saliência convexa, similar a uma pequena asa. A boca possui três lábios retráteis.

A postura dos ovos do *E. vermicularis* é realizada durante a noite. As fêmeas migram para a região anal do hospedeiro para efetuar a postura, o que causa o prurido intenso já mencionado. Ao se coçar, o hospedeiro contamina as mãos e roupas de cama. Os ovos se desenvolvem rapidamente, tornando-se infectantes, à temperatura do corpo humano, em cerca de seis horas. Quando os ovos são engolidos, ocorre a eclosão dos juvenis no duodeno.

Algumas drogas (remédios) combatem efetivamente o *E. vermicularis*. Entretanto, todos os membros de uma família devem ser tratados simultaneamente, pois o parasita se espalha facilmente pelos objetos domésticos (por exemplo, artigos de cama, mesa ou banho).



## WUCHERERIA BANCROFTI E FORMAS RELACIONADAS (FILÁRIAS)

Cerca de oito espécies de filárias infectam os seres humanos. Nos países tropicais, aproximadamente 250 milhões de pessoas estão infectadas com as filárias *Wuchereria bancrofti* (Figura 11.7) ou *Brugia malayi*. Essa parasitose é denominada filariose e os seus sintomas podem ser extremamente graves, como veremos adiante.

Os exemplares de *Wuchereria bancrofti* têm o corpo opalino (de cor leitosa), transparente, de tegumento liso e afinado nas duas extremidades. A boca é inerte (sem dentes) e sem papilas. O comprimento do corpo dos machos varia entre 25 e 39mm. As fêmeas são maiores: seu comprimento corporal varia entre 66 e 100mm.

As filárias vivem no sistema linfático dos seres humanos. Os sintomas da filariose estão associados à inflamação e obstrução deste sistema. Nos casos severos, de prolongada e contínua exposição às filárias, podem surgir as dramáticas manifestações da elefantíase (Figura 11.8). Nesta, a parasitose causa um crescimento excessivo de tecidos conectivos e uma enorme inchação das partes afetadas, tais como escroto, pernas, braços e, mais raramente, vulva e seios.

As fêmeas de *W. bancrofti* liberam pequenas formas jovens, chamadas microfilárias, nos sistemas circulatório e linfático do hospedeiro. Mosquitos (vetores), ao sugarem o sangue das pessoas infectadas, ingerem as microfilárias. Estas se desenvolvem no vetor até atingirem a fase infectante (Figura 11.9). Quando o mosquito se alimenta novamente, as microfilárias penetram através da ferida causada pela picada do inseto.



Figura 11.9: Fase infectante (larva) da filária *Wuchereria bancrofti*.



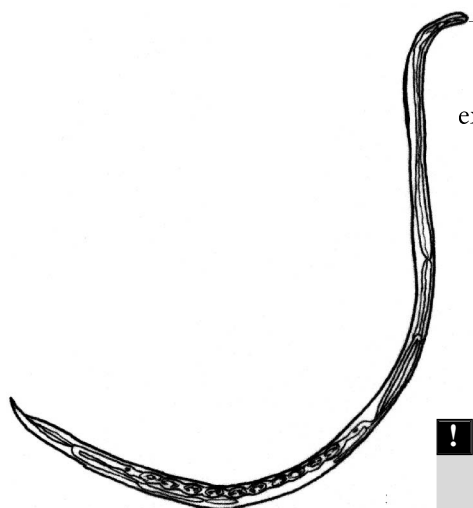
Figura 11.7: Porção anterior do corpo de uma filária (*Wuchereria bancrofti*). Esta espécie é a causadora de uma parasitose chamada filariose, cujos sintomas podem ser extremamente graves (elefantíase).



Figura 11.8: Um caso severo de filariose (elefantíase).

### ***STRONGYLOIDES STERCORALIS***

As fêmeas desta espécie (Figura 11.10) são parasitas, geralmente, do duodeno e da porção superior do jejuno dos seres humanos. Essa parasitose é denominada **estrongiloidose**. A espécie em questão possui, além das fêmeas parasitas, formas masculinas e femininas de vida livre, como veremos adiante.



**Figura 11.10:** *Strongyloides stercoralis* (fêmea), nematódeo parasita causador da estrongiloidose. Além das fêmeas parasitas, esta espécie possui formas masculinas e femininas de vida livre.

A fêmea parasita (partenogenética e triplóide) mede cerca de 2,5mm de comprimento. O corpo afila-se em direção à extremidade anterior. A boca apresenta três pequenos lábios.

! Os sintomas da estrongiloidose podem ser divididos em três categorias: (1) cutâneos, (2) broncopulmonares e (3) gastrintestinais. Os primeiros ocorrem em consequência da penetração das larvas infectantes, que produzem lesões na pele. As manifestações broncopulmonares, em geral, são discretas; em casos graves, pode ocorrer broncopneumonia, com febre, expectoração e dor torácica. Os sintomas gastrintestinais, que são os mais importantes, são bastante variados. Alguns sintomas surgem após a ingestão de alimentos pela pessoa parasitada (por exemplo, sensação de peso na parte superior do abdome, estofamento abdominal, náuseas e vômitos). Esses sintomas podem fazer com que o paciente diminua a sua alimentação. Existem também sintomas não-relacionados à ingestão de alimentos, tais como cólicas intestinais e diarreia. Os pacientes podem apresentar também anemia. Casos severos de estrongiloidose podem causar a morte do doente.

O ciclo de vida do nematódeo *S. stercoralis* é complexo, envolvendo tanto formas parasitas quanto de vida livre. As fêmeas parasitas são ovovivíparas. Elas produzem, por partenogênese, larvas denominadas **rabditóides**. Estas são liberadas juntamente com as fezes do hospedeiro. No solo, elas se alimentam ativamente, crescem e sofrem uma muda, transformando-se nas **larvas filarióides infectantes**, capazes de atravessar a pele e invadir o organismo do hospedeiro humano. As larvas filarióides originam, então, novas fêmeas partenogenéticas. Sob certas condições ambientais, as larvas rabditóides sofrem uma muda e se transformam em **adultos de vida livre**, masculinos ou femininos.

Mais uma vez, assim como no caso da ascaridíase e da ancilostomose, o controle da strongiloidose requer a instalação de vasos sanitários e redes de esgoto. Um sistema adequado de eliminação dos dejetos sanitários impediria a chegada das larvas rabditóides ao solo, interrompendo o ciclo de vida do *S. stercoralis*. Drogas podem ser usadas para combater o parasita no organismo humano.

## RESUMO

Nesta aula, você estudou cinco espécies do filo Nematoda que são parasitas dos seres humanos. As doenças causadas por esses pseudocelomados também foram brevemente discutidas, assim como meios para o seu controle e tratamento.

As espécies abordadas foram as seguintes (os nomes das parasitoses por elas causadas são mencionados entre parênteses): *Ascaris lumbricoides* (ascaridíase), *Necator americanus* e *Ancylostoma duodenale* (ancilostomose), *Enterobius vermicularis* (enterobiose), *Wuchereria bancrofti* (filariose, elefantíase) e *Strongyloides stercoralis* (strongiloidose).

## EXERCÍCIOS AVALIATIVOS

1. Descreva, brevemente, o ciclo de vida da espécie *Ascaris lumbricoides*, causadora da ascaridíase.
2. Descreva, brevemente, o ciclo de vida da espécie *Wuchereria bancrofti*, causadora da filariose.
3. Qual é a principal medida para o controle da filariose?
4. Em uma determinada cidade do interior do Brasil, existe uma elevada quantidade de casos de ascaridíase e ancilostomose. Qual medida poderia ser tomada para combater, simultaneamente, essas duas parasitoses? Quais partes dos ciclos de vida dos parasitas causadores seriam bloqueadas?

### **AUTO-AVALIAÇÃO**

É importante que você tenha compreendido os seguintes tópicos abordados nesta aula: (1) características morfológicas e biológicas das principais espécies do filo Nematoda que possuem importância médica; (2) principais características das doenças causadas por esses nematódeos. Se você compreendeu bem esses tópicos e respondeu corretamente às questões propostas nos exercícios, você com toda certeza está preparado para avançar para a Aula 12.

### **INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na próxima aula, nós finalizaremos o estudo dos vermes pseudocelomados. Mais três filos serão estudados: Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta. A filogenia dos nove filos pseudocelomados será brevemente discutida.

## Pseudocelomados IV: filos Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta

# AULA 12

## objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Conhecer as características morfológicas e biológicas dos membros dos filos Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta.
- Conhecer aspectos gerais da filogenia dos animais pseudocelomados.

### Pré-requisitos

Aulas 1 a 11, especialmente as três últimas.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre Citologia e Histologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

Nesta aula, nós finalizaremos o nosso estudo sobre os animais pseudocelomados. Inicialmente, você será apresentado a mais três filos de pseudocelomados: Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta. Após o estudo desses grupos, nós discutiremos aspectos da filogenia e diversificação dos nove filos pseudocelomados.

## FILO NEMATOMORPHA

São conhecidas, aproximadamente, 250 espécies de nematomorfos (Figura 12.1). Neste filo, que está presente em todo o mundo, os adultos são de vida livre, enquanto as formas jovens (larvas) são parasitas de artrópodes.

Os Nematomorpha (do grego, *nema*, *nematos* = fio + *morpha* = com forma de) adultos não ingerem alimentos. Eles podem ser encontrados no meio aquático ou em locais úmidos, em ambos os casos em situações em que um suprimento adequado de oxigênio está disponível. Já os imaturos, como os membros do gênero cosmopolita *Gordius*, formam cistos em plantas, as quais servem como alimento para insetos e outros artrópodes. No gênero marinho *Nectonema* (Figura 12.1.a), os juvenis ocorrem em crustáceos, tais como **BERNARDOS-EREMITAS** (paguros).

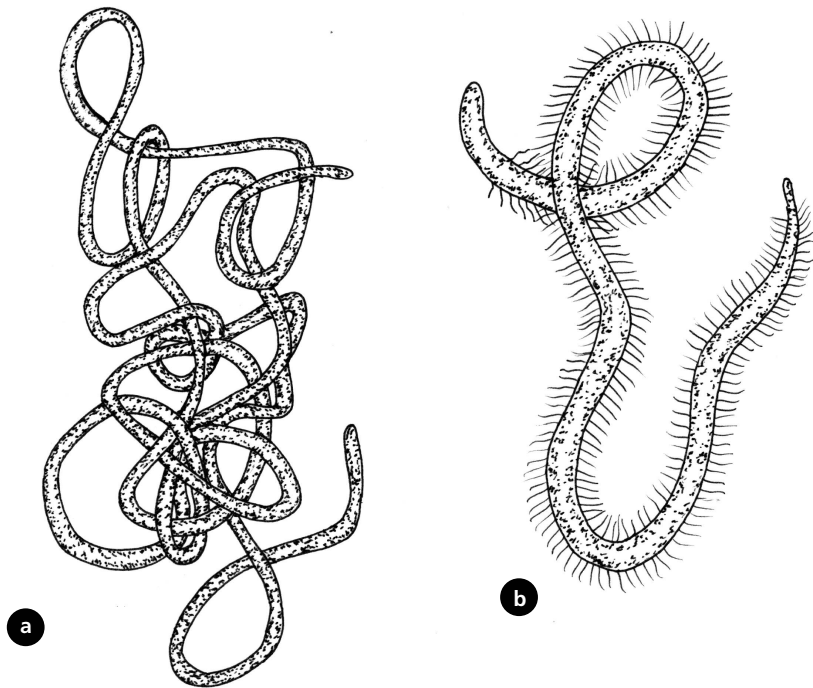
Os nematomorfos foram, por muito tempo, considerados como membros do filo Nematoda, que você estudou nas duas aulas passadas. De fato, eles compartilham uma série de similaridades com os nematódeos na estrutura da cutícula, presença de cordas epidermais, ausência de músculos circulares na parede do corpo e estrutura do sistema nervoso. Entretanto, a forma das larvas de alguns nematomorfos é muito similar aos membros do filo Priapulida, que foi abordado na Aula 10. Portanto, é difícil determinar quais são os parentes mais próximos dos Nematomorpha.

O corpo dos nematomorfos é longo, delgado e cilíndrico (Figura 12.1). O comprimento corporal varia de 10 a 70 cm, mas o diâmetro é de apenas 0,3 a 2,5 mm.

### BERNARDO-EREMITA

Os crustáceos da superfamília Paguroidea possuem o curioso comportamento de abrigar o abdome em conchas vazias de moluscos gastrópodes, as quais eles passam a carregar. Esses interessantes animais serão estudados futuramente aqui no nosso curso.

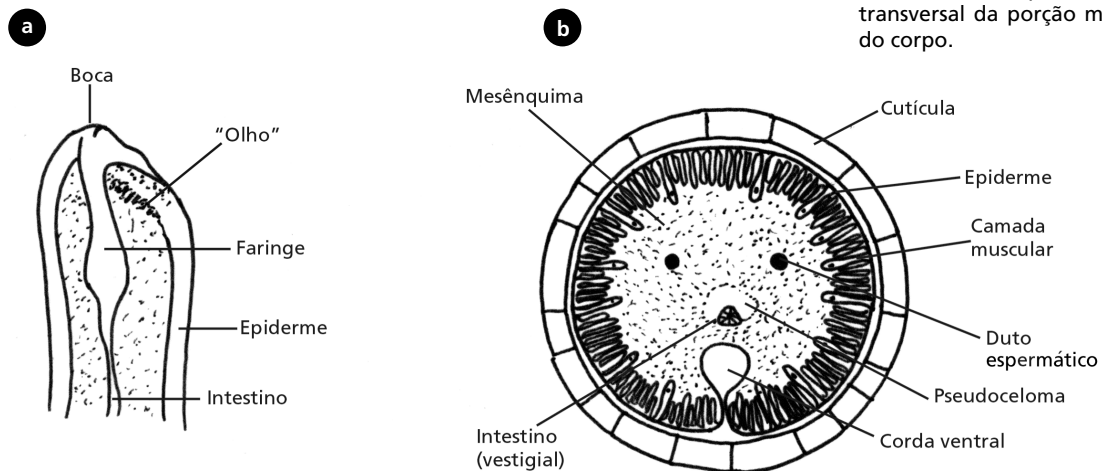
**Figura 12.1:** *Gordius* (a) e *Nectonema* (b), dois representantes (adultos) do filo Nematomorpha.



A parede do corpo (Figura 12.2) é muito similar àquela dos Nematoda. Ela é formada por **cutícula**, **hipoderme** e **camada de músculos longitudinais**. Estão presentes **cordas epidermais dorsais e ventrais** ou apenas as segundas (veja mais detalhes sobre essas estruturas na parte da Aula 10 sobre o filo Nematoda). Cordas laterais não estão presentes.

O **sistema digestivo** dos Nematomorpha é **vestigial** (reduzido) (Figura 12.2). A faringe é composta por uma massa sólida de células e o intestino não se abre para a cloaca. **As formas juvenis absorvem, através da parede corporal, material nutritivo proveniente dos artrópodes hospedeiros. Já os adultos, aparentemente, alimentam-se de nutrientes armazenados durante a fase larval.**

**Figura 12.2:** Filo Nematomorpha. Aspectos da morfologia interna. (a) Corte longitudinal da porção anterior do corpo. (b) Corte transversal da porção mediana do corpo.



Não existem sistemas circulatório, respiratório e excretor. O sistema nervoso apresenta um anel em torno da faringe e um cordão ventral. Em muitos nematomorfos, o cordão ventral se conecta à corda epidermal ventral por uma lamela nervosa.

Os nematomorfos são dióicos (Figura 12.3). Os machos são mais ativos que as fêmeas. Cada sexo possui um par de gônadas e um par de gonodutos que se abrem na cloaca. As fêmeas liberam longas cadeias de ovos na água. Os juvenis (Figura 12.4) eclodem dos ovos e penetram nos artrópodes hospedeiros. Após vários meses de desenvolvimento na HEMOCELE desses hospedeiros, os vermes maduros emergem no meio aquático. Aparentemente, no caso dos hospedeiros terrestres, o verme consegue estimular, por meio de um mecanismo desconhecido, o animal parasitado a procurar a água.

#### HEMOCELE

Cavidade corporal dos artrópodes, a qual não constitui um celoma verdadeiro, pois não é revestida pelo mesoderma. A hemocele é preenchida por sangue (hemolinfa).

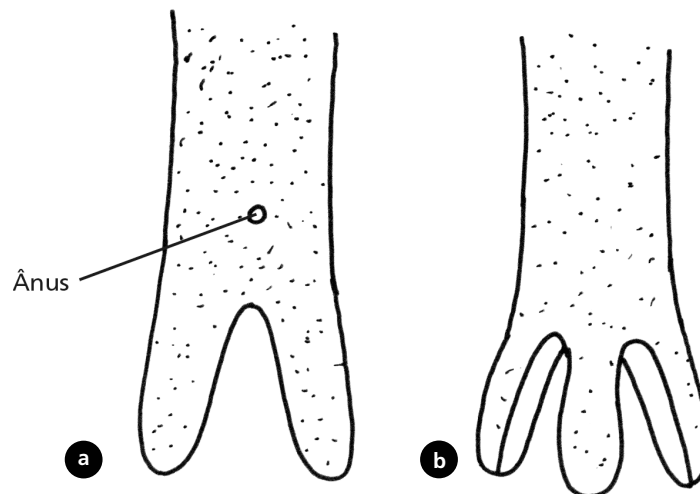


Figura 12.3: Filo Nematomorpha. Parte terminal do corpo (gênero *Paragordius*) mostrando a ocorrência de dimorfismo sexual. (a) Macho. (b) Fêmea.

#### FILO ACANTHOCEPHALA

Todos os membros do filo Acanthocephala (do grego, *akantha* = espinho + *kephale* = cabeça) são endoparasitas e vivem, na fase adulta (Figura 12.5), no intestino de vertebrados. O nome do filo diz respeito à presença de uma probóscide, cilíndrica e retrátil, que possui fileiras de espinhos curvos.



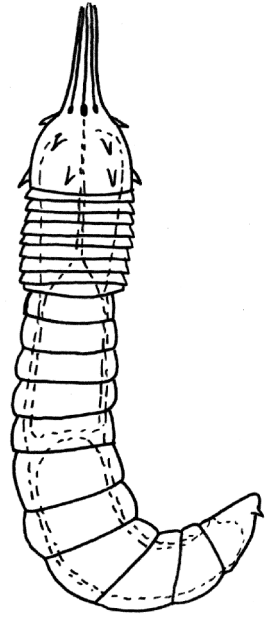
O filo Acanthocephala é cosmopolita. Mais de 500 espécies são conhecidas, sendo que a maioria é parasita de peixes, mamíferos e aves. Nenhuma espécie parasita normalmente os seres humanos. Entretanto, parasitas que vivem em outros hospedeiros podem, ocasionalmente, infectar os humanos. As larvas dos acantocéfalos se desenvolvem como parasitas de artrópodes (crustáceos ou insetos).

O verme acantocéfalo utiliza a probóscide (Figura 12.5) para se fixar ao intestino do hospedeiro. Essa parasitose causa uma reação inflamatória na parede intestinal, que pode ser moderada ou severa. A infecção por acantocéfalos pode causar dores intensas, especialmente quando a parede intestinal é completamente perfurada.

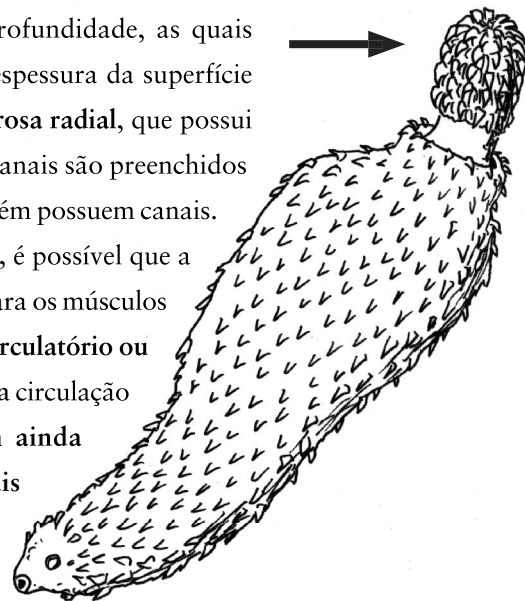
O comprimento do corpo dos acantocéfalos varia de menos de 2mm até mais de 1m. As fêmeas, geralmente, são maiores que os machos. O corpo costuma ser achatado lateralmente e possui numerosas rugas transversais. A cor da superfície corporal, normalmente, é branco-amarelada (creme), mas pode se tornar amarelada ou castanha devido à absorção de pigmentos presentes no conteúdo intestinal do hospedeiro.

A **parede do corpo** (Figura 12.6) é **sincicial**. Ela apresenta numerosas criptas (cavidades) pequenas, com 4-6µm de profundidade, as quais aumentam a área superficial. A maior parte da espessura da superfície corporal, cerca de 80%, é formada pela **zona fibrosa radial**, que possui um **sistema lacunar de canais** ramificados. Estes canais são preenchidos por fluidos. Os músculos da parede corporal também possuem canais. Estes estão conectados ao sistema lacunar. Assim, é possível que a circulação dos fluidos lacunares traga nutrientes para os músculos e remova excretas, já que **não existe um sistema circulatório ou um coração**. É a contração muscular que promove a circulação dos fluidos pelos canais e músculos. Existem ainda camadas de músculos circulares e longitudinais (Figura 12.6).

A **probóscide**, que possui fileiras de **espinhos recurvados**, é ligada à região cervical do verme (Figura 12.6). Ela pode ser guardada (retraída e invertida), por meio da contração de músculos, em um **receptáculo**.



**Figura 12.4:** Uma larva de um verme nematomorfo. A projeção na parte anterior do corpo é a probóscide, a qual está projetada.



**Figura 12.5:** Um representante do filo Acanthocephala. Observe a probóscide na parte anterior do corpo (indicada pela seta).

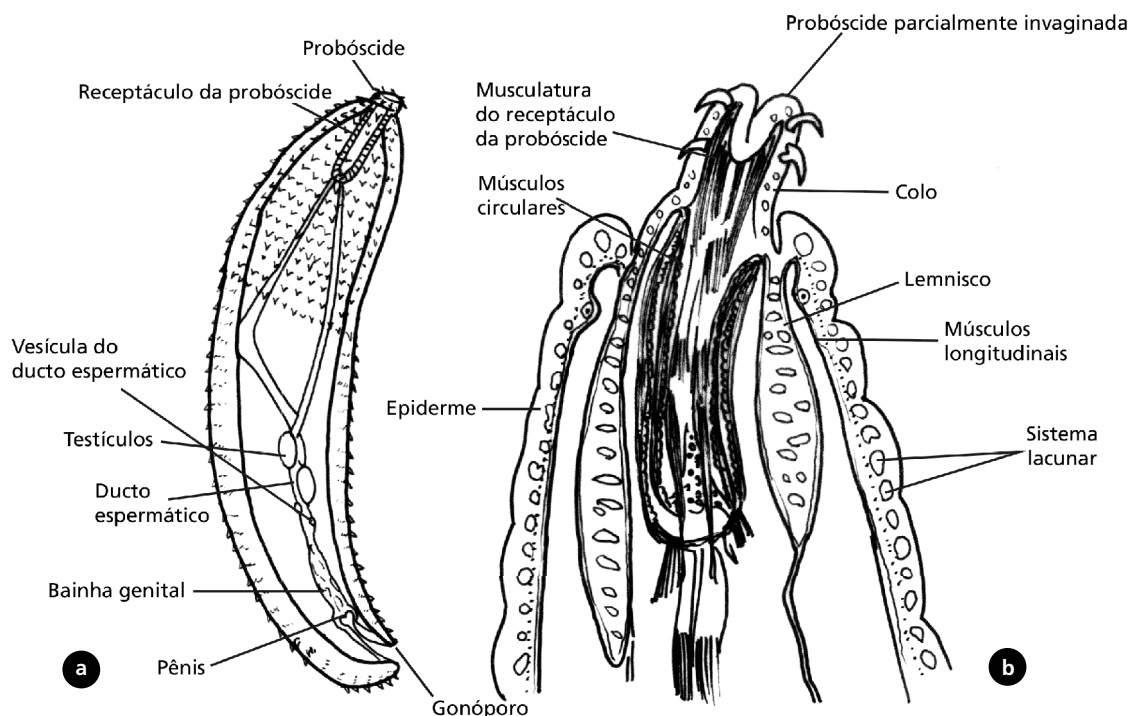
Não existe um sistema respiratório, e o sistema excretor, quando presente, é formado por um par de protonefrídios com células-flama. Os protonefrídios se unem, formando um vaso comum, que se abre no ducto espermático ou no útero.

O sistema nervoso possui um gânglio central no interior do receptáculo da probóscide (Figura 12.6). Nervos se estendem deste gânglio para a probóscide e para o corpo. Existem terminações sensoriais na probóscide e na área genital.

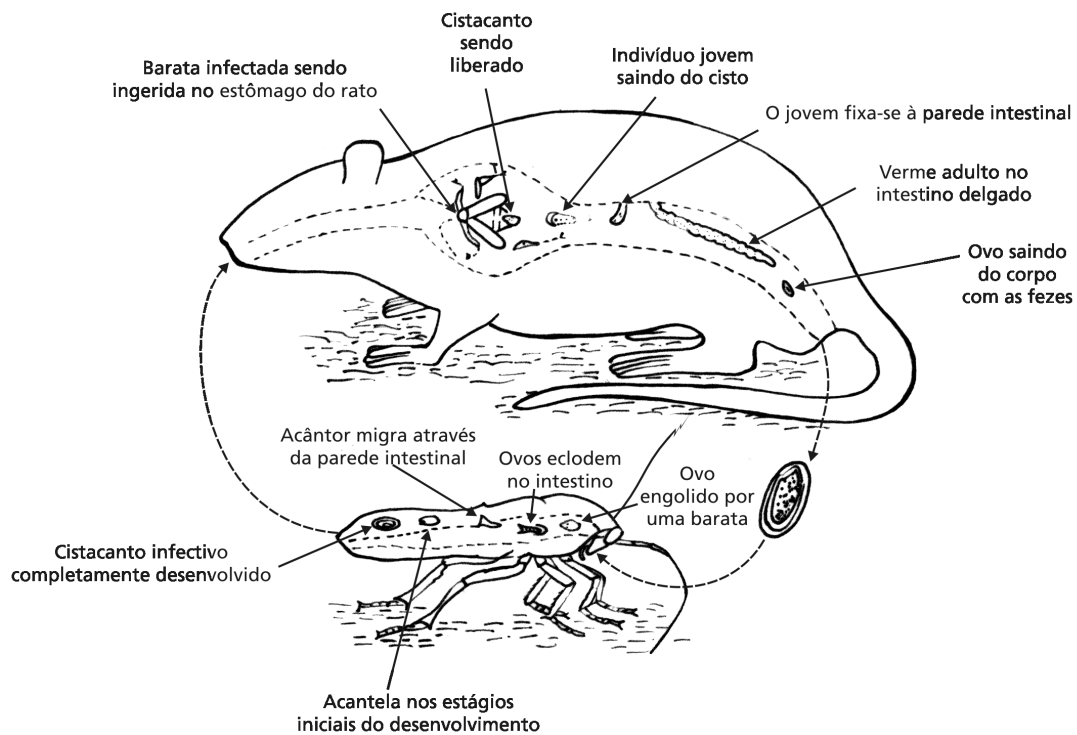
Os acantocéfalos não possuem um tubo digestivo. Eles absorvem os nutrientes, provenientes do hospedeiro, através da parede do corpo. O tegumento libera algumas enzimas, como as peptidases, que podem quebrar dipeptídeos. Os aminoácidos resultantes da quebra são, então, absorvidos pelo verme. Carboidratos são transportados do hospedeiro para o parasita.

Os acantocéfalos são dióicos. Um par de ligamentos genitais se estende para a parte posterior do corpo a partir da terminação do receptáculo da probóscide. Os machos (Figura 12.6) possuem um par de testículos, cada um com um canal deferente. Estes se unem, formando um ducto ejacutório que termina em um pequeno pênis. Nas fêmeas estão presentes glóbulos ovarianos no pseudoceloma. Um dos ligamentos genitais conduz a um sino uterino, em forma de funil, que recebe os embriões em desenvolvimento e os passa para o útero.

**Figura 12.6:** Morfologia do filo Acanthocephala. (a) *Acanthogyrus*, aspecto geral do corpo. (b) *Acanthocephalus*, porção anterior do corpo.



Os ovos (Figura 12.7) são liberados juntamente com as fezes do vertebrado hospedeiro. A eclosão das formas jovens ocorre após a ingestão dos ovos pelo artrópode que atuará como hospedeiro intermediário. No corpo do artrópode, a larva (chamada **acântor**) perfura a parede intestinal e se encista na hemocele. A larva encistada é denominada **cistacanto**. O hospedeiro definitivo, por exemplo, um peixe, se infecta ao ingerir o artrópode.



**Figura 12.7:** Ciclo de vida de um verme acantocéfalo (*Moniliformis dubius*) que vive no intestino de camundongos, ratos, cães e gatos.

## FILO ENTOPROCTA

O filo Entoprocta (do grego, *entos* = dentro + *proktos* = ânus) inclui, aproximadamente, 150 espécies conhecidas. Os membros desse filo são sésseis e pedunculados e possuem uma coroa de tentáculos ciliados (Figura 12.8). Existem tanto espécies coloniais (Figura 12.9) quanto solitárias. A maioria dos entoproctos é microscópica. O comprimento do corpo não ultrapassa 5 mm.

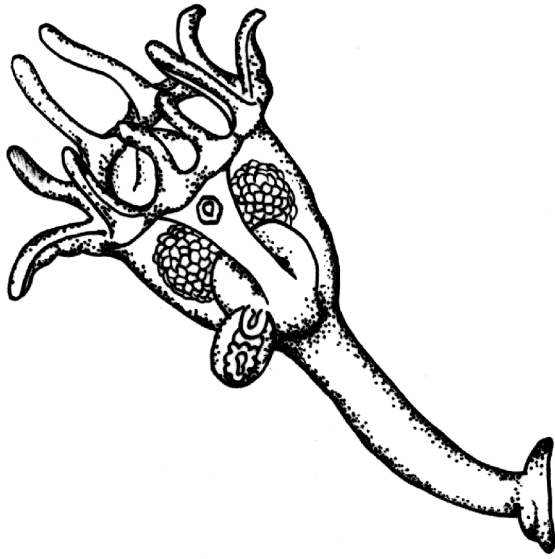


Figura 12.8: Um representante do filo Entoprocta.

Quase todos os entoproctos são marinhos. Os membros desse filo possuem uma ampla distribuição, vivendo das regiões polares até os trópicos. A maioria das espécies marinhas está restrita às águas costeiras e, freqüentemente, desenvolve-se sobre conchas e algas. Alguns são comensais de anelídeos. Os entoproctos de água doce vivem sob pedras em ambientes lóticos (águas correntes).

O corpo (cálice) (Figura 12.9) dos membros do filo Entoprocta, como você já sabe, possui uma coroa, ou círculo, de tentáculos ciliados. Ele pode estar ligado ao substrato por um único pedúnculo e um disco de fixação com glândulas adesivas (formas solitárias) ou por dois ou mais pedúnculos (formas coloniais).

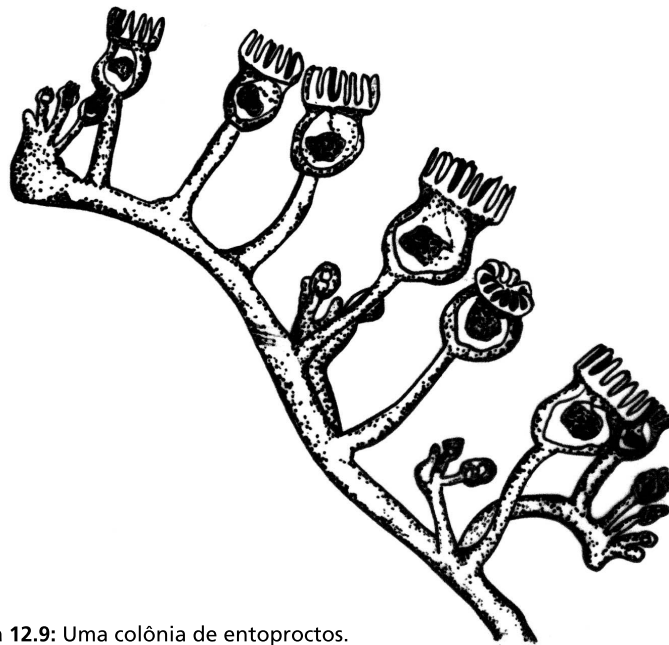


Figura 12.9: Uma colônia de entoproctos.

Tanto os tentáculos quanto o pedúnculo são parte da parede do corpo. O número de tentáculos varia de 8 a 30, e cada um pode se mover individualmente. Cílios revestem as superfícies lateral e interna dos tentáculos. Os últimos não podem ser retraídos para o interior do cálice, mas podem se posicionar para proteger a boca e o ânus.

Os entoproctos são filtradores. Seu tubo digestivo (Figura 12.10), que possui a forma de um “U”, é revestido por cílios. Tanto a boca quanto o ânus estão localizados dentro do círculo de tentáculos cujas laterais possuem cílios longos que geram uma corrente de água. Protozoários, diatomáceas e outros itens alimentares, trazidos pela corrente de água, são retidos pelos cílios curtos situados nas superfícies internas dos tentáculos e direcionados para a boca.

A parede do corpo dos entoproctos (Figura 12.10) é formada por cutícula, epiderme e músculos longitudinais. O pseudoceloma é preenchido por um parênquima (ou mesênquima) gelatinoso. Já o sistema excretor é formado por um par de protonefrídios. Um gânglio nervoso bem desenvolvido localiza-se ventralmente ao tubo digestivo. A superfície corporal, por sua vez, apresenta cerdas e fóveas (depressões) sensoriais.

Os entoproctos não possuem sistemas respiratório e circulatório. Assim, as trocas gasosas ocorrem através da parede do corpo, principalmente pelos tentáculos.

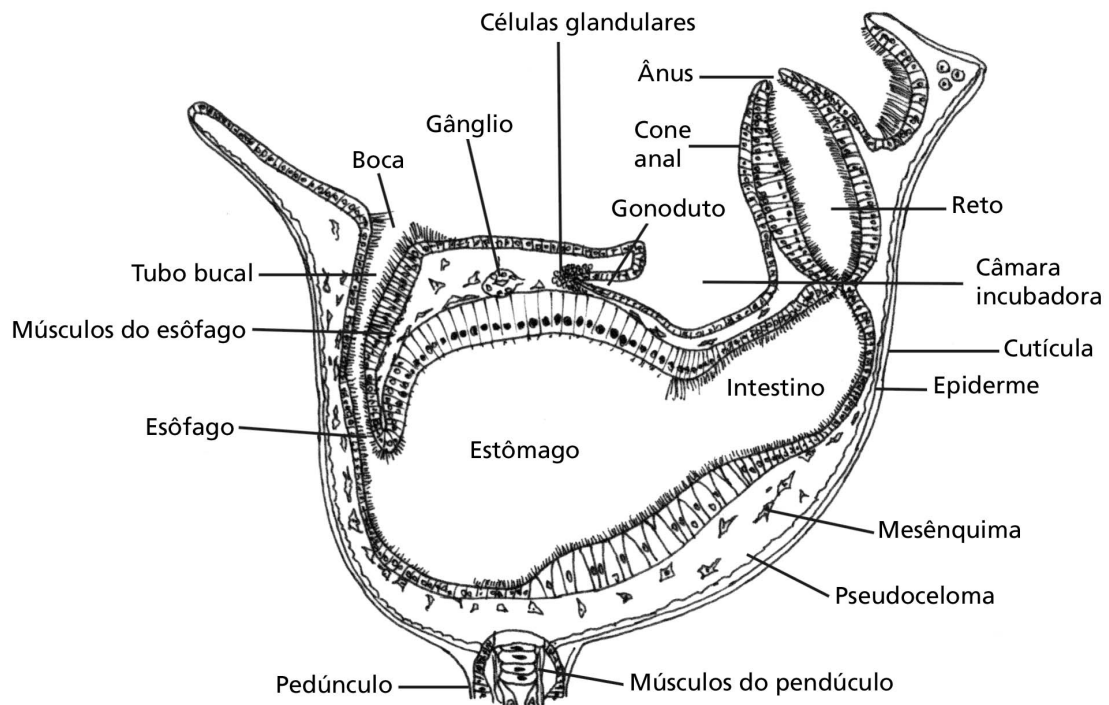
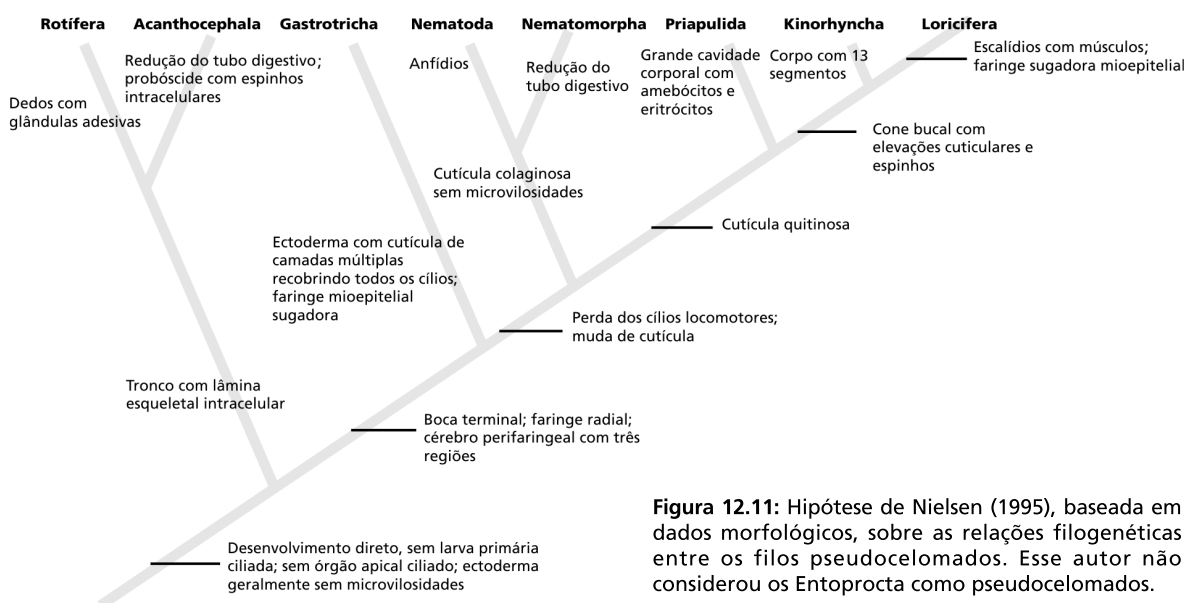


Figura 12.10: Aspectos da morfologia de um membro do filo Entoprocta.

Quanto à reprodução, existem tanto espécies de entoproctos **monóicas** quanto **dióicas**. Existem também formas **hermafroditas** que apresentam **protandria** (as gônadas, inicialmente, produzem esperma e, posteriormente, óvulos). Os embriões dos entoproctos se desenvolvem no interior de uma bolsa posicionada entre o poro genital e o ânus do organismo parental (**Figura 12.10**). As larvas são **ciliadas** e **nadadoras**, e possuem um tufo de cílios na extremidade anterior e uma faixa ciliada em torno da margem ventral do corpo. A larva se fixa ao substrato e se transforma no adulto.

## FILOGENIA E DIVERSIFICAÇÃO

Existem hipóteses bastante diferentes sobre a filogenia dos animais pseudocelomados. Um pesquisador, chamado Nielsen, propôs, em 1995, que oito filos pseudocelomados formariam um grupo monofilético (**Figura 12.11**): Rotifera, Acanthocephala, Gastrotricha, Nematoda, Nematomorpha, Priapulida, Kinorhyncha e Loricifera. Esse grupo, que o autor denominou Aschelminthes, seria caracterizado pela ocorrência de desenvolvimento direto, sem larvas ciliadas. Os Entoprocta, que, como você já sabe, possuem uma larva ciliada, não foram incluídos por Nielsen nos Aschelminthes. O autor considerou os entoproctos um grupo próximo ao filo Ectoprocta, que você estudará na disciplina Diversidade Biológica dos Deuterostomados.



**Figura 12.11:** Hipótese de Nielsen (1995), baseada em dados morfológicos, sobre as relações filogenéticas entre os filos pseudocelomados. Esse autor não considerou os Entoprocta como pseudocelomados.

A hipótese de Nielsen (1995), apresentada anteriormente, baseia-se em dados morfológicos. Análises produzidas com base em dados moleculares (seqüências de RNA ribossomal) geram resultados bastante diferentes daqueles de Nielsen. Tais dados moleculares sugerem que a linhagem dos animais protostomados é dividida em dois grandes grupos que divergiram no Pré-cambriano: Ecdysozoa e Lophotrochozoa. O primeiro grupo inclui os filos cujas espécies sofrem mudas da cutícula durante o processo de desenvolvimento. O segundo grupo inclui os filos lofoforados, que serão tratados na disciplina Diversidade Biológica dos Deuterostomados, assim como aqueles que apresentam uma larva do tipo trocófora. Os Rotifera, Gastrotricha e Entoprocta são considerados, segundo essa hipótese, membros dos Lophotrochozoa. Já os Nematoda, Nematomorpha, Kinorhyncha e Priapulida estão incluídos nos Ecdysozoa. O posicionamento dos Loricifera e Acanthocephala não é claro. Se a hipótese produzida com base nos dados moleculares estiver correta, o grupo Aschelminthes, como proposto por Nielsen, não é válido.

Como você já sabe, o filo Nematoda é claramente o mais diversificado dentre os animais pseudocelomados. Existem espécies de nematódeos adaptadas para a vida em praticamente todos os tipos de habitats disponíveis para a vida animal. O plano de organização corporal dos nematódeos, caracterizado pelo pseudoceloma, cutícula, esqueleto hidrostático e músculos longitudinais, é bastante flexível, permitindo a adaptação desses vermes a uma enorme variedade de condições ambientais. As formas de vida livre originaram, em diferentes momentos da evolução do grupo, linhagens de parasitas que exploram uma enorme quantidade de espécies animais e vegetais.

## RESUMO

Nesta aula, nós finalizamos o estudo dos animais pseudocelomados. Três pequenos filos foram estudados: Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta.

No filo Nematomorpha, que inclui cerca de 250 espécies, os adultos são de vida livre, enquanto as larvas parasitam artrópodes. O corpo é longo, delgado e cilíndrico. O comprimento varia de 10 a 70 cm, mas o diâmetro é de apenas 0,3 a 2,5 mm. A parede corporal é muito similar àquela dos Nematoda. Ela é formada pela cutícula, hipoderme e camada de músculos longitudinais. Estão presentes cordas epidermais dorsais e ventrais ou apenas as segundas. Cordas laterais, que ocorrem nos nematódeos, não estão presentes nos nematomorfos.

Mais de 500 espécies do filo Acanthocephala são conhecidas, sendo que a maioria é parasita de peixes, mamíferos e aves. Os acantocéfalos utilizam uma estrutura armada com espinhos, a probóscide, para se fixar ao intestino do hospedeiro. Essa parasitose causa uma reação inflamatória na parede intestinal do hospedeiro, a qual pode ser moderada ou severa. Esses parasitas não possuem um tubo digestivo. Eles absorvem os nutrientes, provenientes do hospedeiro, através da parede do corpo.

São conhecidas, aproximadamente, 150 espécies do filo Entoprocta. Esses animais filtradores são sésseis e pedunculados e possuem uma coroa de tentáculos ciliados. Existem tanto espécies coloniais quanto solitárias. Quase todas as espécies são marinhas.

Existem hipóteses conflitantes sobre a filogenia dos animais pseudocelomados. Uma delas, realizada com base em dados morfológicos, sugere a existência de um grande grupo monofilético (Aschelminthes) formado pelos seguintes filos: Rotifera, Acanthocephala, Gastrotricha, Nematoda, Nematomorpha, Priapulida, Kinorhyncha e Loricifera. Uma outra hipótese, baseada em dados moleculares, sugere que a linhagem dos protostomados é dividida em dois grandes grupos: Ecdysozoa e Lophotrochozoa. O primeiro inclui os filos cujas espécies sofrem mudas da cutícula durante o desenvolvimento. O segundo inclui os filos lofoforados e aqueles que apresentam uma larva do tipo trocófora. Os Rotifera, Gastrotricha e Entoprocta são considerados, então, membros dos Lophotrochozoa. Já os Nematoda, Nematomorpha, Kinorhyncha e Priapulida estão incluídos nos Ecdysozoa.



## EXERCÍCIOS

1. Descreva, brevemente, aspectos da morfologia externa e do ciclo de vida dos membros dos filos Nematomorpha e Acanthocephala.
2. Mencione as principais características morfológicas do filo Entoprocta.
3. Quais são as principais diferenças entre as hipóteses sobre a filogenia dos pseudocelomados geradas com base em dados morfológicos e moleculares?

## AUTO-AVALIAÇÃO

É importante que você tenha compreendido os seguintes tópicos abordados nesta aula: (1) características morfológicas e biológicas dos membros dos filos Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta; (2) aspectos gerais da filogenia dos animais pseudocelomados. Se você compreendeu bem esses tópicos e respondeu corretamente às questões propostas nos exercícios, com toda certeza, está preparado para avançar para a Aula 13.

## INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA

Na Aula 13, nós faremos um estudo dirigido sobre as principais características que permitem a identificação dos filos abordados até agora no nosso curso.



## Estudo dirigido: construção de chave dicotômica

AULA

13

## objetivos

Ao final desta aula, você deverá ser capaz de:

- Compreender a lógica utilizada nas chaves de identificação.
- Revisar os assuntos estudados nas Aulas 1 a 12.
- Aprender a construir uma chave de identificação.

### Pré-requisitos

Aulas 1 a 12.

Disciplina Introdução à Zoologia.

Noções básicas sobre diversidade e filogenia dos animais.

## INTRODUÇÃO

Nesta aula, nós estudaremos os processos utilizados para facilitar a identificação dos animais, em particular daqueles abordados nas aulas anteriores. Como você já percebeu, existem algumas características compartilhadas entre os representantes desses filos e outras totalmente exclusivas de cada um deles.

O grande desafio, nesta aula, será saber distinguir os principais grupos de animais já estudados. A princípio, pensar em todas as estruturas e características mencionadas nas aulas anteriores pode lhe causar uma certa confusão. Mas, fique tranquilo, ao final desta aula você será capaz de organizar seu pensamento e diferenciar vários grupos de animais já estudados. É claro que, para isso, você terá de voltar às aulas anteriores para rever explicações e características dos filos abordados.

## CLASSIFICAÇÃO

Você já percebeu que existe uma grande diversidade de animais, com formas e estruturas diferentes. Separar todos os animais conhecidos não é, portanto, uma tarefa simples, pois essa grande variedade pode gerar uma enorme confusão. Para evitar isso, os cientistas separaram os maiores grupos de animais em grupos menores. As semelhanças e diferenças que percebemos entre os organismos nos ajudam a agrupá-los. A colocação de um ser ou qualquer objeto em um grupo é chamada **classificação**.

O agrupamento de objetos ou seres vivos em categorias é útil porque essa ordenação facilita a nossa compreensão. Entretanto, se diferentes critérios forem utilizados para a classificação de um mesmo conjunto de objetos, podemos obter grupos diferentes. Por exemplo, você pode colecionar selos e classificá-los de acordo com os países que os emitiram ou pode colecionar moedas e classificá-las de acordo com seus diâmetros. Um outro colecionador, porém, pode agrupar os selos de acordo com as figuras neles impressas ou reunir as moedas conforme seus valores ou seus países de origem. Todos esses sistemas de classificação têm, porém, uma coisa em comum: são baseados inteiramente na observação. Quando uma classificação é fundamentada na observação de semelhanças existentes entre os objetos, ela é chamada **classificação empírica**.

Atualmente, a classificação dos seres vivos (ou seja, a **classificação biológica**) procura ir além da simples observação de estruturas para agrupar os organismos. A classificação biológica moderna utiliza o critério do parentesco para agrupar os organismos de acordo com suas histórias evolutivas.

## CHAVES DE IDENTIFICAÇÃO

Uma chave de identificação consiste em uma série de perguntas em relação às características de um organismo desconhecido. Para a sua utilização, é necessário responder ordenadamente cada questão. Assim, o usuário será conduzido à identificação correta do organismo desconhecido.

As chaves de identificação têm um papel fundamental na **TAXONOMIA**. Elas fornecem a clara diferenciação de características facilmente observáveis que auxiliam na identificação de um organismo. Portanto, uma boa chave de identificação tem uma função estritamente prática: permitir a rápida identificação de um organismo.

A definição das características que serão utilizadas numa chave de identificação é, portanto, essencial para que sua utilidade seja plenamente alcançada. Como vimos anteriormente, a utilização de critérios diferentes pode resultar em classificações diversas para um mesmo grupo de objetos. Da mesma maneira, a utilização de características inadequadas pode dificultar a identificação de um organismo.

## Construindo uma chave de identificação

Por ter uma função estritamente prática, uma chave de identificação não precisa utilizar necessariamente características de significado filogenético (ou seja, que estão relacionadas com a história evolutiva do organismo). Por esse motivo, as chaves taxonômicas também são chamadas **chaves artificiais**, pois são criadas com base nas estruturas mais evidentes que permitem a diferenciação do organismo, sem necessariamente representar o grau de parentesco deste com os outros do grupo. Geralmente, utiliza-se uma **CHAVE DICOTÔMICA**, que consiste em duas alternativas a cada passo do processo de identificação. Assim, se o usuário escolher corretamente as opções, chegará à identificação correta do organismo no fim da chave.

### TAXONOMIA

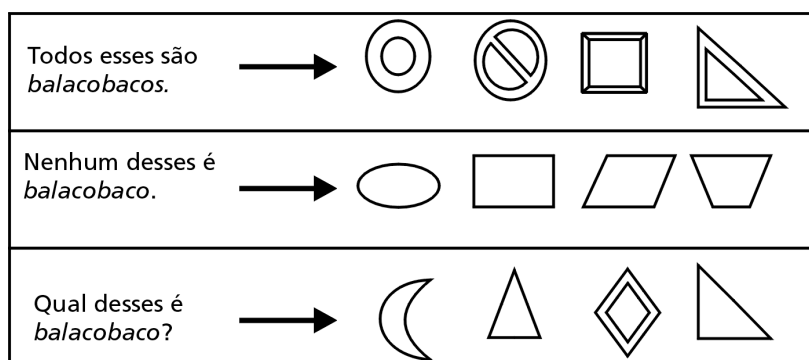
Ciência que lida com a descrição, identificação, denominação e classificação dos organismos.

### CHAVE DICOTÔMICA

Método de classificação em que cada uma das divisões e subdivisões não contém mais de duas características contrastantes.

Para compreender o processo de construção de uma chave de identificação, você deverá seguir as etapas descritas adiante.

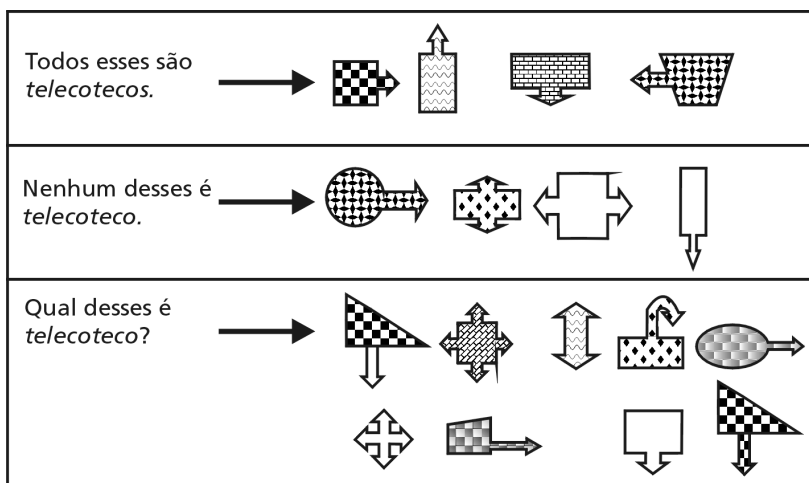
Observe que, na **Figura 13.1**, estão ilustrados três conjuntos de figuras. Observe o primeiro conjunto formado por balacobacos. O que eles têm em comum? Observe agora o segundo conjunto em que nenhuma das figuras é balacobaco. O que elas não apresentam para não serem consideradas balacobacos? Observe o terceiro conjunto e indique qual das figuras pode ser um balacobaco.



**Figura 13.1:** Figuras geométricas denominadas balacobacos.

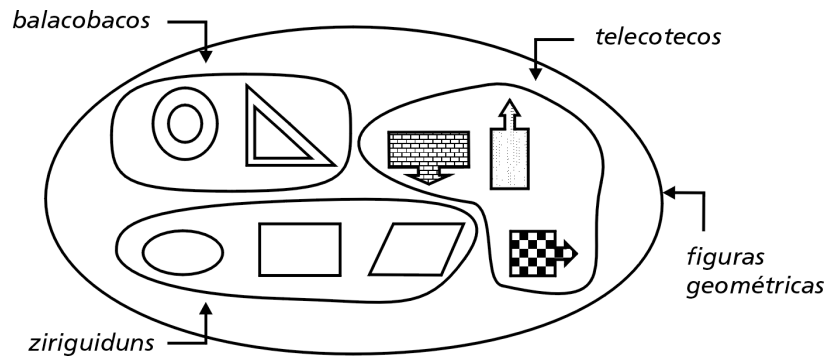
As respostas para esse exercício são muito simples. Você deve ter notado que apenas as figuras que possuem contorno com duas linhas são consideradas balacobacos. Portanto, a resposta para a segunda pergunta, referente ao terceiro conjunto de figuras, é: **apenas o losango com contorno de duas linhas é um balacobaco**.

Observe agora a **Figura 13.2** e faça o mesmo procedimento. Descreva as características que definem um telecoteco.



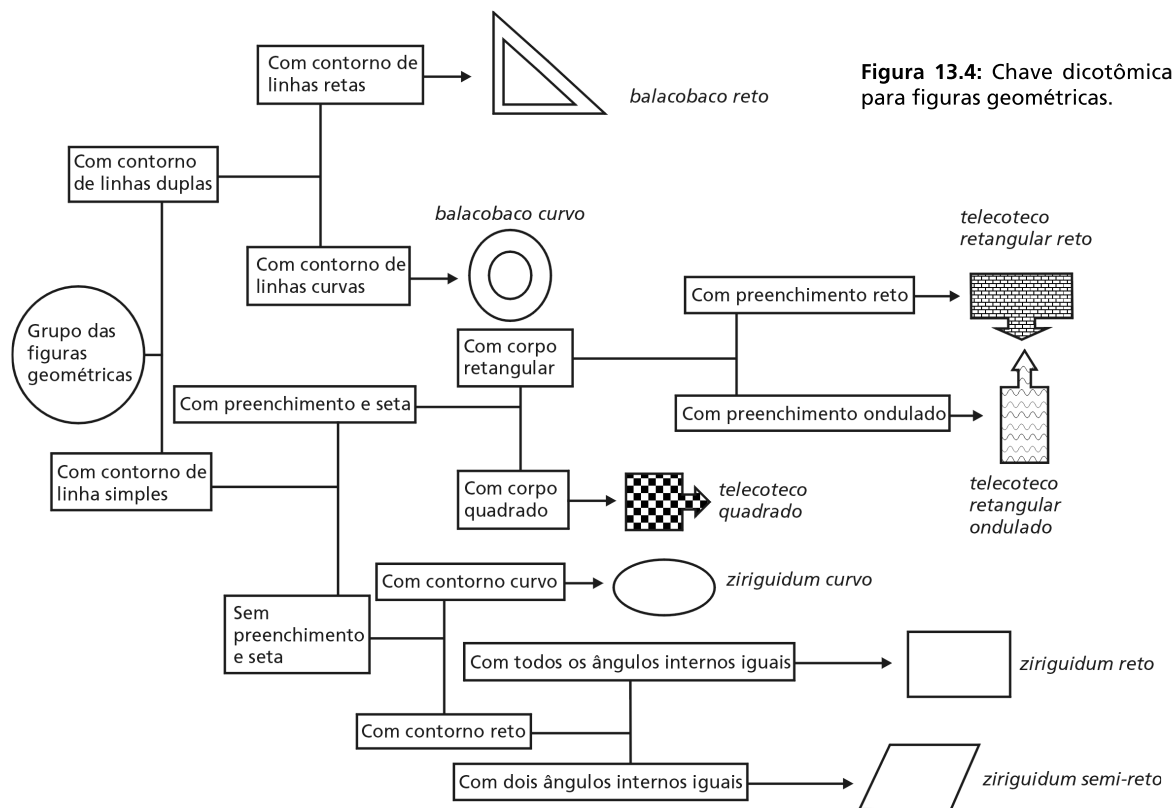
**Figura 13.2:** Figuras geométricas denominadas telecotecos.

A próxima etapa será observar a **Figura 13.3**. Nela, estão representados vários tipos de formas, denominadas *balacobacos*, *telecotecos* e *ziriguiduns*. Vamos criar uma chave dicotômica que identifique cada uma delas.



**Figura 13.3:** Grupos de figuras geométricas diferentes, denominados *balacobacos*, *telecotecos* e *ziriguiduns*.

Na **Figura 13.4**, está representada uma chave dicotômica em sua forma gráfica. Note que a cada bifurcação há duas descrições contrastantes. Cada uma delas conduz a uma figura geométrica ou a uma nova bifurcação. Quando todas as possibilidades de separação forem obtidas, todas as figuras geométricas estarão identificadas. Assim, a figura *ziriguidum reto*, por exemplo, foi distinguida pelas seguintes características: com contorno de linha simples, sem preenchimento e seta, com contorno reto e com todos os ângulos internos iguais.



**Figura 13.4:** Chave dicotômica para figuras geométricas.

Essa mesma chave dicotômica pode ser representada na forma de texto:

1. a) com contorno de linhas duplas \_\_\_\_ 2  
b) com contorno de linha simples \_\_\_\_ 3
2. a) com contorno de linhas retas \_\_\_\_ **balacobaco reto.**  
b) com contorno de linhas curvas \_\_\_\_ **balacobaco curvo.**
3. a) com preenchimento e seta \_\_\_\_ 4  
b) sem preenchimento e seta \_\_\_\_ 6
4. a) com corpo retangular \_\_\_\_ 5  
b) com corpo quadrado \_\_\_\_ **telecoteco quadrado.**
5. a) com preenchimento reto \_\_\_\_ **telecoteco**  
**retangular reto.**  
b) com preenchimento ondulado \_\_\_\_ **telecoteco**  
**retangular ondulado.**
6. a) com contorno curvo \_\_\_\_ **ziriguidum curvo.**  
b) com contorno reto \_\_\_\_ 7
7. a) com todos os ângulos internos iguais \_ **ziriguidum reto.**  
b) com dois ângulos internos iguais \_\_\_\_ **ziriguidum**  
**semi-reto.**

Nessa forma de texto, cada número corresponde a uma bifurcação na forma gráfica da chave de identificação (**Figura 13.4**) e suas duas alternativas estão nas letras **a** e **b**. O caminho a ser seguido para a identificação completa está indicado pelo número após cada característica. Se a identificação for alcançada, você encontrará o nome da forma geométrica identificada.

Agora, você já é capaz de construir uma chave dicotômica. Observe a **Figura 13.5**, que ilustra seis tipos diferentes de parafusos. Construa uma chave dicotômica com esses parafusos, seguindo as características discriminadas na **Figura 13.5**. Inicialmente, faça uma chave dicotômica gráfica e depois transforme-a para a forma de texto. Comece pela característica mais geral, que possa diferenciar os parafusos em dois grupos a partir, por exemplo, do contorno lateral da cabeça. Depois, siga as etapas descritas para a construção da chave dicotômica das figuras geométricas (**Figura 13.4**).



Depois de construir essa chave dicotômica na forma gráfica e de texto, escolha um tipo de parafuso e tente identificá-lo. Reúna as características atribuídas a esse parafuso que o distinguem dos outros.


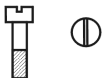


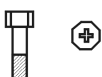

Parafusos	Características			
	<i>Contorno lateral da cabeça</i>	<i>Topo da cabeça</i>	<i>Ocorrência de fenda</i>	<i>Forma da fenda</i>
A 	Com 8 lados	Achatada	Ausente	//
B 	Redondo	Achatado	Presente	Em reta
C 	Redondo	Curvo	Presente	Em reta
D 	Redondo	Achatado	Ausente	//
E 	Com 8 lados	Achatado	Presente	Em cruz
F 	Redondo	Curvo	Presente	Em cruz

Figura 13.5: Características de seis tipos diferentes de parafusos.

### Construindo uma chave dicotômica para os animais

Agora, você já é capaz de construir uma chave dicotômica com animais estudados nas aulas anteriores. Utilize as informações do **Quadro 13.1** para definir as características de cada filo. Note que você deverá escolher uma das alternativas listadas para cada tipo de característica atribuída a cada filo. Depois dessa etapa, construa uma chave dicotômica na forma gráfica e, posteriormente, na forma de texto para os filós abordados. **Uma mesma característica pode aparecer em mais de um ponto na chave de identificação.** Você deverá retornar às aulas anteriores para se certificar se a sua escolha para cada característica foi correta. No final dessa prática, você poderá distinguir cada filo abordado.

**Quadro 13.1:** Conjunto de características de nove filos estudados.

Filos	Simetria	Cavidade corporal	Tubo digestivo
Porifera	a) nenhuma b) radial c) bilateral	a) acelomado b) pseudocelomado c) celomado	a) nenhum b) incompleto (sem ânus) c) completo (com ânus)
Cnidaria	a) nenhuma b) radial c) bilateral	a) acelomado b) pseudocelomado c) celomado	a) nenhum b) incompleto (sem ânus) c) completo (com ânus)
Ctenophora	a) nenhuma b) radial c) bilateral	a) acelomado b) pseudocelomado c) celomado	a) nenhum b) incompleto (sem ânus) c) completo (com ânus)
Platyhelminthes	a) nenhuma b) radial c) bilateral	a) acelomado b) pseudocelomado c) celomado	a) nenhum b) incompleto (sem ânus) c) completo (com ânus)
Nemertea	a) nenhuma b) radial c) bilateral	a) acelomado b) pseudocelomado c) celomado	a) nenhum b) incompleto (sem ânus) c) completo (com ânus)
Rotifera	a) nenhuma b) radial c) bilateral	a) acelomado b) pseudocelomado c) celomado	a) nenhum b) incompleto (sem ânus) c) completo (com ânus)
Gastrotricha	a) nenhuma b) radial c) bilateral	a) acelomado b) pseudocelomado c) celomado	a) nenhum b) incompleto (sem ânus) c) completo (com ânus)
Kinorhyncha	a) nenhuma b) radial c) bilateral	a) acelomado b) pseudocelomado c) celomado	a) nenhum b) incompleto (sem ânus) c) completo (com ânus)
Nematoda	a) nenhuma b) radial c) bilateral	a) acelomado b) pseudocelomado c) celomado	a) nenhum b) incompleto (sem ânus) c) completo (com ânus)



## **RESUMO**

Nesta aula, você aprendeu a lógica utilizada na construção de chaves de identificação e a importância destas para facilitar a nossa compreensão da diversidade animal. Você também revisou as principais características de nove filos já estudados que fundamentam a sua classificação. Por fim, aprendeu como construir uma chave dicotômica e aplicou seus conhecimentos biológicos para separar os nove filos estudados nas aulas anteriores.

## **AUTO-AVALIAÇÃO**

Se você compreendeu a função de uma chave de identificação, os procedimentos e os critérios para a sua construção, revisou as principais características dos filos já estudados e construiu corretamente uma chave dicotômica para esses filos, já estará apto para iniciar a próxima aula.

## **INFORMAÇÕES SOBRE A PRÓXIMA AULA**

Na Aula 14, iniciaremos o estudo sobre os aspectos gerais da arquitetura corporal e fisiologia no filo Annelida, além das vantagens de possuir um celoma, já que este filo será o primeiro grupo de animais celomados que será apresentado.

## Diversidade Biológica dos Protostomados



Gabbarito

1. a) Animal 1 (**Figura 1.7**): área =  $28 \text{ mm}^2$ , volume =  $8 \text{ mm}^3$ , área/volume =  $2,8/8 = 0,35$ . Animal 2 (**Figura 1.8**): área =  $24 \text{ mm}^2$ , volume =  $8 \text{ mm}^3$ , área/volume =  $2,4/8 = 0,3$ . Animal 3 (**Figura 1.9**): área =  $34 \text{ mm}^2$ , volume =  $8 \text{ mm}^3$ , área/volume =  $3,4/8 = 0,425$ . O animal 3 possui a maior relação área/volume.

b) O animal 3 (**Figura 1.9**) possui o arranjo corporal mais eficiente para a difusão de gases através da parede do corpo. A área corporal desse animal é relativamente maior que as áreas dos outros dois, existindo, portanto, uma maior superfície disponível para as trocas gasosas. Além disso, os órgãos internos do animal 3 se localizam em posições relativamente mais próximas da parede corporal que aqueles dos outros dois, o que facilita o processo das trocas gasosas.

c) O arranjo corporal mais eficiente para a eliminação do calor também é o do animal 3. Uma superfície corporal relativamente maior está disponível para a eliminação do calor.

d) As minhocas possuem uma forma externa mais similar à do animal 3. A elevada relação área/volume desses anelídeos, a qual resulta da forma longa e fina do corpo, torna mais eficiente a difusão de gases.

2. Nos animais acelomados, a área entre a epiderme e o tubo digestivo é preenchida por uma massa mesodermal chamada parênquima (não existe uma cavidade corporal). Os pseudocelomados, diferentemente dos acelomados, possuem uma cavidade em torno do tubo digestivo. Essa cavidade, entretanto, não é revestida por mesoderma. Logo, ela não pode ser considerada um celoma verdadeiro. Esse tipo de cavidade corporal é chamado de pseudoceloma. A maior parte dos filos bilaterais apresenta um celoma verdadeiro. O celoma verdadeiro é aquele revestido por células de origem mesodérmica. Esse revestimento mesodermal (membrana serosa) é chamado de peritônio. Os órgãos viscerais são também revestidos por células mesodérmicas. Esse revestimento, chamado mesentério, mantém os órgãos suspensos na cavidade celomática.

3. Dois tipos principais de simetria são observados nos animais: radial e bilateral. Nos organismos que apresentam a simetria radial, o corpo pode ser dividido em metades similares por mais de dois planos passando pelo eixo longitudinal.

Uma variação da simetria radial é a birradial. Nesse caso, devido à presença de alguma parte que é única ou pareada, apenas dois planos passando pelo eixo longitudinal produzem metades equivalentes. Nos animais que possuem simetria bilateral, o corpo pode ser dividido em duas porções equivalentes ou especulares ao longo do plano sagital (metades direita e esquerda). A maior parte dos filos, incluindo aqueles com maior número de espécies, é de animais com simetria bilateral. Características marcantes de muitos desses animais são a presença de um eixo ântero-posterior distinto e da região cefálica na extremidade anterior. Na simetria esférica, encontrada principalmente em organismos unicelulares e rara nos animais, qualquer plano passando pelo centro divide o corpo em duas metades equivalentes ou especulares. Finalmente, existem animais assimétricos, isto é, que não possuem um padrão de simetria definido.

## Aula 2

---

1. a) A característica que diferencia os dois filos é a capacidade do blastômero de seguir um único caminho para a especialização (ou seja, clivagem determinada ou em mosaico) ou de seguir caminhos diversos, podendo se especializar em células de diferentes funções (ou seja, clivagem indeterminada ou desenvolvimento regulado).  
  
b) A clivagem que ocorre nos ouriços-do-mar (**Figura 2.13**) é radial e aquela que ocorre nos moluscos (**Figura 2.14**) é espiral.  
  
c) Os poliquetos possuem a clivagem espiral e determinada, como os moluscos. Assim, o blastômero isolado não seria capaz de continuar o desenvolvimento normal e resultar em uma larva viável. Ao contrário, uma ascídia possui uma clivagem radial e indeterminada, como os ouriços-do-mar. Nesse caso, o blastômero isolado seria capaz de se desenvolver em uma larva normal.

## Aula 3

---

1. Mesozoa. Os mesozoários são pequenos animais vermiformes marinhos que parasitam invertebrados. O tamanho do corpo varia entre 0,5 e 7 mm. Os indivíduos possuem apenas entre 20 e 30 células organizadas em duas camadas, as quais não são homólogas às camadas germinativas dos metazoários superiores (ectoderma, mesoderma e endoderma). Os mesozoários apresentam um nível extremamente simples de organização.

Placozoa. O corpo dos placozoários é achatado e não possui simetria, órgãos ou sistemas muscular e nervoso. Ele é formado por um epitélio dorsal de células de revestimento e esferas brilhantes, por um espesso epitélio ventral contendo células monociliadas (cilíndricas) e células glandulares não-ciliadas e por um espaço entre os epitélios contendo fluidos e células fibrosas.

2. 1- corpo formado por um agregado não-coeso de células de origem mesenquimal, com poros (óstios), canais e câmaras que servem para a passagem de água; 2- corpo com simetria radial ou sem simetria; 3- epiderme formada por pinacócitos achatados; 4- maior parte das superfícies internas revestidas por células flageladas com colarinho chamadas coanócitos, as quais criam correntes de água; 5- amebócitos de vários tipos e elementos esqueléticos estão contidos em uma matriz protéica gelatinosa chamada mesohilo (mesogléia); 6- estrutura esquelética formada por colágeno fibrilar (uma proteína) e por espículas cristalinas calcárias ou silícicas, as quais estão freqüentemente combinadas com colágeno (espongina); 7- não possuem órgãos ou tecidos verdadeiros; 8- todos os adultos são sésseis e fixos ao substrato; 9- a reprodução assexuada ocorre através da produção de brotos ou gêmulas; 10- a reprodução sexuada envolve a produção de ovos e esperma e o conseqüente desenvolvimento de uma larva ciliada de vida livre.

3. Asconóide. As esponjas asconóides apresentam o tipo mais simples de organização. A água passa através de poros dérmicos microscópicos e chega a uma grande câmara chamada átrio, sendo liberada por um único ósculo de grande tamanho. O átrio é revestido por coanócitos cujos flagelos geram a corrente de água que atravessa o corpo da esponja.

Siconóide. As esponjas do tipo siconóide possuem uma arquitetura corporal similar, porém mais complexa, que aquela das asconóides. Nas siconóides, a parede do corpo é mais espessa e complexa, estando presentes canais radiais revestidos por coanócitos. Os canais radiais se abrem no átrio, o qual é revestido por células de aspecto epitelial. Um único ósculo está presente.

Leuconóide. As esponjas do tipo leuconóide são as mais complexas. Nas leuconóides, estão presentes numerosas câmaras flageladas ou de coanócitos, nas quais desembocam canais provenientes de poros dérmicos e das quais partem canais que se abrem em numerosos ósculos.

O padrão leuconóide é o mais eficiente para a obtenção de alimento porque ele permite um aumento das superfícies flageladas em relação ao volume da esponja.



4. As esponjas não possuem uma boca ou um ânus verdadeiros. As aberturas corporais desses animais são poros. Existem vários poros pequenos, chamados óstios, que servem para a entrada de água, e alguns poros grandes, chamados ósculos, para a saída de água. Um sistema de canais realiza a conexão entre os óstios e ósculos. Muitos desses canais são revestidos internamente por células flageladas com colarinho chamadas coanócitos. O sistema de canais pode apresentar câmaras onde os coanócitos se posicionam (câmaras flageladas das esponjas leuconóides). Os flagelos dessas células produzem correntes de água que circulam pelos canais. Além de produzirem essas correntes, os coanócitos também são responsáveis pela retenção e fagocitose de partículas de alimento presentes na água.
5. Os poríferos não possuem órgãos respiratórios ou excretores. Essas funções, aparentemente, ocorrem por meio de difusão nas células.
6. Uma possibilidade é a origem do filo Porifera a partir de protozoários coanoflagelados ancestrais. Tal origem seria independente daquela dos demais Metazoa. Uma outra hipótese é a existência de uma relação de grupos irmãos entre os coanoflagelados e todos os Metazoa, com o último táxon incluindo o filo Porifera.

#### Aula 4

---

1. Os cnidários e ctenóforos possuem simetria radial e suas partes internas estão arranjadas ao redor do eixo central de simetria (eixo oral-aboral). Os dois filos possuem um nível de organização celular-tissular e dois folhetos embrionários estão mais desenvolvidos (a endoderme e a ectoderme). A mesoderme pode estar presente em algumas espécies. Nenhum dos dois filos possui uma cavidade celômica. Os dois filos possuem um sistema nervoso primitivo, no qual não há qualquer agrupamento de neurônios (sistema nervoso difuso).
2. Os cnidários e ctenóforos possuem um nível de organização mais complexo do que os representantes do filo Porifera. Este nível de organização é chamado **celular-tissular**, que corresponde à agregação de células similares em camadas definidas, formando tecidos.
3. Os cnidários e ctenóforos são capazes de perceber muito bem o ambiente à sua volta. Além da percepção da proximidade das presas, esses animais também são capazes de capturar e imobilizar seus alimentos de forma eficiente. Esta capacidade está relacionada a três características: 1) presença de células nervosas; 2) presença de estruturas sensoriais; 3) presença de células especiais para a captura e imobilização das presas (cnidócitos e coloblastos).

4. Os cnidócitos são células especiais que possuem uma estrutura peculiar com substâncias urticantes, o nematocisto. Cada nematocisto é formado por uma cápsula que possui no seu interior um túbulo oco enrolado. Quando ocorre um estímulo tátil, geralmente em um cílio externo (o cnidocílio), a cápsula se rompe e o túbulo com substâncias urticantes é projetado, penetrando no tecido da presa. Há uma grande diferença na pressão osmótica entre o interior da cápsula e o ambiente. Quando o opérculo se rompe, a água entra rapidamente, expulsando com vigor o túbulo enrolado.

5. Os cnidários são os animais mais primitivos que possuem um sistema nervoso. Este sistema é formado por várias células (protoneurônios) distribuídas nas camadas de tecidos sem qualquer aglomeração (sistema nervoso difuso). Os protoneurônios são capazes de transmitir o impulso nervoso nas duas direções, pois há vesículas de neurotransmissores nos dois lados dessas células. Isto permite que o impulso percorra rapidamente todo o corpo do animal. Essa é uma peculiaridade do sistema nervoso difuso dos cnidários.

## Aula 5

---

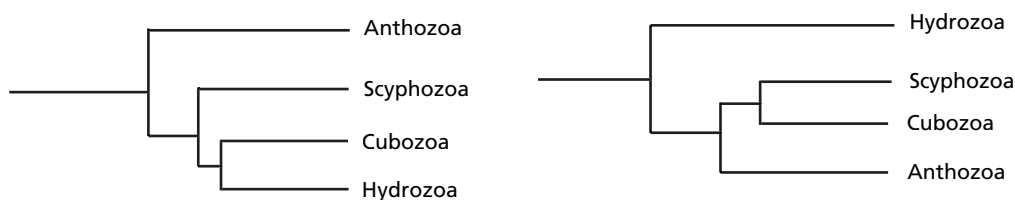
1. O filo Cnidaria é composto pelas classes Hydrozoa, Scyphozoa, Cubozoa e Anthozoa. A classe Hydrozoa se caracteriza por possuir, na maioria das espécies, o seu ciclo de vida composto pela fase polipóide (ou hidróide), que é assexuada, e a fase medusóide (sexuada). Os hidrozóários não possuem células na mesogléia nem nematocistos na gastroderme e são, geralmente, monóicos. As hidromedusas são diminutas e possuem véu (recobrimdo a face côncava da umbrela), manúbrio e tentáculos. Os hidróides são polimorfos, apresentando gastrozóides, gonozóides e dactilozóides. As espécies da classe Scyphozoa são conhecidas como águas-vivas verdadeiras porque a fase medusóide predomina no ciclo de vida. As cifomedusas são maiores que as hidromedusas, não possuem véu, mas apresentam um manúbrio com quatro braços orais, tentáculos e órgãos sensoriais (ropálio) na borda da umbrela. As cifomedusas também possuem quatro bolsas gástricas de onde surgem os filamentos gástricos e as gônadas. A fase polipóide dos cifozóários (cifístoma) se forma a partir da metamorfose da larva (plânula), resultante da união dos gametas produzidos pelas cifomedusas. O cifístoma produz novos pólipos por brotamento, que permanecem empilhados uns sobre os outros (estrobilização). Cada pólipo se solta do estróbilo, tornando-se uma éfira, que nada livremente na coluna d'água até se transformar em uma cifomedusa. A classe Cubozoa se caracteriza também

por ter a fase medusóide predominante no ciclo de vida. Os pólipos são muito pouco evidentes e não sofrem a estrobilização, como os cifozoários. Cada pólipos dá origem a uma medusa, não ocorrendo o estágio de éfira, como nos cifozoários. As cubomedusas têm pequenas dimensões (2 a 3cm) e um formato quadrado na seção transversal da umbrela, característico da classe. Na face inferior da umbrela, há um prolongamento semelhante ao véu das hidromedusas, chamado velário. Os tentáculos partem dos quatro cantos das cubomedusas e são precedidos por um alargamento chamado pedálio. A classe Anthozoa se caracteriza por não ter a fase medusóide no seu ciclo de vida. Os pólipos dos antozoários têm um aspecto de flor e são mais complexos do que aqueles dos hidrozoários. A boca dos antozoários se abre numa faringe na parte anterior à cavidade gastrovascular. Além disso, há sulcos longitudinais ao longo da faringe (sifonóglifos) e várias subdivisões internas (mesentérios) na cavidade gastrovascular que aumentam a eficiência da digestão e absorção dos nutrientes. As anêmonas-do-mar e os corais verdadeiros são espécies da classe Anthozoa.

2. O dimorfismo é definido como os dois tipos morfológicos diferentes que ocorrem nos ciclos de vida dos cnidários, ou seja, o pólipo e a medusa. Todos os cnidários possuem, pelo menos, um dos dois tipos no ciclo de vida. O pólipo é geralmente a fase assexuada do ciclo de vida e está adaptado à vida sedentária (sésil). As medusas correspondem à fase sexuada do ciclo de vida e estão adaptadas à vida planctônica. Apenas na classe Anthozoa não ocorre a fase de medusa.

3. A fase medusóide é importante, pois contribui para a dispersão geográfica da espécie. Como as medusas são planctônicas, em sua maioria, podem ser conduzidas para diferentes regiões onde poderão colonizar novas áreas.

4. Os desenhos abaixo representam as duas hipóteses a respeito da relação de parentesco entre as classes de Cnidaria. A questão principal é: o cnidário original possuía uma forma polipóide ou medusóide, sendo então, originalmente, planctônico ou bentônico?



5. Os cnidários se assemelham aos ctenóforos por ambos possuírem: a) simetria radial; b) um arranjo corporal a partir de um eixo oral-aboral; c) uma camada intermediária bem desenvolvida (a mesogléia); d) um sistema nervoso difuso sem concentração de neurônios; e, também, por não possuírem celoma. Os dois filos diferem nas seguintes características: os cnidários possuem clivagem indeterminada, desenvolvem uma larva ciliada (plânula), possuem células monociliadas, possuem nematocistos, são tipicamente gonocóricos, possuem dimorfismo no ciclo de vida, possuem uma estrutura colonial com zoóides polimórficos, possuem musculatura dentro da gastroderme e não apresentam ânus. Já os ctenóforos possuem células multiciliadas (ctenos), possuem ânus, sua musculatura se encontra na mesogléia, são tipicamente hermafroditas, desenvolvem uma larva do tipo cidipídio, sua clivagem é determinada, possuem coloblastos (células adesivas) e não possuem nematocistos, estrutura colonial e dimorfismo no ciclo reprodutivo.

## Aula 6

---

1. Nesses três filos, apenas um espaço interno, a cavidade digestiva, está presente. A região entre o ectoderma e o endoderma é preenchida por mesoderma, na forma de fibras musculares, e mesênquima (parênquima). Esses animais são chamados acelomados bilaterais, pois um celoma ou pseudoceloma não estão presentes. Eles são considerados triploblásticos, já que três camadas germinativas bem definidas (ectoderma, mesoderma e endoderma) são observadas. Várias características diferenciam a arquitetura corporal dos Cnidaria daquela dos animais bilaterais acelomados. Duas diferenças óbvias observadas nos cnidários são a condição diploblástica (apenas o ectoderma e o endoderma estão presentes) e a simetria radial.

2. Os membros desses três filos apresentam, em seu desenvolvimento embrionário, um padrão de clivagem do tipo espiral. Tal padrão é característico dos animais protostomados. Portanto, esses filos são considerados como membros da divisão protostomada dos Bilateria.

3. 1- parede do corpo com camadas de fibras musculares circulares, longitudinais e diagonais; 2- vermes acelomados, uma massa de células parenquimáticas preenche o espaço entre os músculos e órgãos viscerais; 3- o tubo digestivo, quando presente, possui apenas a abertura oral; 4- os órgãos de excreção e regulação osmótica são, geralmente, protonefrídios com células-flama e células tubulares; 5- sistema nervoso podendo apresentar um cérebro e cordões nervosos distintos, além de um plexo de nervos subepidermais; 6- os órgãos sensoriais incluem ocelos, estatocistos,

células tácteis e quimiorreceptoras, entre outras estruturas; 7- quase todos os platelmintos são hermafroditas, sendo comum a fertilização cruzada; 8- eles podem se reproduzir tanto assexuadamente quanto sexuadamente.

4. Os órgãos de excreção e regulação osmótica dos platelmintos, exceto na ordem Acoela (Turbellaria), são protonefrídios com células-flama e células tubulares. A terminação interna dos protonefrídios é fechada. Cada célula-flama se conecta com uma célula tubular. Áreas fenestradas são formadas na região de conexão. Elas permitem a passagem de fluidos para o interior do protonefrídio. Esse movimento dos fluidos é causado pelo batimento de flagelos presentes na célula-flama. Após a área de conexão, o fluido se dirige para o espaço delimitado pela célula tubular, passando em seguida para um duto que se abre para o exterior por meio de um poro (nefridióporo). A parede interna do protonefrídio, nas regiões posteriores à célula-flama, apresenta dobras e microvilosidades que, provavelmente, atuam na reabsorção de íons e moléculas.

5. Muitos turbelários se reproduzem assexuadamente por meio da fissão do corpo. As planárias de água doce seccionam o corpo na região posterior à faringe, originando dois animais. Cada uma das novas planárias regenera as partes perdidas. Esse processo de reprodução assexuada é um meio bastante eficiente para o aumento das populações de planárias. Quando a densidade populacional é baixa, a quantidade de indivíduos se reproduzindo por fissão tende a aumentar. Em algumas espécies, nas quais a fissão ocorre, os indivíduos não se separam imediatamente. Eles permanecem ligados formando cadeias de zoóides.

## Aula 7

---

1. Classe Turbellaria. Essa classe inclui vermes que, geralmente, são de vida livre. O corpo é achatado dorsoventralmente e revestido por uma epiderme ciliada. Esta apresenta células secretoras e rabditos. A boca, em geral, se situa na superfície ventral do corpo, por vezes na região central. A maioria é hermafrodita, ocorrendo fertilização cruzada. A reprodução assexuada, por meio da fissão do corpo, é possível. As planárias são, em sua maioria, predadoras, alimentando-se de pequenos invertebrados. Elas vivem, geralmente, no fundo de ambientes marinhos ou de água doce ou em locais úmidos de ambientes terrestres. Um poucas planárias são parasitas ou simbióticas.

Classe Monogenea. O corpo é, geralmente, foliáceo ou cilíndrico. Nos adultos, a superfície corporal apresenta um tegumento sincicial sem cílios. Um órgão para fixação no animal hospedeiro, chamado opistáptor, está presente na parte posterior do corpo. Esse órgão pode possuir ventosas, ganchos ou grampos, os quais podem ocorrer em combinação. Os monogêneos são monóicos. Usualmente, apresentam uma larva ciliada, nadadora, de vida livre. Todos são parasitas na fase adulta, ocorrendo, freqüentemente, sobre a pele ou brânquias de peixes marinhos e de água doce. Anfíbios, répteis e moluscos cefalópodes também podem ser hospedeiros.

Classe Trematoda. Como no caso dos monogêneos, o corpo dos trematódeos é foliáceo ou cilíndrico e um tegumento sincicial sem cílios está presente. Os trematódeos possuem, geralmente, ventosas orais e ventrais, mas ganchos não estão presentes. O tubo digestivo, em geral, possui dois ramos principais. A maioria dos trematódeos é monóica, mas existem também formas dióicas. O desenvolvimento é indireto e pode envolver, antes da fase adulta, vários estágios (miracídio, esporocisto, rédia, cercária e metacercária). O primeiro hospedeiro é um molusco e o último, usualmente, um vertebrado.

Classe Cestoda. O corpo tem o aspecto de uma fita. Assim como nos monogêneos e trematódeos, um tegumento sincicial sem cílios está presente. O escólex é o órgão de fixação dos cestódeos ao corpo do animal hospedeiro. Este órgão possui ventosas e/ou ganchos. A área corporal posterior ao escólex é, geralmente, dividida em uma série de proglótides. Um tubo digestivo não está presente. Os cestódeos se aproveitam dos processos de digestão do hospedeiro para obter o seu alimento. Esses vermes são, usualmente, monóicos e o seu desenvolvimento é indireto, envolvendo dois ou mais hospedeiros. Diferentes tipos larvares estão presentes (por exemplo, oncosfera, cisticerco e cisto).

2. O ciclo de vida do *S. mansoni* é similar ao das demais espécies do gênero *Schistosoma*. No caso do *S. mansoni*, os ovos são liberados juntamente com as fezes humanas. Caso eles cheguem a um corpo d'água, ocorre a emergência de miracídios ciliados, os quais, para sobreviver, têm de encontrar, em poucas horas, caramujos do gênero *Biomphalaria* (vetores). Os miracídios penetram no caramujo e se transformam em esporocistos. Estes produzem uma nova geração de esporocistos, os quais, por sua vez, originam as cercárias. Estas saem do caramujo e nadam ativamente até entrar em contato com a pele humana. Elas penetram na pele, perdendo a cauda durante o processo, e chegam a um vaso sanguíneo,

invadindo então o sistema circulatório. As cercárias se transformam então nos esquistossomos. Os jovens esquistossomos chegam ao sistema porta-hepático de vasos sangüíneos, e passam por um período de desenvolvimento no fígado antes de chegar às vênulas do intestino. Após se estabelecerem nessas vênulas, os vermes se reproduzem sexuadamente, tendo início a produção de ovos.

3. Ao serem depositadas no ambiente, as proglótides da *T. saginata* secam e se rompem, espalhando os ovos embrionados no solo e na vegetação rasteira. Tais ovos são resistentes, podendo permanecer viáveis por aproximadamente cinco meses. Quando os bovinos, ao se alimentarem no pasto, ingerem os ovos, ocorre a eclosão de larvas, denominadas oncosferas. Estas utilizam os seus ganchos para perfurar a parede intestinal do hospedeiro intermediário e penetrar nos vasos sangüíneos ou linfáticos. Por meio desses vasos, as oncosferas chegam aos músculos voluntários, onde se transformam em formas juvenis, chamadas cisticercos. Estes juvenis desenvolvem um escólex invaginado (isto é, que fica voltado para o interior do corpo) e permanecem inativos. Quando a carne bovina infectada, crua ou malpassada, é ingerida por uma pessoa, a parede do cisticerco se dissolve e o escólex se projeta, se fixando à mucosa intestinal do hospedeiro definitivo. Após a fixação, novas proglótides começam a se desenvolver. Em aproximadamente duas ou três semanas, um verme maduro se forma. Este libera diariamente numerosas proglótides, as quais se misturam com as fezes ou podem se arrastar para fora do tubo digestivo, saindo pelo ânus.

4. Os seres humanos podem se infectar com a *Taenia solium* (tênia do porco) ao consumirem carne suína, crua ou malpassada, contendo cisticercos (teníase), ou ao ingerirem acidentalmente ovos ou proglótides (cisticercose). A ingestão do cisticerco constitui o ciclo de vida normal e resultará na instalação do verme no intestino humano. A presença de tênia adulta no intestino pode ser assintomática, ou os sintomas são discretos. A cisticercose é muito mais séria. Se uma pessoaingere ovos ou proglótides, ocorrerá a formação de cisticercos, de maneira similar àquela que se passa no hospedeiro intermediário usual. Os cisticercos podem se posicionar em vários órgãos, ocorrendo comumente no cérebro ou nos olhos. A infecção nesses locais pode resultar em cegueira, sérios sintomas neurológicos ou mesmo na morte.

5. A instalação de vasos sanitários e de um sistema de esgotos impediria a chegada dos ovos de *S. mansoni*, que são liberados juntamente com as fezes, a um corpo d'água, tal como um lago ou um brejo. O ciclo de vida do parasita seria bloqueado,

pois não ocorreria a emergência de miracídios e a infecção dos caramujos do gênero *Biomphalaria* (vetores). No caso da *T. saginata*, a instalação de vasos sanitários e de um sistema de esgotos impediria a deposição das proglótides, liberadas juntamente com as fezes, no solo e na vegetação rasteira. Os ovos, portanto, não seriam ingeridos pelo hospedeiro bovino e o ciclo de vida da tênia não seria completado.

6. Na Sistemática Filogenética, os únicos táxons considerados válidos são os monofiléticos. Estes incluem, hipoteticamente, todos os táxons descendentes de uma espécie ancestral. Os grupos parafiléticos não são válidos. Nestes, um táxon monofilético, descendente de uma espécie ancestral, é incorretamente excluído.

## Aula 8

---

1. Nesses três filos, apenas um espaço interno, a cavidade digestiva, está presente. A região entre o ectoderma e endoderma é preenchida por mesoderma, na forma de fibras musculares, e mesênquima (parênquima). Esses animais são chamados acelomados bilaterais, pois um celoma ou pseudoceloma não estão presentes. Eles são considerados triploblásticos, já que três camadas germinativas bem definidas (ectoderma, mesoderma e endoderma) são observadas. O desenvolvimento embrionário, nos três filos, mostra um padrão de clivagem do tipo espiral. Tal padrão é característico dos animais protostomados. Portanto, os três são considerados como membros da divisão protostomada dos Bilateria.

2. Os membros do filo Nemertea apresentam algumas características morfológicas derivadas. Entre elas, temos a probóscide e a sua bainha (local onde a probóscide se aloja). Uma outra característica derivada é a presença de um ânus nos vermes adultos, resultando em um tubo digestivo completo. Os nemertinos apresentam ainda um sistema circulatório vascular.

3. O corpo dos gnatostomulídeos é mais ou menos cilíndrico e possui uma região cefálica separada do tronco por uma área cervical estreitada. O tronco afila-se para trás numa cauda. Assim como nos Turbellaria, a parede do corpo dos Gnathostomulida é ciliada. Entretanto, cada célula epitelial dos gnatostomulídeos possui apenas um cílio, uma característica que os distingue das planárias. O parênquima é pouco desenvolvido. O sistema nervoso é epidérmico e os órgãos sensitivos são cavidades ciliares e cílios sensoriais, os quais são bem desenvolvidos na extremidade anterior do corpo, uma característica associada ao processo de cefalização. Os Gnathostomulida, assim como os Platyhelminthes, possuem um tubo digestivo sem abertura anal. A boca possui uma placa em forma de pente no lábio e um par de mandíbulas laterais denteadas.



4. Os animais que apresentam simetria bilateral provavelmente se originaram de um ancestral radial. Talvez, esse ancestral tenha sido similar à larva plânula dos membros do filo Cnidaria. O ancestral planulóide pode ter originado uma linhagem de descendentes com simetria bilateral, com regiões dorsal e ventral do corpo diferenciadas, e que possuíam o hábito de se arrastar no fundo de ambientes aquáticos. A simetria bilateral é uma característica importante para animais que se arrastam ou nadam, porque um maior controle dos movimentos se torna possível e as estruturas sensoriais passam a se concentrar na extremidade anterior do corpo (processo de cefalização), a qual é a primeira a entrar em contato com estímulos provenientes do ambiente.

5. Estudos realizados com base em seqüências do DNA ribossomal, padrões de clivagem embrionária, origens do mesoderma e estrutura do sistema nervoso sugerem que a ordem Acoela (atualmente incluída na classe Turbellaria) não seria parte do filo Platyhelminthes. De acordo com esses estudos, os Acoela seriam, na verdade, o grupo-irmão de todos os demais Bilateria. Caso esta hipótese esteja correta, o filo Platyhelminthes, como definido atualmente, seria um grupo polifilético.

## Aula 9

---

1. Nos pseudocelomados, a blastocoele original do embrião permanece como uma cavidade entre o tubo digestivo e a parede corporal. Tal cavidade é chamada de pseudoceloma, pois ela não apresenta o revestimento peritoneal, de origem mesodérmica, característico dos celomados verdadeiros.

Os filos pseudocelomados pertencem ao grupo dos animais bilaterais protostomados. Atualmente, os seguintes filos são considerados pseudocelomados: Rotifera, Gastrotricha, Kinorhyncha, Loricifera, Priapulida, Nematoda, Nematomorpha, Acanthocephala e Entoprocta.

2. Os seguintes aspectos podem ser mencionados:

- 1) os pseudocelomados possuem maior liberdade de movimentação;
- 2) um maior espaço para o desenvolvimento e diferenciação dos sistemas digestivo, excretor e reprodutivo está presente;
- 3) existe uma cavidade para a circulação ou distribuição de elementos por todo o corpo;
- 4) essa cavidade também serve para o armazenamento de dejetos a serem eliminados pelos órgãos excretores;
- 5) pode ocorrer o desenvolvimento de um sistema hidrostático para a locomoção.

3. O corpo de um Rotífera é formado pela cabeça (que apresenta a coroa ciliada e o mástax), pelo tronco e por uma cauda posterior (ou pé). Os Gastrotricha são algo similares aos rotíferos. Entretanto, eles não possuem coroas ciliadas ou mástax e o seu corpo tem um aspecto escamoso e é recoberto por cerdas. O corpo de um Kinorhyncha é dividido em 13 segmentos, que são revestidos por espinhos. A cabeça é retrátil e possui um círculo de espinhos com uma pequena probóscide.

4. Nos Monogononta, dois tipos de ovos são produzidos. Durante a maior parte do ano, as fêmeas diplóides produzem ovos diplóides amícticos, que têm uma casca fina. Tais ovos se desenvolvem partenogeneticamente, originando fêmeas diplóides amícticas. Fatores ambientais (por exemplo, superpopulação, quantidade de alimento e fotoperíodo) podem induzir os ovos amícticos a produzirem fêmeas diplóides míticas. Estas, por sua vez, geram ovos haplóides míticos. Caso os últimos não sejam fertilizados, eles originam machos haplóides. Entretanto, quando a fertilização ocorre, esses ovos desenvolvem uma casca dura e resistente, tornando-se dormentes. Eles sobrevivem durante o inverno ou até que as condições ambientais estejam novamente favoráveis, produzindo então fêmeas diplóides.

## Aula 10

---

1. Os Loricífera são pequenos animais (cerca de 0,25 mm de comprimento) que vivem entre os grãos do fundo marinho. Eles possuem estilos orais e espinhos que são similares aos dos membros do filo Kinorhyncha. A parte anterior do corpo pode ser retraída para o interior da lórica, a qual é circular.

O filo Priapulida é um pequeno grupo cujos representantes são encontrados, principalmente, nas águas frias dos dois hemisférios, vivendo na lama e areia do fundo. O corpo, cilíndrico e vermiforme, é formado pela probóscide, tronco e, geralmente, um ou dois apêndices caudais.

2. Os Nematoda podem ser diferenciados de outros pseudocelomados pelas seguintes características:

- 1) corpo com forma cilíndrica, revestido por uma cutícula flexível e, de uma maneira geral, sem cílios ou flagelos;
- 2) parede corporal com músculos dispostos apenas longitudinalmente;
- 3) sistema excretor sem protonefrídios, formado (a) por uma ou mais células glandulares bem desenvolvidas que se abrem por meio de poros, ou (b) por um sistema de canais sem células glandulares, ou (c) por células glandulares e canais juntos;
- 4) pseudoceloma, freqüentemente, utilizado como um órgão hidrostático.

3. Os músculos da parede corporal dos nematódeos localizam-se abaixo da epiderme. Existe apenas a camada de músculos longitudinais. Eles estão arranjados em quatro bandas, que são separadas pelas cordas hipodermais.

O pseudoceloma é preenchido por fluidos e atua como um esqueleto hidrostático. Quando os músculos em um dos lados do corpo se contraem, eles comprimem a cutícula nesse lado e a força da contração é transmitida, pelo fluido no pseudoceloma, para o outro lado do nematódeo, esticando a cutícula daquele lado. A contração e o esticamento da cutícula servem para antagonizar os músculos e são as forças que retornam o corpo para a posição de repouso, quando a musculatura relaxa. Esse processo gera um padrão de movimento característico, similar a um chicote, típico dos nematódeos.

4. A ocorrência de um número constante de células ou núcleos nos indivíduos de uma espécie, ou em partes dos seus corpos, é denominada eutelia. Os organismos com eutelia possuem um controle genético muito preciso da divisão celular ou nuclear. As células ou núcleos são programados para se dividir um número exato de vezes.

5. Nos Rhabditea, os anfídios são enrolados ventralmente. Três glândulas faríngeas (ou esofageais) estão presentes. Algumas espécies possuem fasmídios. Esta classe inclui tanto espécies de vida livre quanto parasitas. Nos Enoplea, os anfídios são, usualmente, bem desenvolvidos, com aspecto similar ao de uma bolsa. Cinco ou mais glândulas faríngeas estão presentes. Fasmídios estão ausentes. O sistema excretor, quando presente, é formado por células glandulares e não possui canais laterais. A maioria das espécies desta classe é de vida livre, mas algumas formas parasitas também estão incluídas.

## Aula 11

---

1. Os ovos do verme *Ascaris lumbricoides* são liberados juntamente com as fezes do hospedeiro. Normalmente, o ciclo de vida prossegue com a deposição dos ovos no solo. Quando as condições do solo são adequadas, o desenvolvimento embrionário se processa dentro de duas semanas, resultando na formação de um juvenil, o qual permanece encapsulado na casca do ovo. A infecção de um novo hospedeiro ocorre, geralmente, quando os ovos do nematódeo são ingeridos juntamente com vegetais não-cozidos ou quando crianças colocam os dedos sujos com terra na boca. Após a ingestão dos ovos embrionados, ocorre a eclosão de diminutos vermes juvenis. Estes perfuram a parede intestinal e passam para veias ou vasos linfáticos,

sendo transportados, através do coração, para os pulmões. Eles passam, então, dos alvéolos pulmonares para a traquéia. Ao passarem da traquéia para a faringe, os juvenis são engolidos. Eles passam pelo estômago e, finalmente, chegam ao intestino. As lombrigas atingem a maturidade cerca de dois meses após o hospedeiro ter ingerido os ovos.

2. As filárias (*Wuchereria bancrofti*) vivem no sistema linfático dos seres humanos. As fêmeas liberam pequenas formas jovens, chamadas microfilárias, nos sistemas circulatório e linfático do hospedeiro. Mosquitos (vetores), ao sugarem o sangue das pessoas infectadas, ingerem as microfilárias. Estas se desenvolvem no vetor até atingirem a fase infectante. Quando o mosquito se alimenta novamente, as microfilárias penetram no hospedeiro através da ferida causada pela picada do inseto.

3. As medidas mais aconselháveis para o controle da filariose envolvem o combate ao mosquito transmissor, visando reduzir a sua densidade a níveis que dificultem a transmissão da parasitose.

4. O combate à ascaridíase (parasita: *Ascaris lumbricoides*) e à ancilostomose (parasitas: *Necator americanus* e *Ancylostoma duodenale*), assim como às demais helmintoses intestinais, requer a melhoria das condições de vida e higiene das pessoas, através da instalação de vasos sanitários e redes de esgoto eficientes. Um sistema adequado de eliminação dos dejetos sanitários impediria a chegada dos ovos desses nematódeos ao solo e às lavouras, bloqueando assim os ciclos de vida dos parasitas. No caso da ancilostomose, a utilização de calçados para a proteção dos pés impediria a penetração das formas juvenis.

## Aula 12

---

1. No filo Nematomorpha, os adultos são de vida livre, enquanto as larvas parasitam artrópodes. O corpo é longo, delgado e cilíndrico. O comprimento varia de 10 a 70 cm, mas o diâmetro é de apenas 0,3 a 2,5 mm. A parede corporal é muito similar àquela dos Nematoda. Ela é formada pela cutícula, hipoderme e camada de músculos longitudinais. Estão presentes cordas epidermais dorsais e ventrais ou apenas as segundas. Cordas laterais, que ocorrem nos nematódeos, não estão presentes nos nematomorfos.

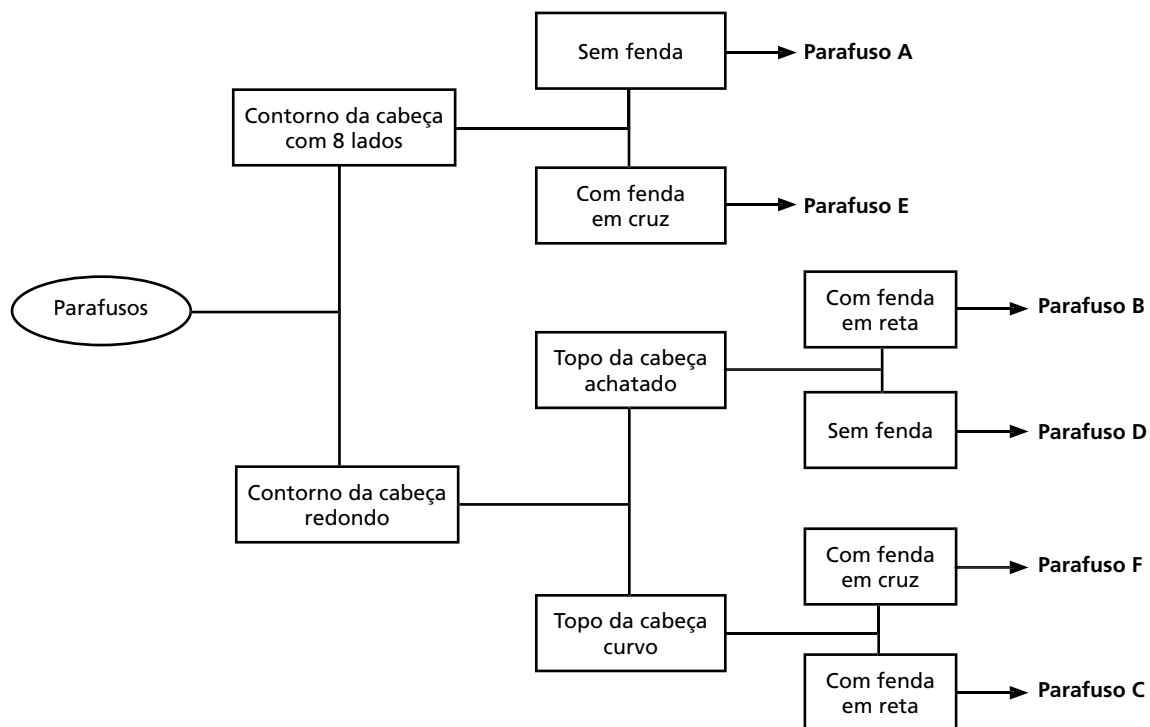
A maior parte das espécies do filo Acanthocephala é parasita de peixes, mamíferos e aves. Os acantocéfalos utilizam uma estrutura armada com espinhos, a probóscide, para se fixar ao intestino do hospedeiro. Esses parasitas não possuem um tubo digestivo. Eles absorvem os nutrientes, provenientes do hospedeiro, através da parede do corpo.

2. Os membros do filo Entoprocta são filtradores, sésseis e pedunculados, que possuem uma coroa de tentáculos ciliados. Existem tanto espécies coloniais quanto solitárias. A maioria dos entoproctos é microscópica. O comprimento do corpo não ultrapassa 5 mm. O corpo (cálice) pode estar ligado ao substrato por um único pedúnculo e um disco de fixação com glândulas adesivas (formas solitárias) ou por dois ou mais pedúnculos (formas coloniais).

3. Existem hipóteses discordantes sobre a filogenia dos pseudocelomados. Uma delas, realizada com base em dados morfológicos, sugere a existência de um grupo monofilético formado pelos filos Rotifera, Acanthocephala, Gastrotricha, Nematoda, Nematomorpha, Priapulida, Kinorhyncha e Loricifera. Uma outra hipótese, baseada em dados moleculares, sugere que a linhagem dos protostomados é dividida em dois grupos: Ecdysozoa e Lophotrochozoa. O primeiro incluiria os filos cujas espécies sofrem mudas durante o desenvolvimento. O segundo incluiria os filos lofoforados e aqueles que apresentam uma larva do tipo trocófora. Os Rotifera, Gastrotricha e Entoprocta seriam membros dos Lophotrochozoa. Já os Nematoda, Nematomorpha, Kinorhyncha e Priapulida estariam incluídos nos Ecdysozoa.

1. Chave dicotômica para os parafusos

a) Na forma gráfica:



b) Na forma de texto:

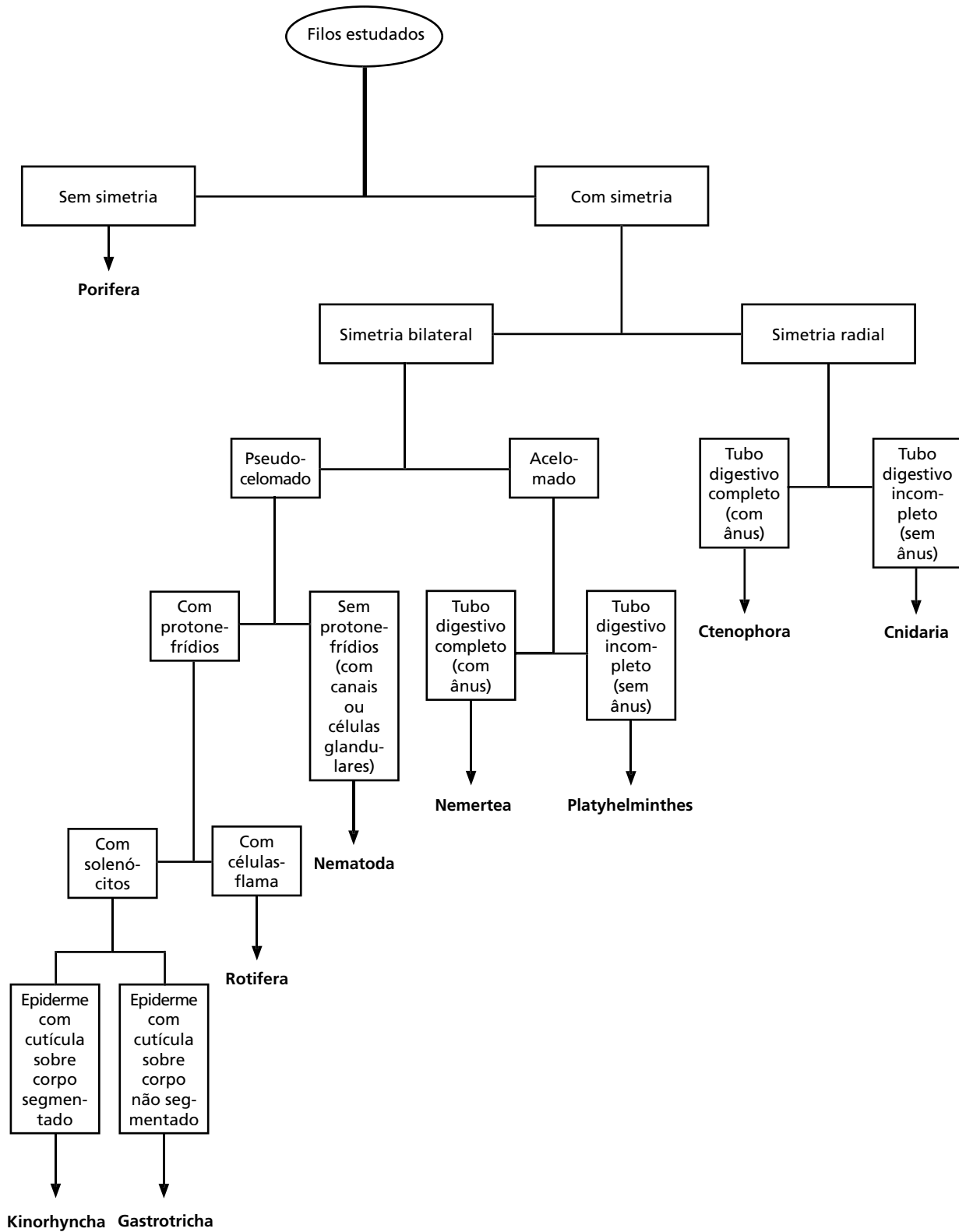
1. a - Contorno da cabeça com oito lados.....2  
b - Contorno da cabeça redondo.....3
2. a - Sem fenda .....Parafuso A  
b - Com fenda em cruz .....Parafuso E
3. a - Topo da cabeça achatado.....4  
b - Topo da cabeça curvo.....5
4. a - Com fenda em reta.....Parafuso B  
b - Sem fenda .....Parafuso D
5. a - Com fenda em cruz .....Parafuso F  
b - Com fenda em reta .....Parafuso C

## 2. Chave para identificação dos animais

### a) Respostas para as opções do **Quadro 13.1**.

Filos	Simetria	Cavidade corporal	Tubo digestivo	Sistema excretor	Epiderme
Porifera	a) nenhuma	a) acelomado	a) nenhum	a) nenhum	a) sem epiderme ou com epiderme simples
Cnidaria	b) radial	a) acelomado	b) incompleto (sem ânus)	a) nenhum	a) sem epiderme ou com epiderme simples
Ctenophora	b) radial	a) acelomado	c) completo (com ânus)	a) nenhum	a) sem epiderme ou com epiderme simples
Platyhelminthes	c) bilateral	a) acelomado	b) incompleto (sem ânus)	b) protonefrídios (células-flama)	a) sem epiderme ou com epiderme simples
Nemertea	c) bilateral	a) acelomado	c) completo (com ânus)	b) protonefrídios (células-flama)	a) sem epiderme ou com epiderme simples
Rotifera	c) bilateral	b) pseudocelomado	c) completo (com ânus)	b) protonefrídios (células-flama)	c) epiderme com cutícula sobre corpo não segmentado
Gastrotricha	c) bilateral	b) pseudocelomado	c) completo (com ânus)	c) protonefrídios (solenócitos)	c) epiderme com cutícula sobre corpo não segmentado
Kinorhyncha	c) bilateral	b) pseudocelomado	c) completo (com ânus)	c) protonefrídios (solenócitos)	b) epiderme com cutícula sobre corpo segmentado
Nematoda	c) bilateral	b) pseudocelomado	c) completo (com ânus)	d) sistema de canais ou células glandulares	d) epiderme com cutícula de colágeno sobre corpo não segmentado

b) Na forma gráfica:





c) Na forma de texto:

1. a - Sem simetria.....Porifera  
b - Com simetria .....2
2. a - Simetria radial.....3  
b - Simetria bilateral .....4
3. a - Tubo digestivo incompleto (sem ânus).....Cnidaria  
b - Tubo digestivo completo (com ânus) .....Ctenophora
4. a - Acelomado .....5  
b - Pseudocelomado .....6
5. a - Tubo digestivo incompleto (sem ânus).....Platyhelminthes  
b - Tubo digestivo completo (com ânus) .....Nemertea
6. a - Com protonefrídios .....7  
b - Sem protonefrídios (com canais ou células glandulares) ...Nematoda
7. a - Com células-flama .....Rotifera  
b - Com solenócitos.....8
8. a - Epiderme com cutícula sobre corpo não segmentado .....Gastrotricha  
b - Epiderme com cutícula sobre corpo segmentado.....Kinorhyncha



## Diversidade Biológica dos Protostomados



Referências

## Aula 1

---

- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.

## Aula 2

---

- BRUSCA, Richard C.; BRUSCA, Gary J. *Invertebrates*. 2.ed. Sunderland: Sinauer, 2003. 936 p.
- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.
- MOORE, Janet. *An introduction to the invertebrates*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 355 p.
- PECHENICK, Jan A. *Biology of the invertebrates*. 4.ed. Boston: McGraw-Hill, 2000. 578 p.
- PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. (Orgs.) *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 382 p.

## Aula 3

---

- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.

## Aula 4

---

- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.
- MOORE, Janet. *An introduction to the invertebrates*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 355 p.
- PECHENICK, Jan A. *Biology of the invertebrates*. 4.ed. Boston: McGraw-Hill, 2000. 578 p.

## Aula 5

---

- BRIDGE, D. *et al.* Class-level relationships in the Phylum Cnidaria: molecular and morphological evidences. *Molecular Biology and Evolution*, v. 12, n. 4, p. 679-689, 1995.
- BRUSCA, Richard C.; BRUSCA, Gary J. *Invertebrates*. Sunderland: Sinauer, 1990. 922 p.

- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.
- HOUSEMANN, Jon. *Digital Zoology*. CD-ROM and Student Book version 1.0. Boston: McGraw-Hill, 2002.
- MOORE, Janet. *An introduction to the invertebrates*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 355 p.
- PECHENICK, Jan A. *Biology of the invertebrates*. 4.ed. Boston: McGraw-Hill, 2000. 578 p.
- PEREIRA, R.C.; SOARES-GOMES, A. (orgs.) *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. 382 p.

#### Aula 6

---

- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.

#### Aula 7

---

- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.

#### Aula 8

---

- BARNES, Robert D. *Zoologia dos invertebrados*. 4.ed. São Paulo: Roca, 1984. 1179 p.
- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.

#### Aula 9

---

- BARNES, Robert D. *Zoologia dos invertebrados*. 4.ed. São Paulo: Roca, 1984. 1179 p.
- BRUSCA, Richard C.; BRUSCA, Gary J. *Invertebrates*. Sunderland: Sinauer, 1990. 922 p.
- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.

#### Aula 10

---

- BARNES, Robert D. *Zoologia dos invertebrados*. 4.ed. São Paulo: Roca, 1984. 1179 p.

- BRUSCA, Richard C.; BRUSCA, Gary J. *Invertebrates*. 2.ed. Sunderland: Sinauer, 2003. 936 p.
- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.

## Aula 11

---

- BARNES, Robert D. *Zoologia dos invertebrados*. 4.ed. São Paulo: Roca, 1984. 1179 p.
- BRUSCA, Richard C.; BRUSCA, Gary J. *Invertebrates*. 2.ed. Sunderland: Sinauer, 2003. 936 p.
- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.
- PESSÔA, S. B.; MARTINS, A.V. *Parasitologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1982. 872 p.

## Aula 12

---

- BARNES, Robert D. *Zoologia dos invertebrados*. 4.ed. São Paulo: Roca, 1984. 1179 p.
- BARNES, Robert D. *Invertebrate zoology*. 5.ed. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1987. 893 p.
- BRUSCA, Richard C.; BRUSCA, Gary J. *Invertebrates*. 2.ed. Sunderland: Sinauer, 2003. 936 p.
- HICKMAN Jr., Cleveland P.; ROBERTS, Larry S.; LARSON, Allan A. *Integrated principles of zoology*. 11.ed. Boston: McGraw-Hill, 2001. 899 p.

## Aula 13

---

- RELPH, D.; PEDDER, R.; DeLACEY, L. *Life Science: a textbook for senior biology*. Auckland: Heinemann Education/Reed Publishing Group, 1998. 247 p.
- RIBEIRO, V. L. Um exercício de classificação. *Revista de Ensino de Ciências*, n. 13, p. 44-48, jun. 1985.
- WILSON, Judith E. *Describing species: practical taxonomic procedure for biologists*. New York: Columbia University Press, 1999. 518 p.



Serviço gráfico realizado em parceria com a Fundação Santa Cabrini por intermédio do gerenciamento laborativo e educacional da mão-de-obra de apenados do sistema prisional do Estado do Rio de Janeiro.



Maiores informações: [www.santacabrini.rj.gov.br](http://www.santacabrini.rj.gov.br)





ISBN 85-7648-050-6



9 788576 480501



**UENF**  
Universidade Estadual  
do Norte Fluminense



Universidade Federal Fluminense

**uff**



**UNIRIO**



**FUNDAÇÃO  
SANTA CABRINI**  
Provedora de acesso à Cidadania



**FAPERJ**  
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo  
à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro



**GOVERNO DO  
Rio de Janeiro**

SECRETARIA DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA



Ministério  
da Educação

**BRASIL**  
UM PAÍS DE TODOS  
GOVERNO FEDERAL