



# Introdução à deuterostomia e ambulacraria

Prof. Luiz Rafael Silva da Silva

## Descrição

O grupo dos animais deuterostomados e as implicações de suas relações filogenéticas para a compreensão das interações temporais entre os metazoários.

## Propósito

Compreender a morfologia, a diversidade e as relações filogenéticas dos organismos pertencentes ao grupo dos Deuterostomados. Um enfoque em Echinodermata e Hemichordata.

## Preparação

Antes de iniciar seus estudos, tenha em mãos um glossário de termos básicos da sistemática filogenética.

## Objetivos

## Diferenças entre Protostomia e Deuterostomia

Reconhecer as diferenças entre Protostomia e Deuterostomia.

---

## Características e classes de Echinodermata

Reconhecer as características e as classes que compõem o filo Echinodermata.

---

## Estudos em Hemichordata e a sistemática filogenética

Identificar a relevância dos estudos de Hemichordata para a sistemática filogenética.

---

## Introdução

---

Alguma vez você já parou para pensar sobre seu parentesco com uma estrela-do-mar? Ainda não? Pois é, comece a pensar sobre isso, pois você é muito próximo evolutivamente desses seres. Parece algo irreal, mas quando observamos toda a evolução e filogenia dos animais, descobrimos que nós e os indivíduos que pertencem ao grupo dos equinodermos somos todos deuterostomados!

**Mas o que seria esse grupo dos deuterostomados e por que estamos inseridos nessa classificação?**

Neste conteúdo, vamos entender o que caracteriza todos os seres deuterostomados, quais são as suas reais relações filogenéticas e como o estudo dos deuterostomados pode nos ajudar a entender a nós mesmos, seres humanos.

A primeira pergunta que fazemos é: quais, entre os seres a seguir, seriam deuterostomados?



A resposta a esta pergunta é simples, todos os seres! Desde as estrelas-do-mar, representante dos equinodermos, até os peixes, mamíferos, aves e répteis, todos representantes dos vertebrados.

Mas o que define tradicionalmente o grupo dos deuterostomados?

Por que seres tão distintos foram agrupados em um mesmo grupo taxonômico?

Ao longo desta unidade essas e outras questões relativas ao tema serão respondidas.

### Orientação sobre unidade de medida

Em nosso material, unidades de medida e números são escritos juntos (ex.: 25km) por questões de tecnologia e didáticas. No entanto, o Inmetro estabelece que deve existir um espaço entre o número e a unidade (ex.: 25 km). Logo, os relatórios técnicos e demais materiais escritos por você devem seguir o padrão internacional de separação dos números e das unidades.



# 1 - Diferenças entre Protostomia e Deuterostomia

Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer as diferenças entre Protostomia e Deuterostomia.

## Características básicas

Os deuterostomados são animais triblásticos que apresentam as seguintes características:

- Clivagem radial e indeterminada;
- Mesoderme originada por **enterocelia**;
- ânus originado a partir do **blastóporo**.

Para compreendermos melhor um deuterostomado, que tal analisarmos a fundo cada uma dessas características?

Vamos começar compreendendo o que são animais triblásticos. Mas, antes disso, precisamos de algumas informações ilustradas na figura a seguir.

Esta figura representa a filogenia dos metazoários, um grupo que inclui todos os animais pluricelulares. Dentro deste grupo, temos os Parazoa (animais sem estrutura tecidual verdadeira) e os Eumetazoa (animais com estrutura tecidual verdadeira).

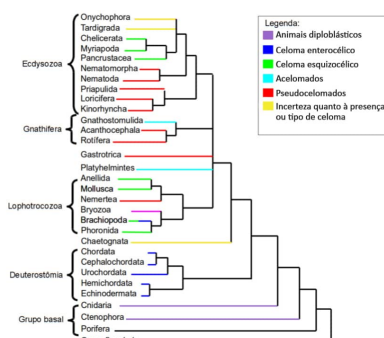
Porifera é o único grupo que não apresenta uma estrutura tecidual verdadeira e, portanto, é único representante de Parazoa. O grupo Parazoa é irmão de outros metazoários, denominados Eumetazoa.

## Enterocelia

Na enterocelia, diferentemente do que ocorre na esquizocelia, a mesoderme se forma a partir do arquêntero.

## Blastóforo

Primeira cavidade originada pela invaginação da ectoderme.



Os eumetazoários, animais com tecido verdadeiro, são divididos em dois grandes grupos:

**Eumetazoários diblásticos** – representados pelos cnidários e ctenóforos.

**Eumetazoários triblásticos** – são caracterizados por apresentarem três folhetos embrionários. Representados por todos os outros animais, incluindo: platelmintos, nematódeos, tardígrados, moluscos, insetos, equinodermos e cordados, neste último grupo estão os seres humanos.

Todos esses organismos triblásticos são caracterizados por apresentarem **três folhetos embrionários**:

## Ectoderme

Camada externa do embrião.

## Mesoderme

Camada intermediária do embrião.

## Endoderme

Camada mais interna do embrião.

Esses animais de três folhetos embrionários podem ser divididos em dois grandes grupos: os **protostomados** e os **deuterostomados**.

Basicamente, esses dois grupos podem ser diferenciados, seguindo três critérios: o primeiro critério tem relação com a **clivagem**, também chamada de segmentação do embrião; o segundo critério é a **formação do celoma**; e, por fim, o terceiro critério é o **destino do blastóporo**, que é um orifício que se forma no embrião durante o desenvolvimento.

Vamos detalhar agora como é cada uma dessas condições no grupo dos protostomados e no grupo dos deuterostomados:

## Clivagem

É importante observarmos como a clivagem acontece no grupo dos protostomados. Nesses indivíduos, a clivagem, ou seja, a segmentação do embrião, ocorre em uma boa parte de seus componentes, de forma espiral e determinada. Assim, o plano de divisão das células se dá de maneira diagonal em relação ao eixo vertical que passa pelo embrião. A partir das primeiras divisões celulares, começa a ocorrer uma série de divisões que não seguem o eixo longitudinal do embrião.

Leia, a seguir, a diferença entre a clivagem nos embriões protostomados e deuterostomados:

## Protostomados (espiral e determinada)

A clivagem do embrião ocorre de forma espiral e determinada.

O plano de divisão das células ocorre de maneira diagonal em relação ao eixo vertical que passa pelo embrião. A partir das primeiras divisões celulares, começa a ocorrer uma série de divisões que não seguem o eixo longitudinal do embrião. Como resultado, nas células dos embriões dos protostomados a diferenciação celular ocorre logo no início do desenvolvimento, formando células menores e maiores no embrião.

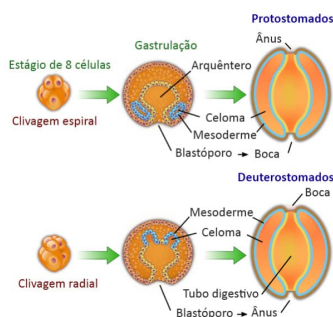
Por isso, esse tipo de clivagem recebe o nome de espiral, por não seguir o eixo longitudinal do embrião e determinada, porque ela gera células bastante diferentes.

## Deuterostomados (radial e indeterminada)

A clivagem dos embriões ocorre de forma radial e indeterminada.

Nesta clivagem, o plano de divisão celular ocorre de forma paralela ou perpendicular em relação ao eixo vertical do embrião. Além disso, as células formadas têm o mesmo tamanho, ou seja, não são diferenciadas. Assim, podemos dizer que nesse tipo de clivagem, as células demoram a se diferenciar no embrião.

A imagem abaixo demonstra claramente as diferenças entre esses dois tipos de clivagem.



Diferenças básicas entre protostomados e deuterostomados.

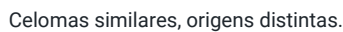
## Formação do celoma

O celoma é uma cavidade interna do embrião revestida por um tecido durante o desenvolvimento. Esta cavidade abriga internamente os órgãos de maneira compartimentada e evidenciada. Tanto alguns protostomados quanto todos os deuterostomados apresentam celoma. Apesar disso, a formação dessa estrutura é bastante diferente nesses dois grupos. Veja a seguir:

## Esquizocelia

Este processo é caracterizado pela diferenciação da mesoderme do embrião em uma massa de célula que acaba originando o celoma (espaço que vai abrigar os órgãos) no final do desenvolvimento.

A formação do celoma nos deuterostomados ocorre por um processo conhecido como **enterocelia**. Nesse caso, o celoma surge a partir de uma diferenciação do arquêntero, que é o intestino primitivo do embrião. A partir desse tecido que reveste o arquêntero, ocorrem as invaginações que acabam formando a mesoderme; esta, por sua vez, no final do desenvolvimento, origina também uma cavidade chamada celoma, que vai abrigar os órgãos.



O blastóporo é um orifício que se forma no embrião durante o desenvolvimento. No caso dos protostomados, esse orifício origina a boca. Daí vem o próprio nome do grupo. Proto significa primeiro; estoma significa boca ou orifício de ingestão. Poderíamos dizer que a boca é a primeira cavidade do tubo digestório a se formar. No caso dos deuterostomados, por outro lado, o blastóporo acaba originando um ânus, e não a boca. Por isso, o nome desse grupo: deutero significa posterior, e estoma, boca, uma referência ao fato de que, nesse grupo, a boca se origina posteriormente, e não a partir do blastóporo.

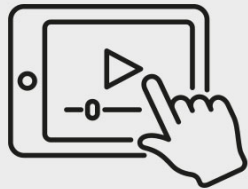




# Mas, afinal, de onde vieram os deuterostomados?

Neste vídeo, o mestre Luiz Rafael Silva da Silva demonstra a origem da deuterostomia e as correlações com embriões de clivagem radial.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



## Resumindo

São três os critérios utilizados para distinguir os dois grupos de embriões entre os animais triblásticos, ou seja, os protostomados e os deuterostomados. O primeiro deles é a **clivagem**, que é diferente nos protostomados por ser espiral e determinada, enquanto nos deuterostomados é radial e indeterminada. O segundo critério foi a **formação do celoma**. No caso dos protostomados, essa cavidade corporal se origina a partir de esquizocelia, enquanto nos deuterostomados essa estrutura se origina a partir do processo chamado enterocelia. Por fim, o último critério é o **destino do blastóporo**. No caso dos protostomados, o blastóporo origina a boca, enquanto nos deuterostomados, o blastóporo origina o ânus.

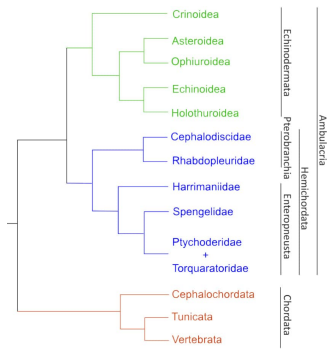
## Classificando os deuterostomados

Mas, afinal de contas, quem são esses organismos que denominamos deuterostomados? Essa é uma história muito longa. Nós não vamos entrar em detalhes, mas alguns organismos mais complexos sempre foram classificados dentro do grupo Deuterostomia, como os equinodermos. Por outro lado, alguns organismos são bastante diferentes e difíceis de serem classificados e ficaram flutuando taxonomicamente entre diferentes grupos, ou seja, foram classificados em grupos distintos ao longo da história da sistemática, o que é o caso de organismos como os hemicordados e os briozoários. Assim, para se chegar a uma hipótese mais robusta de quais grupos compõem os deuterostomados, muitos estudos foram feitos, incluindo estudos baseados em dados morfológicos, de anatomia externa ou mesmo de embriologia, como visto anteriormente, mas também a partir de dados moleculares, utilizando o material genético desses organismos.

### Sendo assim, quais grupos iremos considerar como deuterostomados?

Observe a imagem a seguir. Nela se encontra a filogenia que nós vamos seguir para compreender esse fascinante grupo.





A filogenia de Deuterostomia.

Perceba que Echinodermata e Hemichordata são grupos irmãos, mas quais serão as características que os aproximam? Dentro dos deuterostomados, observamos uma divisão em dois grandes grupos:

## Ambulacraria

Incluindo os Echinodermata e os Hemichordata.

## Cordados

Incluem os cefalocordados, tunicados e os vertebrados.

Acredita-se que o ancestral dos deuterostomados, grupo que inclui muitas espécies, deve ter sido um organismo vermiforme que vivia no mar e tinha uma faringe perfurada capaz de realizar a alimentação por filtração. Perceba que essa descrição se assemelha às fendas faríngeas, típicas de cordados e também de hemicordados, mas que foram perdidas, ao longo do tempo, pelos Echinodermata. Essa é uma evidência da relação entre Cordados, Hemicordados e Echinodermata, que corrobora com a filogenia ilustrada acima. Além disso, esse organismo ancestral deveria ter um sistema nervoso um pouco complexo, representado por uma rede subepidérmica. A partir desse organismo ancestral, ocorreu uma diversificação bastante grande, originando esses grupos que conhecemos atualmente e que vamos estudar a seguir.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

### Questão 1

Em uma coleta submarina, alguns pesquisadores encontraram uma bolsa tecidual contendo diversos embriões que, provavelmente, gerariam algumas larvas. Ao observar tais embriões, viram, por conta de suas características, que eles pertenciam ao grupo dos deuterostomados. Indique quais características observadas nesse embrião fizeram os pesquisadores chegarem a essa conclusão.

- A A disposição das células demonstrando uma clivagem em espiral.

- B Células de diversos tamanhos, com diferenças evidentes entre os polos animais.
- C Um pequeno celoma em formação, de origem esquizocélica.
- D Células de tamanhos similares e disposição radial.
- E Mesoderma enterocélico com o blastóporo originando a boca.

Parabéns! A alternativa D está correta.

Existem três características básicas para os Deuterostomia. A clivagem radial, com células do mesmo tamanho, o celoma enterocélico e o blastóporo originando o ânus, e não a boca.

## Questão 2

A classificação de deuterostomia ainda é muito controversa. Mas, com os avanços das análises biomoleculares, podemos dizer que estamos a passos largos para chegar a uma definição sobre a classificação e as relações entre os indivíduos pertencentes ao grupo deuterostomia. Quais grupos podemos considerar atualmente como integrantes de Deuterostomia?

- A Chordata e Ambulacraria (contendo Hemichordata e Echinodermata).
- B Chordata e Echinodermata como grupos irmãos e Hemichordata mais distante filogeneticamente.
- C Chordata, Briozoa e Hemichordata, por apresentarem notocorda.
- D Hemichordata e Chordata como grupos irmãos e Echinodermata sem notocorda.

E Chordata com larva ciliada e estrutura trimérica, assim como Hemichordata.

Parabéns! A alternativa A está correta.

As relações filogenéticas mais próximas entre Echinodermata e Hemichordata são evidenciadas pela forma de suas fases larvais, com locomoção ciliar pela coluna d'água. O grupo Chordata está mais distante filogeneticamente desse outro grupo, chamado também de Ambulacraria.



## 2 - Características e classes de Echinodermata

Ao final deste módulo, você será capaz de reconhecer as características e as classes que compõem o filo Echinodermata.

### Introdução aos equinodermos

Quem nunca viu uma estrela-do-mar? Ou quem nunca se deparou com um ouriço-do-mar quando fazia um mergulho pela costa? Você já mergulhou? Mesmo sem ter mergulhado, garanto que você não vai ficar sem compreender a beleza e os interessantes dados desse grupo taxonômico que iremos estudar. É bem provável que,

em imagens na TV, em filmes, em séries, entre tantas outras possibilidades, você já tenha se deparado com algum equinodermo. Pois bem, aqui está a oportunidade de você se aprofundar e vasculhar as principais características desse filo fascinante.

Vamos iniciar com uma frase apresentada no famoso livro *Invertebrados* de Brusca e Brusca (2007) que diz o seguinte:

“

O que há de interessante para eles estudarem? Hazel continuou: são apenas estrelas-do-mar. Há milhões delas ao redor. Eu poderia conseguir um milhão delas para você.

(STEINBECK *apud* BRUSCA; BRUSCA, 2007, p. 911)

Esse é um trecho de um romance, escrito em 1945 por John Steinbeck, chamado *Cannery Row*, e ele reflete o quanto esses animais são comuns e estão presentes no nosso cotidiano. Sua abundância e prevalência em locais marinhos é evidente, de modo que podemos encontrar praticamente em qualquer praia algum representante desse grupo. Entre seus representantes estão as famosas estrelas-do-mar, os lírios-do-mar, os ouriços-do-mar, os pepinos-do-mar e as serpentes-do-mar. E não para por aí. Há também as bolachas-da-praia, habitando o fundo de zonas entre marés e costões rochosos.



Um pepino-do-mar. Uma criatura mole e fascinante.

## Reconhecendo um equinodermo e suas características gerais

O termo Echinodermata vem de *Echino* que significa espinho e *Derma* que significa pele. Tipicamente você observará protuberâncias em sua epiderme como se fossem espinhos, alguns diminutos, outros maiores do que o corpo do próprio indivíduo. Em algumas espécies, essas protuberâncias ocorrem em número pequeno, mas, em outras, recobrem todo o corpo do animal.

### Saiba mais

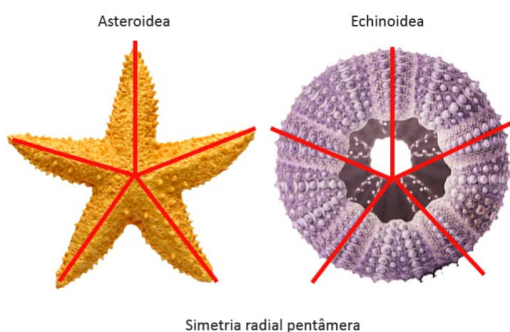
Nesse grupo, há cerca de sete mil espécies viventes e treze mil espécies fósseis registradas, constituindo um bom material com registros para analisarmos o processo evolutivo desse grupo e suas relações filogenéticas. O

tamanho do corpo desses animais pode variar de um centímetro a dois metros! Isso mesmo: podem ser animais diminutos ou maiores até do que um humano. Perceba essa grande variação de tamanho e faça a correlação com a diversidade de indivíduos deste grupo que encontramos nos dias atuais.

A grande maioria das espécies vive em ambiente marinho e estão distribuídas em todos os oceanos e nas diversas profundidades, mas há também algumas que vivem em ambientes salobros, ou seja, com alguma salinidade, ainda que com menor concentração de sal do que no mar. Os equinodermos são animais bentônicos, vivendo no substrato, com exceção de alguns pepinos-do-mar que podem ser pelágicos, nadando livremente na coluna d'água, ou comensais, vivendo associados a outras espécies.

Como já vimos no início deste conteúdo, o grupo Echinodermata pertence ao grande grupo dos deuterostômios, assim como os Hemicordados e os Cordados. Isso mesmo, nós, Cordados, temos uma grande proximidade filogenética com esses animais.

Os Echinodermata possuem um **celoma tripartido**, e uma característica exclusiva do grupo é a aquisição de uma **simetria radial pentâmera**. Isso mesmo! Uma simetria em que o indivíduo pode ser dividido em dois eixos iguais em cinco pontos de divisão. Somente equinodermos podem apresentar tal característica. Observe a imagem seguinte para compreender melhor esse tipo de simetria.



Seres pentarradiais.

Essa simetria surge secundariamente, pois o estágio larval é bilateral. Já o adulto se desenvolve com simetria radial. Repare que são duas simetrias em um mesmo indivíduo, só que em fase de desenvolvimento diferentes. Eles são os únicos animais a combinar simetria radial e mobilidade. Isso ocorre porque é comum associarmos a simetria radial a animais que são sésseis, isto é, que não apresentam movimentação. A simetria radial é bem frequente em seres sésseis. Lembre-se de uma anêmona ou um pólipode hidrozóario, por exemplo. Também é comum associarmos a bilateralidade com um plano corporal que permitia uma movimentação maior para esses animais. A questão é que os equinodermos, apesar de terem uma simetria radial, apresentam uma estrutura muscular em um plano corporal que permite que esses animais se movimentem.

Uma das principais características de um equinoderma é o seu **endoesqueleto calcário**, oriundo da mesoderme; além disso, outra característica marcante e exclusiva é que esses animais possuem um **sistema vascular aquífero** que desempenha diversas funções em seu corpo. Veja a seguir:

---

## Sistema vascular aquífero

Esse sistema nada mais é do que um complexo de canais e lacunas que derivam do celoma e conduzem a água através do corpo do indivíduo.

## Epiderme

Esse corpo é revestido pela epiderme, que, por sua vez, reveste uma derme que contém os elementos esqueléticos – os ossículos.

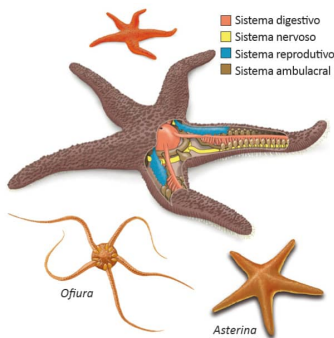
## Esteroma

Esses ossículos são porosos e apresentam espaços internos chamados **estereoma**.

Internamente à derme, ficam os músculos e, depois, o **peritônio** que reveste toda a cavidade celomática. O desenvolvimento do esqueleto e da musculatura é bem variável entre os grupos de Echinodermata.

## Peritônio

É um revestimento fino, derivado da mesoderme, que reveste internamente os órgãos e o trato digestivo.



A estrutura corporal básica de um Echinodermata.

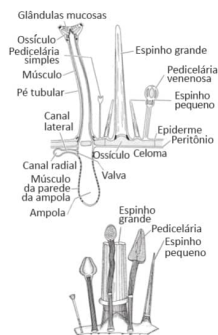
---

## Como se organiza a parede corporal de um Echinodermata?

Em relação à parede do corpo de um Echinodermata, o esqueleto pode originar protuberâncias, que são denominadas de **tubérculos ou grânulos**, e há várias formas de protuberâncias, como espinhos fixos e móveis.

Uma estrutura interessante e bem peculiar desse grupo é chamada de **pedicelária**. Imagine que em seu corpo você tivesse pequenas garras sobre sua derme que fossem responsáveis por uma série de funções (proteção, camuflagem, captura de presas dentre outras). Parece estranho, não é? Mas essa é a função dessas pequenas estruturas. Elas respondem a estímulos ambientais, independentes do sistema nervoso. Por conta disso, quando as pedicelárias foram descobertas, acreditava-se que elas eram outros animais ou mesmo larvas de outros animais que viviam aderidas ao corpo dos equinodermos, praticamente um hóspede sobre a derme de um animal desse grupo. Apenas cem anos depois de se descobrir essas estruturas, verificou-se que, na verdade, elas eram parte do corpo dos equinodermos, com origem em seu próprio organismo.





Estrutura básica da parede corporal de um Echinodermata.

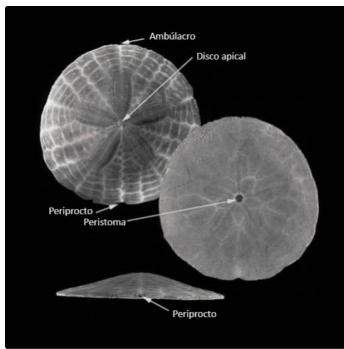
Ainda assim, há uma série de controvérsias com relação ao funcionamento das pedicelárias, porque elas não apresentam conexão com o celoma nem com o sistema circulatório – o sistema hemal dos equinodermos. Por isso, não se sabe exatamente como que os nutrientes capturados pelas pedicelárias conseguem chegar a essas partes do corpo. Há indícios de que as pedicelárias capturam partículas alimentares e nutricionais para as suas próprias células. Ora, mas então qual seria a função dessas estruturas para o organismo animal como um todo, se sua função atende apenas a ela mesma? Como dito, ainda há muito a ser descoberto sobre essas pequenas garras.

Observe a imagem ao lado, em que temos a parede do corpo de um Echinodermata.

Perceba que existem dois tipos básicos de espinhos. Os **espinhos primários**, mais longos, e os **espinhos secundários**, mais curtos, que, na maior parte das espécies, estão presentes em maior número. Além dos espinhos, encontramos também as **pedicelárias**. Há pedicelárias que são simples, mas há algumas que produzem substâncias **venenosas** – as pedicelárias venenosas. Elas são utilizadas contra a predação e auxiliam na sobrevivência do animal. Na imagem, também podemos observar que, logo abaixo da epiderme, iremos encontrar a derme, onde estão os **ossículos** e, em seguida, o peritônio, revestindo a cavidade celomática. Uma outra estrutura que compõe a parede corporal de um equinodermo e faz parte do sistema aquífero dos equinodermos são os **pés ambulacrais**, também representados na imagem. Esses pés ambulacrais são compostos pelos pódios, estruturas alongadas, com ossículos terminais que, de vez em quando, apresentam ventosas em suas extremidades. Esse pé ambulacral é conectado a uma ampola ligada aos canais laterais que compõem o sistema aquífero do animal.

## Plano corporal básico dos equinodermos

Podemos considerar que o plano corporal dos equinodermos apresenta duas faces. A face dorsal é chamada de **face aboral**, e a face ventral é chamada de **face oral**. Geralmente, na maior parte dos representantes desse filo, a face oral fica voltada para baixo e a face aboral para cima. Na face aboral, encontramos o ânus e o **madreporito**, que é a abertura por onde a água entra no sistema aquífero desses animais. Na face oral, encontramos a boca e os **ambúlacros**, que são regiões radiais que acomodam o sistema aquífero do equinodermo; em uma estrela-do-mar, por exemplo, está presente em cada um dos braços do animal. Esses ambúlacros têm, internamente, um sulco chamado de **sulco ambulacral**, ao redor do qual temos os **pés ambulacrais**.



Estruturas de um equinodermo.

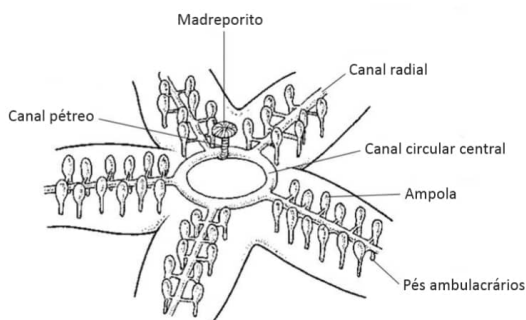
O plano corporal dos equinodermos apresenta uma nomenclatura própria, desenvolvida para o seu estudo. Essa nomenclatura está baseada na posição do madreporito.

A partir do madreporito, observamos o ambulacro oposto a ele e o chamamos de ambulacro A. A partir daí, no sentido anti-horário, na maior parte das classes, denominamos cada ambulacro de B, C, D e E. Quando temos um ambulacro que fica entre outros dois raios ambulacrais, ele leva o nome da junção das letras desses dois raios.

## Sistema aquífero dos Echinodermata

Esse sistema possui uma das estruturas mais complexas e fascinantes desse grupo. É um sistema de canais e reservatórios cheios de fluido que auxiliam no transporte interno e também na movimentação do animal por meio dos pés ambulacrais. A parte externa desses pés ambulacrais é o que chamamos de pódio e esses pódios desempenham várias funções como locomoção, trocas gasosas, alimentação, fixação do animal e percepção sensorial.

As estrelas-do-mar apresentam o sistema aquífero mais desenvolvido e, por isso, ele é utilizado como referência para o estudo das demais classes. Por conta desse fator, observaremos a estrutura aquífera de uma estrela-do-mar. Veja, na imagem seguinte, o sistema aquífero formado por um **canal circular central**.



A estrutura do sistema ambulacral.

Esse canal circular está ligado a **canais radiais** que vão na direção de cada um dos braços; depois, esses canais radiais estão ligados a **canais laterais**, os quais, por sua vez, ligam-se aos pés ambulacrais. Em um pé ambulacral, nós encontraremos a ampola, o pódio e as ventosas. Essas ventosas podem ou não estar presentes, dependendo da classe das espécies estudadas. Há também no canal circular uma estrutura em que fica o madreporito, que, como já observamos, é a abertura por onde a água vai entrar nesse sistema. O madreporito também tem uma

região basal chamada de ampola e um canal que é chamado de **canal pétreo**. Existem ainda outras estruturas: as **vesículas de poli** e os **corpúsculos de Tiedemann**. Essas estruturas ainda não têm função muito bem definida, mas sabe-se que os corpúsculos atuam na produção de **celomócitos**, que são células que ficam no fluido celômico e que desempenham funções diversas no organismo dos equinodermos, como reações imunes e excreção de metabólitos. Quanto às vesículas de poli, acredita-se que elas ajudam a regular a pressão interna do animal.

**Mas de onde vem esse líquido do sistema aquífero?**

## Resposta

É bem provável que o líquido que circunda no sistema vascular aquífero seja uma combinação da água do mar com o fluido do corpo do animal. Acreditava-se, anteriormente, que era apenas água do mar que circulava por esses canais, mas hoje já se sabe que provavelmente existe uma composição com o líquido corporal, pois foi verificada a presença de celomócitos e proteínas, além de haver uma alta concentração de íons potássio nesse fluido. Este líquido circula dentro dos canais com a ajuda de cílios.

## Sistema aquífero e locomoção

Como vimos anteriormente, mesmo que esses animais apresentem uma simetria pentarradial, eles se locomovem. É bem verdade que não é uma locomoção ágil e rápida, mas, mesmo assim, é eficiente para os equinodermos.

**E como o sistema aquífero atua na locomoção?**

### Pressão hidrostática nos canais

Ocorre que esse sistema gera uma pressão hidrostática e, por meio da variação dessa pressão dentro dos canais, juntamente com a musculatura da ampola e do pé ambulacral, o movimento acontece. No caso, o fluido corre pelo canal radial indo em direção à ampola, preenchendo toda essa ampola, então, entra o papel da válvula ligada ao canal radial.

### Fechamento da válvula ligada ao canal radial

Essa válvula se fecha impedindo que o fluido que preencheu a ampola retorne aos canais de origem e a contração muscular da ampola faz com que esse fluido possa ir em direção ao pódio, a haste do pé ambulacral.

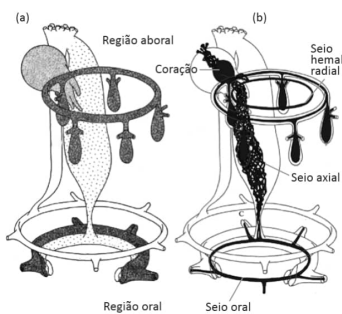
### Expansão do pódio

Isso faz com que o pódio expanda e a ventosa seja então pressionada contra o substrato, favorecendo assim o deslocamento, ou seja, a locomoção do animal.

Para retirar a ventosa do substrato, é necessário fazer o movimento contrário desse fluido: a válvula se abre e, com isso, o fluido volta a fluir de volta para a ampola, depois a ampola se esvazia.

## Fisiologia das trocas gasosas e circulação

Há um sistema, além do sistema aquífero, que também atua na circulação desses animais, que é chamado de **sistema hemal**. Portanto, poderíamos dizer que a circulação nesses indivíduos ocorre de duas maneiras (via sistema aquífero e sistema hemal). O sistema hemal também é formado por um complexo de canais e lacunas que estão mergulhados nos canais celômicos e, em alguns grupos, esse sistema acompanha a mesma anatomia do sistema aquífero. Observe, na imagem seguinte, como o sistema hemal está configurado.



Inter-relações de vários celomas (a) e estruturas circulatórias (sistema hemal) (b) no complexo axial.

Perceba que, na imagem, podemos observar um seio hemal radial e um seio oral, um seio axial e uma estrutura em forma de saco chamada de coração que também pode atuar como o órgão cardíaco, bombeando o fluido. Ainda existem um seio gástrico e seios que estão nas gônadas.

Quanto às trocas gasosas, esses animais apresentam algumas projeções dérmicas. Essas projeções têm paredes finas que atuam como superfícies respiratórias, promovendo então a troca de gases.

A excreção ocorre basicamente por difusão através da superfície do corpo e não há um sistema excretor desenvolvido.

Com relação à osmorregulação, não há relatos que demonstrem problemas de regulação osmótica e muito menos a regulação iônica. Além disso, existem evidências de que eles sejam osmoconformadores, conseguindo adequar a concentração de líquido e íons em relação às variações das condições ambientais.

## Sistema nervoso e sensorial

Parece estranho ver este tipo de sistema nervoso em um animal deuterostomado, considerado complexo e com novidades evolutivas mais recentes. Todavia, esta característica é comum entre os animais de simetria radial. O sistema nervoso dos equinodermos se comporta de maneira diferente de outros animais radiados. Veja a seguir:

## Sistema ectoneural

Localizado na região oral, possui, basicamente, função sensorial.

## Sistema hiponeural

Localizado na região oral, possui função motora.

## Sistema entoneural

Localizado na região laboral, possui função motora e sensorial.

Os órgãos dos sentidos, basicamente são **manchas oclares**, não lembrando em nada os olhos verdadeiros de outros animais marinhos, como polvos e lulas. Essas manchas oclares funcionam como receptores de luz, e só conseguem perceber a ausência ou a presença de luz. Há também **estatocistos** e **esferídeos**, que atuam como georreceptores, localizando o animal no ambiente.

## Reprodução e desenvolvimento

Quando falamos da reprodução de equinodermos, precisamos nos atentar que ocorre tanto a reprodução assexuada quanto a reprodução sexuada. A **reprodução assexuada** pode acontecer por **fissiparidade**, que é quando há a divisão do corpo na região mediana, e cada uma dessas partes se regenera e dá origem a um outro animal. Pode ocorrer também um evento muito interessante que é chamado de autotomia, em que esses animais apresentam uma forma voluntária para liberar parte do corpo por conta de algum evento no ambiente.

Um exemplo de autotomia ocorre quando uma estrela-do-mar tem um de seus braços atacado por um predador. Ela pode voluntariamente se livrar desse braço, soltando-o no ambiente, e continuar viva. Depois, ela se regenera e forma um novo braço. Essa característica é importante contra predação. Geralmente, a regeneração ocorre a partir de um membro que tenha sido perdido.

É praticamente impossível você observar apenas um membro gerando um organismo inteiro. Todavia, esse fenômeno ocorre em apenas uma espécie de estrela-do-mar pertencente ao gênero *Linckia*. Os demais equinodermos têm facilidade para regenerar seus membros, mas não conseguem a partir de um membro dar origem a um outro animal por completo.

Quando falamos sobre a reprodução **sexuada** nesse grupo, temos que levar em consideração que eles podem ser dioicos ou hermafroditas, e a fertilização será sempre externa.

Estes animais apresentam um desenvolvimento indireto, mas também ocorre a incubação com desenvolvimento direto e existem várias formas de incubação nas diversas classes.

Mas o que seria essa incubação?

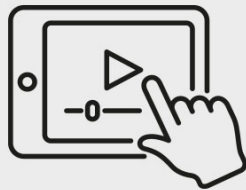
Incubação é um processo que ocorre após a fecundação. Este é caracterizado pela aderência do ovo à superfície do corpo do animal e por sua permanência durante um período do seu desenvolvimento. Dessa forma, o ovo já eclode como juvenil, sem passar pela fase larval.



## A Equinodermocultura

Neste vídeo, o mestre Luiz Rafael Silva da Silva fala sobre a pesca de equinodermos. No Brasil, apesar de frequente, essa pesca é pouco conhecida pelo público em geral, ocorrendo sem nenhum registro de desembarque. Mundialmente, em especial para o mercado asiático, alguns desses animais são verdadeiras iguarias, altamente valorizadas.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



## Quem são os Echinodermata?

Atualmente existem cinco classes principais que compõem o filo Echinodermata, que são:

1. Classe Crinoidea;
2. Classe Asteroidea;
3. Classe Ofiuroidea;
4. Classe Echinoidea;
5. Classe Holothuroidea.

Mesmo havendo muito a ser aprendido sobre essas classes, aqui nós vamos destacar as características principais de cada uma delas com relação ao sistema aquífero, à alimentação e à digestão, de forma comparativa. Dessa forma, conseguiremos identificá-las e distingui-las melhor.

## Classe Crinoidea

Essa classe tem como representante os **lírios-do-mar**. Há, aproximadamente, 625 espécies descritas pelo mundo, mas, como não é um grupo que apresenta muitos pesquisadores focados em seu estudo, provavelmente ainda pode haver um número considerável de espécies não descritas e não conhecidas para a ciência. Os indivíduos dessa classe apresentam o corpo em forma de taça ou de cálice e uma superfície oral voltada para cima, plano em que temos a presença da boca e do ânus. Além disso, sua superfície aboral possui um pedúnculo, que pode se fixar no substrato, e eles possuem de cinco a duzentos braços.



Os crinoides são animais marinhos da classe Crinoidea, do filo Echinodermata.

É comum, ao observarmos esses animais em seu habitat, termos a impressão de que são plantas, devido à anatomia externa de seu corpo. Nessa anatomia, encontramos uma coroa formada por um conjunto de braços, que, por sua vez, têm partes menores, chamadas pílulas. Os braços são sustentados por uma área mais abaulada, chamada de cálice, ao qual, logo em seguida, se liga o pedúnculo. Existem ainda outras formas em que o pedúnculo não está presente e, nesse caso, ocorrem estruturas que são chamadas de cirros. Em seu ambiente natural, os lírios-do-mar são animais que se movimentam bastante, mexendo, ativamente, seus braços para a captura de presas.

O sistema aquífero dessa classe funciona com base no líquido celômico, que vai circular por entre os canais; e há vários canais pétreos, que se originam do canal circular e se conectam aos canais celômicos. Nessa classe, ao contrário do que vemos em outras, não encontramos o madreporito, que é uma abertura para o meio externo. No entanto, encontramos estruturas em forma de funil, voltadas para o exterior, por meio das quais, a água entra no sistema aquífero dos Crinoidea. Quanto à alimentação desses indivíduos, eles ficam com as superfícies orais sempre voltadas para cima e alimentam-se de partículas suspensas na água. O alimento chega à boca por meio da ação conjunta dos pódios, que jogam o alimento para os sulcos ambulacrários e, a partir disso, direciona-o para a boca. A fisiologia da digestão desses animais ainda não é muito conhecida.

### Curiosidade



Embora os crinoides sejam os menos conhecidos dos equinodermos vivos, seus restos mortais estão entre os fósseis mais abundantes e importantes. Eles apareceram durante o Ordoviciano Inferior e sofreram várias radiações importantes durante a Era Paleozoica. Os crinoides foram os principais organismos produtores de carbonato durante o Paleozoico e o Mesozoico. De fato, em muitos ambientes do Paleozoico e do Mesozoico, prateleiras inteiras de carbonato eram compostas predominantemente de restos crinoides.

## Classe Asteroidea

Asteroidea é uma das classes maiores e mais familiares dentro do filo Echinodermata. Esses animais, comumente conhecidos como **estrelas-do-mar**, formam um grupo diversificado e específico.

Existem aproximadamente 1.600 espécies viventes, que são encontradas em todos os oceanos do mundo. Seguindo a classificação de Blake (1987), essas espécies são agrupadas em sete ordens:

- Brisingida
- Forcipulatida
- Notomyotida
- Paxillosida
- Spinulosida
- Valvatida
- Velatida



Estrelas-do-mar.

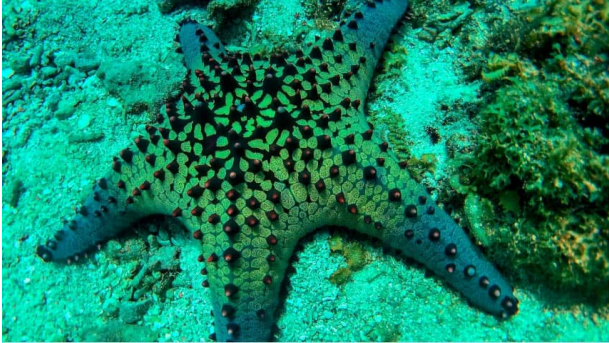
O corpo é estrelado com cinco ou mais braços. A boca é voltada para o substrato, ao contrário dos lírios-do-mar, que tem a boca voltada para a região superior. O ânus fica presente na região aboral. Os pés ambulacrais possuem ampolas internas e podem ou não apresentar ventosas, dependendo da espécie estudada. Os asteroides têm um plano corporal característico, em forma de estrela que consiste em um disco central e vários (normalmente cinco) braços radiais. Distinguem-se de outros equinodermos com aparência estrelada (os Ophiuroidea) pela estrutura dos braços. Nos asteroides, o suporte esquelético para os braços é fornecido pelos ossículos da parede do corpo, que se fundem com os do disco central, dando ao braço uma fixação de base muito ampla ao disco. Esse arranjo esquelético permite a extensão de uma cavidade celômica comparativamente grande do disco central para os braços, que serve para conter alguns dos sistemas de órgãos do animal, a saber, as gônadas e os cecos pilóricos.

As estrelas-do-mar têm um sistema vascular de água que sustenta seu corpo e o ajuda a se mover e se alimentar. A pressão no sistema vascular da água é controlada por meio do madreporito, de onde o sistema se conecta ao

canal pétreo, ao canal central e depois ao canal radial de cada braço. Nesse caso, a pressão localizada da água é controlada pelas ampolas, permitindo que centenas de pés tubulares se estendam quando cheios de água e recuem quando as ampolas relaxam seus músculos. Esses pés em forma de ventosa puxam a estrela-do-mar ao longo do fundo do oceano ou movem as partículas de comida pela ranhura ambulatorial até a boca.

## Curiosidade

Os ossículos ambulacrais podem fechar o sulco ambulacral para proteger órgãos internos e pés tubulares dos ataques de predadores.



As estrelas-do-mar apresentam cores e adereços diversos em sua epiderme.

As estrelas-do-mar são predadores oportunistas e também comedores de carniça. Elas se alimentam de todo o tipo de matéria orgânica animal em decomposição e são bastante generalistas, não fazendo seleção do tipo de alimento que irão ingerir. Há também espécies suspensívoras, que vão se alimentar de partículas orgânicas ou de plâncton em suspensão na coluna d'água. Uma característica importante da alimentação das estrelas-do-mar é que a maioria delas vira o estômago para a região externa do corpo e produz uma série de enzimas que iniciam a digestão. Após o alimento estar digerido e formar um caldo já digerido, o estômago se retrai para dentro do corpo, e os nutrientes são absorvidos.

## Classe Ophiuroidea

Essa classe tem como principal representante as **serpentes-do-mar**, que possuem cinco braços. Existem em torno de duas mil espécies descritas, distribuídas pelo mundo. Veja algumas de suas características a seguir:

### Braços

Seus braços podem ser articulados ou não, dependendo de como eles se conectam aos ossículos do disco central. O celoma dos braços é bastante reduzido, pois neles há a presença de vértebras esqueléticas, que acabam por ocupar esse espaço. Isso mesmo que você leu. Vértebras! Estas não são as mesmas vértebras de um cordado vertebrado, mas uma série de ossículos estruturais sequenciais, no interior de cada braço. Os pés ambulacrais também possuem ampolas internas, assim como visto nas estrelas-do-mar, mas não há ventosas neles.

## Disco central

Um disco central bem definido abriga todos os órgãos internos de uma serpente-do-mar, e é necessário que ele permaneça intacto para que a regeneração ocorra. Quando atacada, ela pode cortar seus próprios tecidos em qualquer lugar ao longo de seu próprio braço, que tende a se regenerar, como as estrelas-do-mar. Essa autoamputação é chamada de autotomia, como já vimos anteriormente.

## Sistema aquífero

O sistema aquífero das serpentes-do-mar é bastante semelhante ao que foi observado no sistema aquífero das Asteroidea. A única diferença é que o madreporito está na região oral, e não na região aboral, como nas estrelas-do-mar.

Os ofiuroides tendem a depender menos de seu sistema vascular de água do que outros equinodermos, como estrelas-do-mar ou os equinoides. Enquanto as estrelas-do-mar dependem de uma infinidade de pés tubulares para se moverem pelo fundo do oceano, os ofiuroides, ou simplesmente, “estrelas mais frágeis” usam seus braços em forma de chicote para fazer seu caminho de um lugar para outro, normalmente usando-os para se agarrar a esponjas, corais ou até mesmo outros animais.



As chamadas serpentes-do-mar ou estrelas frágeis, representantes dos ofiuroides.

---

Os ofiuroides são oportunistas quanto a sua alimentação, com um sistema digestivo unilateral. Muitos ofiuroides se deleitam com as partículas flutuantes e o plâncton, capturados com seus grandes braços ramificados. Outros detectam organismos em decomposição. No entanto, com uma boca que contém cinco placas semelhantes a mandíbulas, eles podem ser predadores eficientes de crustáceos e outros pequenos invertebrados. Em algumas espécies, a epiderme dos braços secreta um muco que, com a ajuda dos pódios, envolve as partículas alimentares formando uma pelota alimentar, a qual é levada a boca para ser digerida. O trato digestório desses animais é incompleto e ele fica localizado no disco central. O intestino e um ânus foram perdidos nessas espécies, e a eliminação dos excrementos é feita por difusão.

# Classe Echinoidea

Echinoidea vem da palavra grega *echinos*, que significa "espinhoso". Essa classe tem como principais representantes os **ouriços-do-mar** e as **bolachas-da-praia**. Existem cerca de 950 espécies viventes. O corpo é globoso ou em forma de disco. Os equinoides são os táxons irmãos dos holoturoídeos dentro do clado Echinozoa. Como outros equinodermos existentes, as espécies nessa classe exibem, principalmente, simetria pentarradial – no caso das bolachas-da-praia, elas podem apresentar uma simetria bilateral secundária, desenvolvendo posteriormente esse tipo de simetria – e usam um sistema vascular de água para movimento e captura de alimentos.

Coloquialmente, os equinoides assumem duas formas gerais: regulares e irregulares. Veja mais a seguir:

## Equinoides regulares

Incluem os ouriços-do-mar, tendem a ser herbívoros (por exemplo, comem algas) ou carnívoros (por exemplo, comem briozoários) e epifaunais (ou seja, vivem na superfície dos sedimentos do fundo do oceano).



## Equinoides irregulares

Incluem as bolachas-do-mar, tendem a comer minúsculas partículas de alimento contidas no sedimento e podem também ser infaunais (ou seja, viverem enterrados nos sedimentos do fundo do oceano).

Esses dois grupos são facilmente distinguidos por suas morfologias e ecologias distintas. Em função dessa variedade, os equinoides abrangem uma das mais diversas classes de equinodermos.

Todos os equinoides modernos têm um endosqueleto de calcário duro feito de placas entrelaçadas, chamado de testa. A testa reveste o corpo do animal e é bastante rígida, formada por uma matriz de colágeno e calcita. Os espinhos que formam o corpo, que são bastante abundantes, especialmente nos ouriços-do-mar, são móveis, e os pés ambulacrais podem ter ventosas ou não. Esses pés desempenham diversas funções como fixação, locomoção, alimentação e também atuam nas trocas gasosas.



Um ouriço-do-mar.

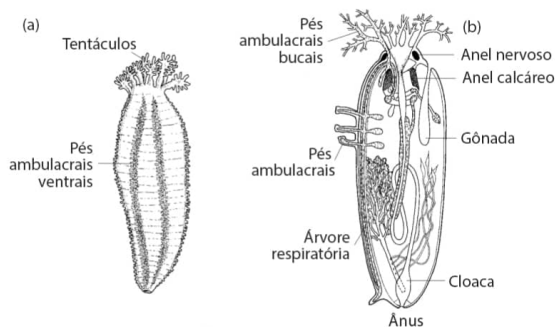
Os ouriços-do-mar possuem um conjunto de placas esqueléticas ao redor do polo aboral e uma dessas placas forma o madreporito. Os ambulacros, juntamente com os pés, vão formar canais internos que se estendem pelo corpo em direção à região superior. Esta classe possui uma estrutura específica, chamada lanterna de Aristóteles, que é utilizada para alimentação. Esta estrutura nada mais é do que um aparato mastigador bem desenvolvido localizado na boca, com cinco dentes calcários protáteis. Esses dentes se movimentam de forma independente e a rotação desses cinco dentes não é dependente, podendo consumir alimentos mais rígidos. O sistema digestório é um tubo simples que se estende da boca ao ânus.

## Classe Holothuroidea

A classe Holothuroidea é a classe dos **pepinos-do-mar**. Holoturoidianos aparentam ter simetria bilateral em sua forma adulta, mas várias características estruturais ainda são formadas em cinco partes, tomando por base a simetria pentarradial. Esta classe é um clado irmão da classe Echinoidea, que juntas formam o clado Echinozoa.

**Os pepinos-do-mar são moles, viscosos e quase semelhantes a vermes, mas possuem espículas feitas de carbonato de cálcio em seus tecidos; muito de seu registro fóssil consiste nessas pequenas espículas que são mais facilmente preservadas durante o processo de fossilização. Eles têm um sistema digestivo completo com duas aberturas: a boca e o ânus.**

Holoturianos são respiradores anais exclusivos, o que significa que respiram pela sua região posterior. Eles apresentam árvores respiratórias que atuam como “pulmões” para transferir oxigênio para o corpo e se livrar do dióxido de carbono. Seu esqueleto é reduzido, com ossículos isolados. Os pés ambulacrais são totalmente ausentes em algumas espécies, e há uma coroa de tentáculos ao redor da boca, que é utilizada para captura de alimento. O sistema aquífero vai ser adaptado para esse corpo com formato alongado: o madreporito é interno, e ele se abre em direção ao celoma, que é a cavidade corporal. A partir daí, existem cinco canais radiais que surgem a partir de um canal circular. Na imagem a seguir, podemos observar melhor essas estruturas.



A estrutura anatômica e morfológica de um pepino-do-mar.

A maioria dos pepinos-do-mar é comedora de depósito ou de matéria orgânica ainda em decomposição. Eles possuem tentáculos que são estendidos para capturar as partículas que vão passando próximo e ficam presas no muco que os revestem. Os tentáculos são então recolhidos um de cada vez, e o alimento é ingerido pelo animal. Os pepinos-do-mar desenvolveram alguns mecanismos de defesa para evitar que sejam a próxima refeição de predadores. Holothuroidea em grego significa "expulsão violenta", referindo-se ao seu mecanismo de defesa bizarro. Quando ameaçadas, algumas espécies evisceram seus órgãos internos, distraindo seu agressor para que eles possam fazer uma fuga segura. Eles são então capazes de regenerar esses órgãos internos após a fuga. Existem ainda estruturas chamadas de túbulos cuverianos, que, em algumas espécies, estão presos às suas árvores respiratórias internas e são usados especificamente para esse propósito de defesa. Se atacados, os fios pegajosos e, às vezes, tóxicos podem distrair e enredar os predadores para que possam escapar.

## Resumindo

O filo Echinodermata representa o maior filo de animais exclusivamente marinhos e inclui animais morfolologicamente diversos como estrelas-do-mar (Asteroidea), serpentes-do-mar (Ophiuroidea), pepinos-do-mar (Holothuroidea), ouriços-do-mar (Echinoidea) e lírios-do-mar (Crinoidea). Uma diversidade impressionante de animais curiosos e peculiares por conta de suas formas e modos de vida.

Falta pouco para atingir seus objetivos.

Vamos praticar alguns conceitos?

### Questão 1

Os Equinodermos constituem um grupo zoológico anatomicamente diferenciado, com simetria radial pentameral e um esqueleto composto por placas dérmicas fusionadas (ex. ouriços-do-mar) ou não fusionadas (ex. pepinos-do-mar). O sistema hidrovacular, também denominado de ambulacral, é particularmente interessante, pois funciona como um sistema hidráulico, no qual um fluido é bombeado através de um sofisticado conjunto de bolsas e canais.

Nos equinodermos, as principais funções do sistema hidrovacular são \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

A       reprodução/excreção.



- B reprodução/alimentação.
- C excreção/respiração.
- D locomoção/alimentação.
- E locomoção/reprodução.

Parabéns! A alternativa D está correta.

Os equinodermos são animais exclusivamente marinhos e possuem sistema hidrovascular voltado para a locomoção e captura de alimento.

## Questão 2

Quais características anatômicas caracterizam o grupo Echinodermata?

- A Corpo mole, sem placas internas. Corpo com simetria bilateral.
- B Corpo com derme espinhosa, com placas internas e simetria pentarradial.
- C Corpo com grande mobilidade, apresentando espinhos de sílica na superfície.
- D Corpo com derme lisa, mas apresentando esqueleto calcáreo interno.
- E Corpo com simetria pentarradial, de derme lisa, com ânus aboral.

Parabéns! A alternativa B está correta.

O grupo Echinodermata, representado pelas estrelas-do-mar, possui simetria claramente pentarradial. Apresenta uma derme contendo espinhos calcáreos de diversos tamanhos. Além disso, apresenta um esqueleto interno formado por placas, algumas articuladas entre si, que possibilitam a movimentação destes animais.



## 3 - Estudos em Hemichordata e a sistemática filogenética

Ao final deste módulo, você será capaz de identificar a relevância dos estudos de hemichordata para a sistemática filogenética.

### Introdução aos Hemichordata

Dentro da grande diversidade animal vivente em nosso planeta, garanto-lhe que boa parte dela é desconhecida por você. Por acaso, você já escutou falar de um hemichordata? Se já escutou, você é uma das poucas pessoas. Caso nunca tenha ouvido falar, aproveite essa oportunidade para conhecer esse pequeno, mas curioso grupo de animais.

O filo Hemichordata é um filo bem pequeno em número de espécies, contendo apenas algumas centenas delas. No entanto, eles são muito importantes no estudo das origens evolutivas dos vertebrados.



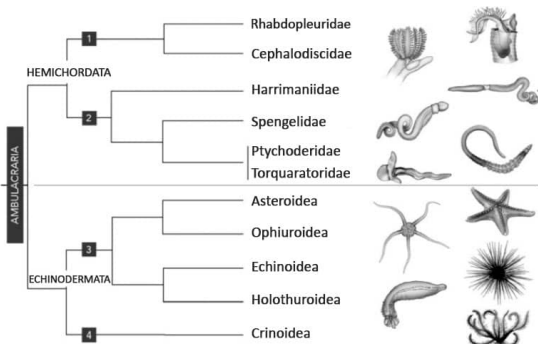
Um hemicordado enteropneusta.

Esse filo é caracterizado por animais vermiformes marinhos e bentônicos, ou seja, que vivem associados ao substrato. Costumam ser animais sedentários, que se movimentam pouco, ou completamente sésseis, que ficam parados durante quase toda a sua vida. Eles podem também, quando são sésseis, viver escondidos em tubos que são secretados por eles próprios.

## Classificação de Hemichordata

Filogeneticamente, os hemicordados estão classificados no grupo dos deuterostômios e, de acordo com as hipóteses filogenéticas mais recentes, são colocados como o grupo irmão de Echinodermata (representado pelas estrelas-do-mar, ouriços-do-mar e outros animais marinhos de derme espinhosa). **Assim, esses dois grupos, hemichordata e echinodermata, formam um grupo que chamamos de Ambulacraria.**

Observe, a seguir, a relação filogenética entre esses grupos:



A filogenia dos Ambulacraria.

Apesar das relações evolutivas estarem atualmente mais claras devido à integração de estudos morfológicos e moleculares (especialmente aqueles com base no DNA dos animais), este cenário nem sempre foi assim. Os Hemicordados já foram alvo de diversos estudos sobre relações filogenéticas. Logo após a sua descoberta, ficou evidente que o grupo dos hemicordados teria alguma relação evolutiva com os Chordata. Daí o próprio nome Hemichordata, onde o termo *Heme* significa metade, meio, e o termo *chorda*, faz uma referência à notocorda, característica marcante dos cordados.

Saiba mais

Em suas primeiras observações, alguns pesquisadores viram tais estruturas que se aproximavam e se assemelhavam às estruturas dos cordados, mas viram também outras estruturas diferentes que os distanciavam. Daí, não era possível enquadrá-los em um mesmo grupo, mas sim em algum novo grupo, evolutivamente próximo aos cordados. No entanto, atualmente sabemos que houve uma confusão com uma estrutura similar à notocorda, que é uma evaginação da parte anterior do intestino, chamada de estomocorda. Ela não é realmente uma notocorda, nem mesmo é uma estrutura homóloga à notocorda.

A primeira coisa que precisamos saber sobre a sistemática dos hemicordados é que eles são divididos em dois grandes grupos: os **Enteropneustas** e os **Pterobranchia**. Estes dois grupos são morfologicamente distintos e apresentam padrões ecológicos divergentes. Alguns são solitários e outros vivem em modo gregário ou até mesmo em conformação colonial. Vamos primeiro observar as características básicas do filo Hemichordata e, em seguida, analisaremos cada uma das classes desse grupo separadamente.

## Como caracterizar um Hemichordata?

Um indivíduo hemicordado apresenta um formato saculiforme em grande parte dos casos. Porém, alguns desses indivíduos podem ser globosos. Eles são vermes bilaterais, diferentemente dos seus irmãos ambulacrários, os equinodermos. Existe uma característica marcante para os Hemichordata que é a **trimerização** clara de seu corpo. Podemos observar, de maneira evidente, a sua estrutura dividida em **prossomo**, **mesossomo** e **metassomo**, apresentando cada uma dessas estruturas, um largo celoma, acondicionando seus órgãos. Podemos também chamar essas estruturas de **probóscide**, **colarinho (ou colar)** e **tronco**, respectivamente.

Veja, a seguir, algumas características:

- Eles apresentam um cordão nervoso dorsal, oco, que se assemelha um pouco com a estrutura dos cordados, tendendo a ser homólogo a eles; porém, na verdade, não existe um sistema nervoso central: o tecido nervoso está concentrado no colar desses animais, que está ligado a um sistema nervoso na epiderme ou em sua cobertura externa;
- O sistema circulatório, geralmente, inclui uma vesícula contrátil semelhante ao coração, vasos sanguíneos e seios da face. A faringe pode ser perfurada por numerosas fendas branquiais emparelhadas ou podem estar ausentes. Tais fendas apresentam uma série de funções que podem ir desde a captação de gases e auxílio na digestão, até mesmo apresentar função excretora, dependendo da espécie retratada;
- A segunda região do corpo, o colar, pode conter duas ou mais estruturas plumosas semelhantes a tentáculos, que podem ter uma fileira dupla de expansões ciliadas bem supridas de células secretoras. Os tentáculos são adaptações especiais para a alimentação de partículas suspensas na água. A rede de células nervosas e fibras situadas dentro da epiderme está ligada a dois cordões nervosos principais que se encontram dorsalmente medianos (ou seja, em direção à linha média do corpo na parte superior) e ventralmente medianos (na parte inferior);

- Apresentam um sistema circulatório aberto ou semiaberto, mas com um bom desenvolvimento das estruturas circulatórias, como os vasos e as cavidades hemais ou os seios sanguíneos. Não existe um coração, mas o fluido sanguíneo é bombeado por células do espaço celomático em que ele se encontra.

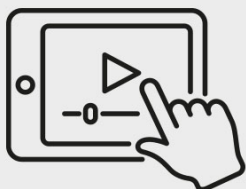
Como as outras estruturas fisiológicas apresentam algumas particularidades dentro de cada classe de hemichordata, veremos a seguir a descrição de cada uma delas, dando ênfase às conformações da fisiologia desses seres.



## As minhocas do mar

Neste vídeo, o mestre Luiz Rafael Silva da Silva fala sobre os enteropneustas e como eles fazem uma grande "revolução" em solo marinho por conta da sua atividade detritívora, alimentando-se de depósitos.

Para assistir a um vídeo sobre o assunto, acesse a versão online deste conteúdo.



## Classes de Hemichordata

Ainda existem algumas controvérsias quanto à classificação dos hemicordados. Muitos pesquisadores separam o grupo em dois (Enteropneusta e Pterobranchia), mas algumas análises filogenéticas demonstram que, talvez, o grupo apresente uma terceira classe (Planctosphaeroidea). Enquanto nenhuma decisão é tomada sobre essa divisão, trataremos o filo como contendo duas classes.

## Classe Enteropneusta

Os indivíduos da classe Enteropneusta são conhecidos como *acorn worms*, ou seja, vermes bolota, em referência ao formato de seu corpo, que é aparentemente alongado e, geralmente, tem a região anterior em forma de uma bolota. Esses organismos são considerados solitários, pois não formam grupos que convivem durante sua vida, sendo animais que vivem de maneira isolada uns dos outros. Eles são considerados animais lentos e, de maneira geral, sedentários, porque se locomovem muito pouco, ficam a maior parte do tempo parados, aguardando a suspensão de partículas ou que algum ser desavisado passe por eles, vivem em galerias em formato de U ou sob pedras.

Ao analisarmos a morfologia desses animais, podemos observar que o corpo está dividido em três partes:

## Prossomo ou probóscide

A primeira recebe o nome de prossomo ou probóscide, é a parte mais anterior e a mais ativa do animal, que tem por função procurar e coletar ativamente alimentos. Além disso, ela também é responsável por cavar as galerias em forma de U em que esses organismos vivem. Isso ocorre por meio de movimentos peristálticos. Nessa região do prossomo, ou seja, da probóscide, é onde fica localizada a boca e também outros órgãos importantes, como o rim e a estrutura cardíaca, que são pouco desenvolvidos.

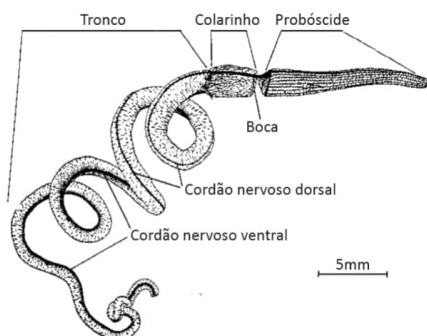
## Mesossomo ou colarinho

A segunda porção do corpo desses organismos recebe o nome de mesossomo ou colarinho e, no caso desses animais, é considerada uma parte bem curta do corpo.

## Metassomo

Por fim, a última parte desses organismos é chamada de metassomo ou tronco e é considerada a porção mais longa de seu corpo.

Observe, a seguir, a imagem de um Enteropneusta e suas divisões anatômicas.



Esse grupo é caracterizado por alimentar-se a partir de matéria orgânica presente no substrato. Alguns deles são capazes de capturar material em suspensão com sua probóscide, que é a região anterior do animal. A boca, localizada nessa região anterior, exibe cílios que facilitam a deglutição do alimento por esses organismos e também facilitam o fluxo de água no interior do corpo do animal.

**Saiba mais**

Por viverem em galerias em forma de U, é bem comum observarmos imagens em que os animais aparecem em alguma das duas extremidades do túnel. Isso acontece porque esses organismos estão cavando ou se alimentando do sedimento, ao mesmo tempo em que vão eliminando as suas fezes em uma das saídas dessa galeria. Observe que é formado um amontoado de fezes provenientes dos alimentos digeridos. Com base nesse comportamento, podemos dizer que estes organismos possuem equivalência ecológica as minhocas e outros anelídeos terrestres, visto que eles conseguem fazer a reciclagem de matéria orgânica presente no substrato.

Na parte anterior do tronco, esses organismos apresentam um sistema faríngeo, que é caracterizado por possuir uma fileira de poros que se conectam por meio de fendas faríngeas. Apesar de existirem essas fendas, não há brânquias nesses indivíduos. No entanto, as trocas gasosas ocorrem diretamente no epitélio da faringe e na superfície do corpo.

Sobre o seu sistema reprodutor, podemos considerar que eles são organismos dioicos, ou seja, apresentam sexos separados, com a maioria de suas espécies realizando reprodução sexuada, com fertilização externa e desenvolvimento indireto com uma fase larval. Essa larva recebe o nome de **Tornaria** e é ciliada, muito parecida com a larva do Echinodermata. Essa é uma das principais características que torna o Hemichordata um grupo irmão de Echinodermata, formando o grande grupo denominado Ambulacraria. A reprodução assexuada também ocorre através da clivagem de estruturas corporais e a formação de novos indivíduos.

## Classe Pterobranchia

A origem do nome dessa classe remete a uma de suas principais características: o termo **ptero** significa asa, mas isso não quer dizer que os animais aquáticos dessa classe possuam asas. Pterobrânquios apresentam estruturas ramificadas, de aspecto plumoso que apenas aparentam asas. Já a palavra **branchia** remete às estruturas respiratórias típicas de indivíduos aquáticos. Os Pterobrânquios são organismos bem pequenos, a maioria deles apresenta entre 1 e 7mm de comprimento. Eles também são organismos sedentários ou até mesmo sésseis, a maioria vive em colônias dentro de envoltórios tubulares por eles secretados. O crescimento ocorre a partir da reprodução assexuada. Neste tipo de reprodução, uma parte de um organismo origina outros organismos que permanecem unidos pelos seus corpos e pelos tubos que secretaram. Apesar da reprodução assexuada ser a mais comum, reprodução sexuada também pode ocorrer.

Agora, analise a imagem seguinte e acompanhe a descrição da sua anatomia:

Semelhante aos Enteropneustas, o corpo dos Pterobrânquios também está dividido em três partes. Todavia, os Pterobrânquios apresentam um prossoma bem reduzido e modificado em uma placa chamada de disco pré-oral ou escudo cefálico.

A segunda parte do corpo é chamada de mesossomo ou colar. É nela que se encontra a boca e de onde partem dois a vários braços com tentáculos, formando essa estrutura que é bastante característica e que dá o nome a esse grupo. Por fim, vemos um metassomo que, de maneira geral, está interno ao tubo secretado. Esse metassomo forma o tronco e também um pedúnculo que une os organismos de uma mesma colônia.





Pterobrânquio.

---

Pterobrânquios foram, originalmente, classificados de forma semelhante a briozoários e foronídeos com base em estruturas de alimentação chamadas de lofóforos. A análise morfológica das estruturas alimentares juntamente com os dados moleculares sugere que as semelhanças são devidas à convergência adaptativa. O estudo das sequências de rDNA 18S indicam que os pterobrânquios são monofiléticos dentro do clado, ou seja, foram um grupo natural, indicando que os pterobrânquios evoluíram de um ancestral semelhante ao enteropneusto. Os hemicordados representam uma pequeníssima diversidade dentro do grupo dos deuterostomia, mas eles são de grande relevância por apresentarem caracteres transicionais entre os grupos, sendo utilizados como base nas análises filogenéticas, ou seja, análises de parentesco entre equinodermos e cordados.

# Falta pouco para atingir seus objetivos.

## Vamos praticar alguns conceitos?

### Questão 1

Um mergulhador encontrou uma série de buracos no substrato de uma região marinha. Nestes buracos, podiam ser observados um amontoado de areia misturada com outras partículas. Além disso, oposto a esses buracos, foram encontrados outros onde era possível observar algumas projeções ramificadas. É provável que esse mergulhador tenha visto animais do grupo dos:

- A Pterobrânquios.
- B Holoturoides.
- C Enteropneustas.
- D Ofiuroides.
- E Asteroides.

Parabéns! A alternativa C está correta.

Os enteropneustas são hemicordados sedentários que escavam galerias em formato de U, com duas extremidades. Ao escavar, esses animais se alimentam do sedimento e defecam, promovendo uma renovação e aporte de nutrientes para o solo marinho.

## Questão 2

Hemichordata é um filo que apresenta animais, muitas vezes, intrigantes, não só por seu formato mas também por seu modelo de vida. Um desses modelos é a formação de colônias dentro da classe Pterobranchia, em que os indivíduos são ligados por pedúnculos que se alojam em tubos criados pelos próprios animais. Caso alguns desses túbulos sejam arrancados da colônia, haveria a possibilidade de os indivíduos coloniais morrerem?

- A Sim, há uma grande possibilidade de morte, pois eles se ligam, internamente, com seus aparelhos digestórios. Com isso, o sistema alimentar ficaria comprometido.
- B Não, pois, como são seres coloniais, eles não apresentam nenhuma relação tecidual entre si, com ligações ocorrendo apenas pelas estruturas sedimentares dos tubos.
- C Sim, há uma possibilidade razoável de morte da colônia inteira, pois, como os tubos são ligados, ao ser retirado um tubo sedimentar, todos os outros vão se descolar.
- D Não, pois pterobrânquios são animais muito resistentes, com tentáculos fortes que se prendem ao substrato. Ao tentar arrancar um de seus túbulos, os tentáculos se prenderiam.
- E Não, pois os pterobrânquios se reproduzem assexuadamente e praticam a autotomia, de modo que a parte da colônia perdida será logo reposta.

Parabéns! A alternativa E está correta.

O processo de autotomia – liberação voluntária de parte do corpo por conta de algum evento no ambiente – associado à reprodução assexuada potencializa a reposição de indivíduos perdidos em alguma colônia de Pterobrânquios.

## Considerações finais

Vimos que os deuterostomados são animais caracterizados por possuírem estruturas ainda mais específicas do que simplesmente a origem do ânus pelo blastóporo. Na verdade, deuterostomados apresentam a clivagem de seu embrião de uma maneira muito peculiar – a clivagem radial. Além disso, observamos que os equinodermos são animais que possuem grande diversidade de formas e tamanhos e, na filogenia, são estreitamente relacionados aos hemicordados, que são vermes cilíndricos e com aparência estranha. Esses indivíduos são em sua maioria sésseis ou sedentários, que cavam túneis para se abrigar ou vivem em colônias. Por fim, destacamos a importância de estudar os grupos de seres vivos com base em suas características morfológicas, fisiológicas e ecológicas de forma comparativa e em um contexto evolutivo, ou seja, com base nas suas relações filogenéticas. Assim, construímos o nosso conhecimento acerca da diversidade da vida na Terra de forma coerente, encadeada e sólida.



## Podcast

Neste podcast, o mestre Luiz Rafael Silva da Silva fala sobre como é comum observarmos, em locais litorâneos, com comunidades pesqueiras, uma série de animais, incluindo equinodermos, que são utilizados para práticas medicinais populares, dentro de ritos populares e questões culturais.

Para ouvir o *áudio*, acesse a versão online deste conteúdo.



## Referências

- BLAKE, D. B. **Classification and phylogeny of post-Paleozoic sea stars** (Asteroidea: Echinodermata). *Journal of Natural History*, v. 21, p. 481–528, 1987.
- BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. E. **Invertebrados**, 3. ed. São Paulo: Saraiva Academic Press, 2018.
- D'ANIELLO, S. *et al.* **Opsin evolution in the Ambulacraria**. *Marine Genomics*, v. 24, p. 177-183, 2015.
- EZHOVA, O. **Microscopic anatomy of the of the axial complex in the Starfish *Asterias rubens*** (Echinodermata, Asteroidea). *Biology Bulletin*, v. 40, n. 8, p. 643-653, December 2013. p. 648.
- GERHART, J. **Inversion of the chordate body axis: are there alternatives?**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 97, n. 9, p. 4445-4448, 2000.
- LAUMER, C. E. *et al.* **Revisiting metazoan phylogeny with genomic sampling of all phyla**. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 286, n. 1906, 2019. Consultado na internet em: 15 nov. 2021.
- LØVTRUP, S. **Validity of the Protostomia-Deuterostomia Theory**. *Systematic Biology*, v. 24, n. 1, p. 96-108, March 1975.
- MALETZ J. **Hemichordata (Pterobranchia, Enteropneusta) and the fossil record**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 398, p. 16–27, 2014.
- MARTINEZ, M. I. *et al.* **Echinoderm diversity in the Southwestern Atlantic**. *Revista de Biología Tropical*, v. 63, supl. 2, p. 115-120, 2015. Consultado na internet em: 3 nov. 2021.
- MOORE, J. **An introduction to the invertebrates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- PEREIRA, B. **Ossículos de equinodermes do miocénico da Península de Setúbal**. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade de Lisboa. 2010.
- PETERSON, K.J. *et al.* **A comparative molecular approach to mesodermal patterning in basal deuterostomes: the expression pattern of Brachyury in the enteropneust hemichordate *Ptychodera flava***. *Development*, v. 126, n. 1, p. 85–95, 1999.
- PRATA, J. *et al.* **Echinodermata associated to rhodoliths from Seixas Beach, State of Paraíba, Northeast Brazil**. *Biota Neotropica* [on-line], v. 17, n. 3, 2017. Consultado na internet em: 3 nov. 2021.

RIVERA, C. *et al.* **Potencial regenerativo de la estrella de mar *Linckia guildingi***. Hidrobiológica, v. 26, n. 1, p. 103-108, 2016. Consultado na internet em: 3 nov. 2021.

## Explore +

- Assista ao vídeo **Por que pepinos-do-mar são tão caros**, disponível no Youtube.
- Assista ao vídeo **Watch Underwater Worms Poop – A Lot | Nat Geo Wild**, do canal NatGeo.