

## Vertebrados

### APRESENTAÇÃO

Prezados alun@s

Vertebrados são, informalmente, conhecidos como os animais com coluna vertebral (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos). Porém, deve-se considerar toda formalidade científica para melhor definir os grupos de organismos vivos e extintos (isto é, classificá-los). Assim, visto que a maioria dos biólogos classifica os organismos de acordo com as recomendações da Escola Cladística (ou Filogenética) de classificação, algumas características são eleitas para definir quais organismos pertencem a um determinado grupo.

De acordo com as regras da referida escola, não se pode usar qualquer característica para definir os grupos e, sim, algumas características peculiares. Essas características especiais são aquelas compartilhadas por todos os membros do grupo e, obrigatoriamente, devem também ser herdadas do último ancestral comum a todos os membros deste grupo. Define-se, então, homologia, um conceito um tanto quanto debatido e que vem sendo redefinido ao longo da história da biologia (veja o Quadro 1, na Unidade 1; o Quadro 2, na mesma unidade, define alguns conceitos que serão importantes neste capítulo). Na verdade, todas as características (sejam elas morfológicas, comportamentais, fisiológicas, moleculares, etc.) que foram herdadas do **último** ancestral comum de todos os membros do grupo em questão e são compartilhadas (i.e., estão presentes) por todos estes membros, são chamadas sinapomorfias (do grego: *synapsis* = unir, juntar; + *apo* = longe; derivado; “novidade” [neste caso, no sentido de estar mais distante da raiz de uma árvore filogenética]; + *morphe* = forma), que, pelo menos em um sentido amplo, são homologias.

Contido no grupo dos cordados (formalmente referido como Chordata [um Filo]), o Subfilo Vertebrata (a designação formal dos vertebrados) é definido como um grupo que contém todos os animais: multicelulares cujos tecidos derivam de três camadas embrionárias chamadas ectoderme (a camada mais externa), mesoderme e endoderme (a camada mais interna, que forma o tubo digestivo); de simetria bilateral; com celoma (cavidade corpórea) delimitado pela mesoderme; que possuem tubo digestivo completo (descerrado em suas extremidades pela boca e ânus); que possuem ânus formado pelo blastóporo; que possuem um esqueleto interno (endoesqueleto metamérico) derivado da mesoderme; e cuja mesoderme é formada, pelo menos em parte, por tecido derivado do tubo digestivo embrionário.

Estas características estão também presentes em membros de outros grupos, como os Filos Echinodermata, Hemichordata, Pogonophora e Chaetognata. Porém, nem todas elas são encontradas (ao mesmo tempo) em todos os Filos acima e **todas** estas características são encontradas, **ao mesmo tempo**, nos membros de Vertebrata. Ademais, algumas características (sinapomorfias) são peculiares de Vertebrata, distinguindo de forma não ambígua, todos os vertebrados: cabeça distinta do corpo (formada pelas cristas neurais embrionárias), cérebro verdadeiro, crânio (ossos ou cartilagens sustentam e protegem o cérebro), e olhos, ouvidos e órgãos olfativos na cabeça. Então, forma-se aqui a ideia de que as características acima conferem aos vertebrados um grau de cefalização, que dentre todos os animais, só é aproximada pelos artrópodos (Arthropoda). Mas, e o nome Vertebrata, de onde vem? Imagina-se que este nome faça alusão às vértebras e que esta seja, também, uma característica de todos os membros deste grupo. De fato, e de forma generalizada, sim, vértebras estão presentes em muitos membros de

## Vertebrados

Vertebrata. Porém, alguns autores preferem o nome Craniata para definir o grupo que possui as características acima, pois alguns membros tradicionalmente incluídos em Vertebrata, as lampreias e feiticeiras, não possuem vértebras. Retomaremos discussões sobre a classificação de alguns grupos animais e veremos sua importância no entendimento da definição e evolução dos vertebrados.

É válido ter em mente que, como destacado, estas características morfológicas podem ser transitórias e podem estar presentes apenas durante um estágio particular do desenvolvimento do organismo, ou, em outros organismos, presentes durante toda a vida do animal. Linzey (2000) e Pough et al. (2005) fornecem boas descrições generalizadas da estrutura básica dos vertebrados.

## UNIDADE 1

### CONHECENDO OS VERTEBRADOS

#### 1. DIVERSIDADE

Os vertebrados habitam quase todos as partes do nosso planeta e, frequentemente, são elementos marcantes da experiência dos seres humanos com o mundo natural. Conforme procuraremos mostrar neste capítulo, os vertebrados consituem um grupo fascinante de animais.

Apresentam enorme variedade de formas, comportamentos e relações com o meio onde vivem. Em termos de dimensões, os vertebrados são igualmente diversificados: o menor pesa 0.1 g, enquanto que o maior pode passar dos 100.000 kg.

A diversidade atual dos vertebrados, representada por mais de 56.000 espécies, embora impressionante, representa apenas uma porção das espécies que já existiram no nosso planeta.

As evidências fósseis indicam que os vertebrados evoluíram num ambiente marinho há cerca de 500 milhões de anos, sendo os primeiros registros fósseis do grupo representados por peixes sem maxilas (agnatos), muitos dos quais possuíam armaduras ósseas dérmicas em diferentes partes do corpo. Somente dois tipos de agnatos sobreviveram até a atualidade: as feiticeiras e lampreias.

O modo de alimentação dos primeiros vertebrados representou um importante avanço em relação aos seus ancestrais filtradores, que utilizavam batimentos ciliares para movimentar a água. Outra inovação evolutiva surgida nos primeiros vertebrados foi o osso, uma forma particular de mineralização de tecido. Essas características, associadas a uma maior mobilidade, permitiu aos primeiros vertebrados explorar novos ambientes.

Um avanço importante a ser assinalado na história evolutiva dos vertebrados, é o surgimento das maxilas, característica que permitiu explorar novas possibilidades de alimentação. Os primeiros peixes dotados de maxilas, conhecidos como placodermos, apresentavam grandes carapaças na região da cabeça e são conhecidos apenas através de fósseis; dois grandes grupos de peixes com maxilas, porém, sobreviveram até a atualidade e hoje ocupam praticamente todos os ambientes aquáticos do planeta. São eles os condrictes e os osteíctes. Um grupo de osteíctes, *Sarcopterygii*, é fundamental para a compreensão de como se deu a passagem do meio aquático para o meio terrestre.

A ocupação do meio terrestre teve início com os anfíbios, a partir dos quais surgiram os répteis mais primitivos, seguindo-se duas grandes linhas de evolução, uma que levou à origem dos répteis e aves, e outra que originou os mamíferos. Compreender sua história evolutiva é aprender um pouco mais sobre a evolução dos seres humanos, pois, como expressado pelo autor John Long (*The rise of Fish*) “somos apenas peixes altamente avançados”.

Para falar sobre a origem dos vertebrados, é preciso examinar, também, alguns grupos de animais invertebrados que, embora à primeira vista nada tenham em comum com os vertebrados, guardam informações preciosas sobre como as características que hoje associamos aos peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos surgiram e/ou se modificaram ao longo do tempo.

O esquema abaixo mostra que a maior parte dos grupos mostrados são invertebrados. Estes, juntamente com os cordados, fazem parte do táxon **Deuterostomata**, que será o nosso ponto de partida para o entendimento das relações de parentesco dos vertebrados.

**QUADRO 1: ANALOGIA E HOMOLOGIA**

Tradicionalmente, analogia e homologia são definidos como abaixo. Porém, especialistas de diversas áreas da biologia concordam que tais definições são incompletas, se não completamente erradas:

1. As *asas dos insetos e dos morcegos* servem para o voo nos dois grupos, porém têm origens distintas e não refletem relações de parentesco entre os grupos. Caracteres que desempenham a mesma função em grupos variados, mas que não refletem ancestralidade são **Analogias**.
2. As *asas de aves e morcego*, embora diferindo na aparência, apresentam similaridades que se devem a um ancestral comum. Este tipo de característica é denominado **Homologia** e serve de base para a reconstrução da história evolutiva dos seres vivos.

As definições mais corretas (ou mais recomendadas) seriam (Ridley):

1. Homologia: uma característica compartilhada por um grupo de espécies e presente no ancestral comum a elas.
2. Analogia: um caráter compartilhado por um conjunto de espécies, mas ausente no ancestral comum a elas.

Perceba que as definições recomendadas não fazem qualquer alusão à função e, sim, apenas à ancestralidade comum. Assim, asas de aves e morcegos não são características homólogas, pois o ancestral que deu origem às aves (um membro de Dinosauria) é completamente distinto daquele que deu origem aos morcegos (um membro de Mammalia). Ainda, os processos embriológicos que dão origem às asas de aves e morcegos são morfologicamente e geneticamente distintos, reforçando o caráter “de analogia” (i.e., análogo) destas estruturas. Porém, o conceito de homologia pode ser relativo, dependendo do nível de comparação.

Considere, agora, apenas os apêndices anteriores de aves e morcegos e tente esquecer que estes são estruturas modificadas para o voo (asas ou aerofólios). Como os apêndices anteriores de morcegos e aves tiveram origem comum a partir do ancestral de Tetrapoda, pode-se dizer que estas características (o apêndice anterior de aves e morcegos, e não as asas) são homólogas. Mais tarde, durante a evolução dos grupos de Tetrapoda, estes apêndices foram modificados, **independentemente** (ou de forma convergente: devido ao surgimento da característica a partir de diferentes ancestrais comuns), em aerofólios.

O capítulo primeiro e a Figura 1.1 do livro de HILDEBRAND & GOSLOW (1995) permitem a boa compreensão e visualização de homologia e analogia. Ainda, refira-se aos capítulos 15 e 20 de RIDLEY (2006), para uma interessante discussão sobre homologia.

**QUADRO 2: EXPLICANDO ALGUNS CONCEITOS E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS RELAÇÕES DE PARENTESCO ENTRE OS GRUPOS QUE SERÃO ABORDADOS NO CAPÍTULO**

**Filogenia** - termo comumente utilizado para hipóteses de relações evolutivas (filogenéticas) de um grupo de organismos. Em outras palavras, a filogenia busca determinar as relações ancestrais entre táxons (grupos de organismos).

**Sistemática** - estudo da diversidade e das relações de descendência dos organismos. Alguns critérios são utilizados para essas relações: a totalidade de semelhanças, as semelhanças ecológicas e, em alguns casos, as semelhanças filogenéticas.

**Sistemática filogenética** - Em linhas gerais, podemos definir a *Sistemática Filogenética* como uma metodologia de classificação dos organismos que busca refletir a história evolutiva dos grupos e reuni-los com base no grau de parentesco. Um dos métodos que tem sido utilizado mais frequentemente para pesquisar as relações de parentesco é o cladístico. Este método utiliza *caracteres sinapomórficos* como indicadores de parentesco.

**Caracteres sinapomórficos (ou sinapomorfias)** - são caracteres homólogos derivados compartilhados, herdados de um ancestral comum mais recente. Alguns autores referem-se à sinapomorfias como inovações evolucionárias compartilhadas pelos táxons (*grupos de organismos*). Grupos delimitados com base em sinapomorfias são denominados *monofiléticos*. As relações evidenciadas pelas sinapomorfias são expressas graficamente através de um diagrama conhecido como *cladograma*.

## UNIDADE 2

### DEUTEROSTOMADOS

#### 1. CONCEITUAÇÃO

A maioria dos animais apresenta particularidades específicas durante o desenvolvimento embrionário. Porém, apresentam uma sequência básica bastante semelhante, constituída por segmentações ou clivagens, gastrulação, neurulação e organogênese. De acordo com a sequência de desenvolvimento embrionário, os animais são agrupados como protostomados ou deuterostomados.

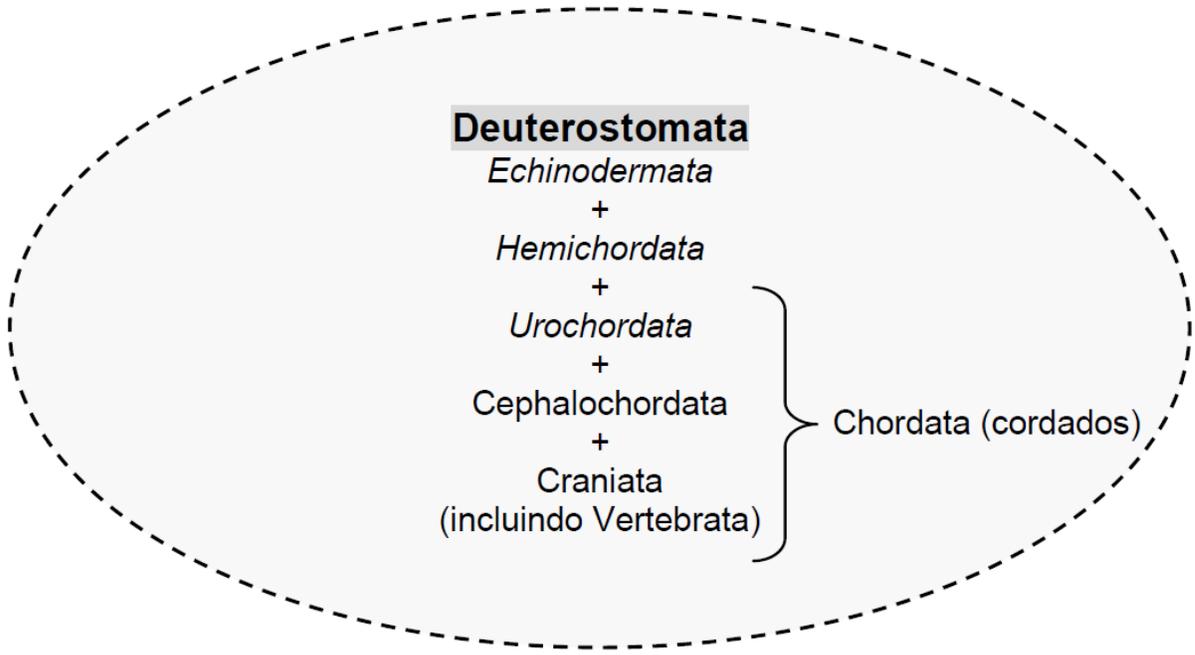
**Deuterostomata** - O nome do grupo vem de *Deuterostomia* (*deuteros*, posterior + *stoma*, boca). Os deuterostômios são animais que compartilham características derivadas com relação ao tipo de divisão celular, de desenvolvimento do celoma e das aberturas embrionárias que irão originar a boca e ânus.

#### O QUE CARACTERIZA UM DEUTEROSTOMADO?

Em termos gerais, deuterostomados são animais nos quais:

1. o **blastóporo** (*abertura do intestino primitivo ou arquêntero*) forma inicialmente o ânus, enquanto que nos protostomados forma primeiramente a boca.
2. a clivagem (*processo de divisão de células que se dá no início do desenvolvimento do embrião, cujas células resultantes são denominadas de blastômeros*) é **radial e indeterminada**, enquanto nos protostomados é espiral e determinada. Clivagem indeterminada significa que as células são indiferenciadas no início da divisão celular. Desta forma, quando a célula original é dividida, as duas células resultantes podem ser separadas e cada uma delas pode dar origem a um organismo completo.
3. a mesoderme surge como evaginações (projeções) do tubo digestivo, formando o **celoma** (*cavidade geral do corpo dos animais*) através de um processo denominado enterocelia. Nos protostomados, o celoma resulta do alargamento de fendas que se formam na massa mesodérmica, em um processo denominado esquizocelia.

O compartilhamento desse padrão de desenvolvimento embriológico sinaliza em quais grupos devem ser buscadas as relações de parentesco (relação ancestral-descendente) dos vertebrados. O próximo táxon a ser abordado, Hemichordata, apresenta inovações evolutivas que nos ajudam a entender um pouco mais o surgimento e transformação de caracteres-chave para o entendimento da filogenia dos vertebrados.



## UNIDADE 3 HEMICHORDATA

### 1. CARACTERÍSTICAS E DIVERSIDADE

#### DEFININDO HEMICHORDATA (HEMI = METADE; CHORDA = CORDA OU CORDÃO)

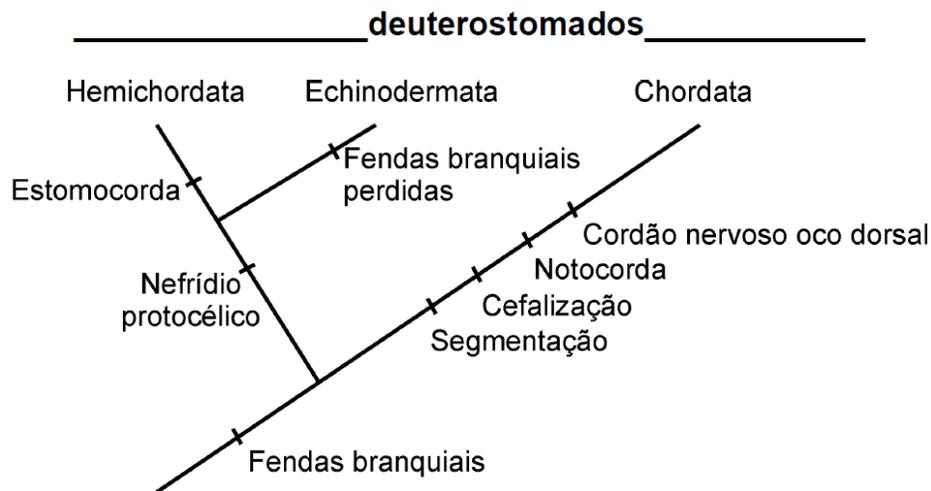
Os hemicordados são animais marinhos, que se caracterizam por possuir o corpo dividido em três regiões: *lobo pré-oral*, *colarinho* e *tronco*. Características compartilhadas pelas *larvas de hemicordados* e alguns *equinodermos* evidenciam o parentesco entre os dois grupos. Equinodermos e hemicordados são às vezes reunidos em um grupo à parte, denominado *Ambulacraria*.

Além da relação de parentesco com os equinodermos, os *hemicordados* são classificados próximos aos *Chordata* (grupo que inclui, entre outros animais, os *vertebrados*), formando, juntamente com eles o táxon **Cyrtotreta**.

A Figura 1 mostra uma hipótese de relação de parentesco entre equinodermos, hemicordados e cordados.

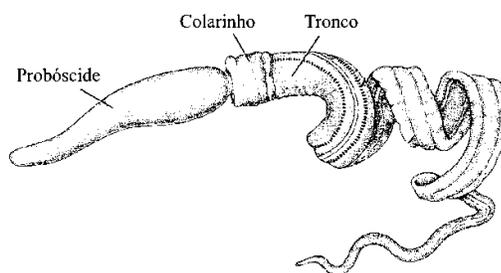
**Figura 1 – Hipótese de relação de parentesco entre equinodermos, hemicordados e cordados.**

**Característica-chave do táxon Hemichordata: fendas faríngeas.**



#### 1.1 ENTEROPNEUSTA: VERMES-BOLOTA; BALANOGLOSSO

Animais de modo de vida solitário, de corpo mole e cilíndrico, revestido por muco. Habitam áreas rasas de ambientes marinhos, onde vivem sob pedras ou em túneis por eles escavados. O corpo dos enteropneustos é constituído por três lóbulos seriados: o primeiro, pré-oral é denominado de protossoma ou probóscide (Figura 2). A probóscide é uma estrutura longa e ciliada, utilizada para obtenção de alimento e também para escavar o substrato. Seguindo-se à probóscide, existe um curto mesossoma ou colarinho e um longo metassoma ou tronco. A região do tronco se caracteriza pela presença de uma série de fendas faríngeas.

**Figura 2 – Desenho esquemático de um membro de Enteropneusta.**

**Fonte: Ilustração preparada por André Castro**

Os enteropneustas comumente alcançam mais de 1 m de comprimento. São conhecidos como vermes-bolota. Deslocam-se através do substrato, geralmente em fundos arenosos. À medida que se deslocam, as cavidades da probóscide e colarinho desses animais preenchem-se com água através dos poros da superfície dorsal. Quando se tornam túrgidas, possibilitam ao animal cavar através da areia e do lodo, auxiliado pelos movimentos musculares do tronco. A boca permanece aberta e assim uma mistura de água e areia contendo detritos orgânicos é empurrada para a cavidade bucal.

A água passa através das fendas branquiais para a respiração, o material orgânico serve como alimento e a areia é eliminada pelo ânus. A respiração é feita por meio das fendas branquiais.

O sistema circulatório é aberto e composto por um vaso mediano dorsal e um vaso mediano ventral que se unem na região anterior do corpo. A excreção é feita através da glândula da probóscide. Alguns hemicordados possuem uma densa concentração de fibras nervosas dorsais e ventrais, unidas na altura do colarinho. Com relação à reprodução, os enteropneustas têm sexos separados (são dioicos) e têm reprodução sexuada. O desenvolvimento pode ser direto ou indireto (com larvas do tipo tornária).

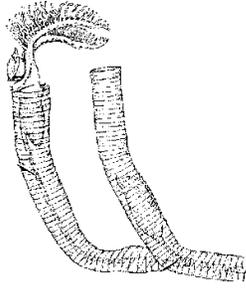
O táxon Enteropneusta é de grande interesse para os estudos filogenéticos, uma vez que contém características-chave para o entendimento da evolução dos cordados e, portanto, dos vertebrados, a partir dos “invertebrados”. Exemplos de enteropneustos são: *Balanoglossus* e *Saccoglossus*.

## 1.2 PTEROBRANCHIA: PTEROBRÂNQUIOS

Os pterobrânquios são hemicordados marinhos coloniais, que vivem em tubos medindo de 1-7 mm de altura e que se prendem ao substrato através de um pedúnculo. Cada indivíduo componente da colônia recebe o nome de *zoóide*. Os pterobrânquios não são comuns de encontrar e a maioria das espécies descritas foi coletada em dragagens. Ocorrências mais raras de algumas colônias foram registradas em águas rasas tropicais, onde estas se encontravam presas a rochas ou pedaços de coral (Figura 3).

O colarinho desses animais possui uma estrutura com 1-9 tentáculos ciliados, que são usados para obtenção do alimento. Algumas espécies possuem um par de fendas na região da faringe, enquanto outras não possuem fendas. O intestino dos pterobrânquios tem forma de U, com o ânus localizado próximo à região da boca. Ex., *Rhabdopleura*.

**Figura 3 – Desenho esquemático de membro de Pterobranchia.**



**Fonte: Ilustração preparada por André Castro**

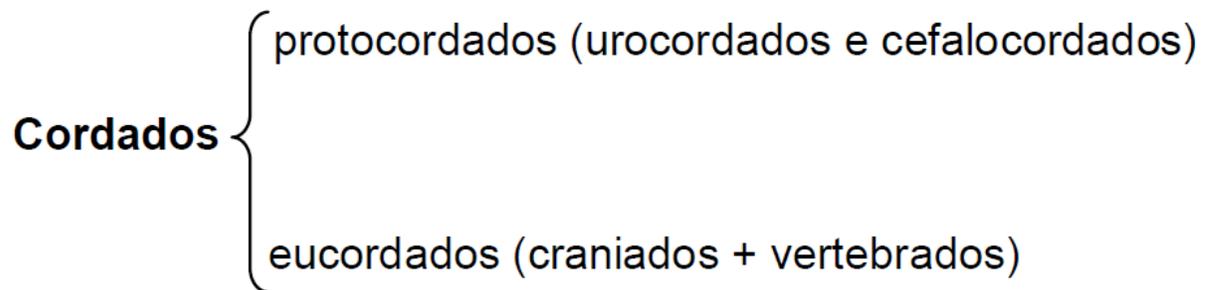
## UNIDADE 4 CHORDATA

### 1. CARACTERÍSTICAS E RELAÇÕES DE PARENTESCO

O grupo dos cordados compreende um grupo bastante diversificado de animais, que possuem, na fase embrionária, um eixo de sustentação chamado *notocorda*, uma estrutura ao mesmo tempo flexível e rígida, que se forma no embrião, acima do intestino primitivo. A notocorda pode desaparecer ou persistir na fase adulta. Além da notocorda, os animais classificados como cordados caracterizam-se pela presença de: (1) **tubo nervoso dorsal**; (2) **cauda pós-anal**; (3) **endóstilo**, uma estrutura secretora de muco. Alguns autores dividem os cordados em “*protocordados*” e *eucordados* (incluindo craniados e vertebrados).

Características-chave dos cordados: notocorda, tubo nervoso dorsal, endóstilo e cauda muscular pós-anal

O esquema abaixo apresenta um detalhamento das relações de parentesco dos Cordados.



#### 1.1 UROCHORDATA

Os urocordados são animais marinhos que possuem o corpo revestido por uma túnica secretada pela epiderme, sendo por esta razão também conhecidos como *tunicados*. Seus representantes mais conhecidos são as ascídias, que podem ser encontradas em áreas rasas, vivendo de forma solitária ou em colônias. São classificados como urocordados os táxons Ascidiacea, Thaliacea e Larvacea.

Embora possuam capacidade de livre natação, muitos urocordados adultos fixam-se ao substrato, tornando-se assim sésseis (Figura 4). Ao se fixarem, perdem algumas características dos cordados, que só podem ser vistas neste grupo na fase larval (ex. notocorda).

Grande parte do interior do corpo dos tunicados é ocupada por uma faringe perfurada por muitas fendas. A água entra na faringe pelo *sifão bucal*, passa por através das fendas ao redor de uma cavidade denominada *átrio* e, então, sai pelo *sifão exalante*. Na passagem através das fendas faríngeas, ocorre a filtração do alimento. Nas espécies coloniais de urocordados, os indivíduos estão unidos por uma espécie de pedúnculo, denominado *estolon* ou têm sua túnica fusionada.

**Figura 4 – Detalhe de uma colônia de tunicados.**

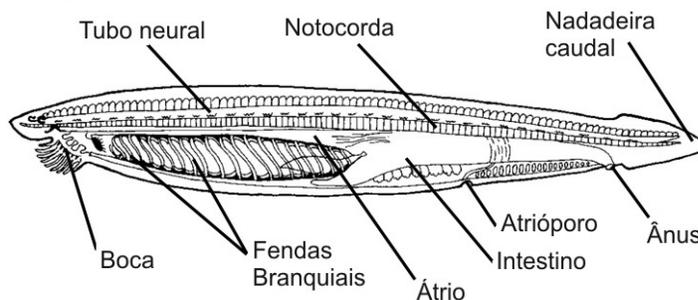


Fonte: Thelma L. Dias, com modificações. Acervo: Laboratório de Invertebrados Paulo Young, Universidade Federal da Paraíba.

## 1.2 CEPHALOCHORDATA

Os cefalocordados são animais marinhos de pequeno porte e modo de vida solitário, conhecidos como *anfioxos*. Embora capazes de nadar um pouco para se alimentar, os cefalocordados passam a maior parte do tempo enterrados em posição diagonal no substrato, mantendo somente a parte anterior do corpo para fora. O cefalocordado mais conhecido é o **anfioxo**, facilmente reconhecível pelo corpo afunilado em ambas as extremidades (daí seu nome, do grego *amphi* = ambos e *oxy* = pontiagudo). A extremidade anterior é chamada de **rostro**, onde há uma boca dotada de cirros bucais (Figura 5).

**Figura 5 – Desenho esquemático de um cefalocordado.**



Fonte: Ilustração preparada por André Castro

O anfioxo mede de 5 a 8 cm de comprimento, seu corpo é transparente e através dele é possível ver a musculatura em forma de V. Estes *miômeros* são responsáveis pelos movimentos de natação e escavação e são separados uns dos outros por uma membrana de tecido conjuntivo, chamada *miossepto*.

A estrutura de sustentação do corpo é dada pela notocorda, que se estende do rostro (auxilia na escavação do substrato) até o final da cauda, e está localizada logo abaixo do cordão

nervoso. Na porção ântero-superior do cordão nervoso dorsal oco está localizada a vesícula cerebral, de onde partem os nervos sensitivos e os motores. Existem estruturas sensoriais.

A notocorda serve de apoio para a musculatura e impede que o corpo do animal se encurte enquanto os miômeros se contraem durante a natação. Os cefalocordados possuem “nadadeiras”, lembrando o formato de um peixe.

Os anfioxos possuem tubo digestório completo, com boca e ânus. A boca é filtradora, circundada por cirros que impedem a entrada de partículas grandes; as fendas branquiais são utilizadas na alimentação por filtração. Os cílios das barras branquiais promovem a movimentação da água com alimento sobre as fendas branquiais, auxiliados pelo órgão da roda (*estrutura situada na cavidade oral, dotada de cílios que movimentam a água até a faringe*) e pelos cirros bucais.

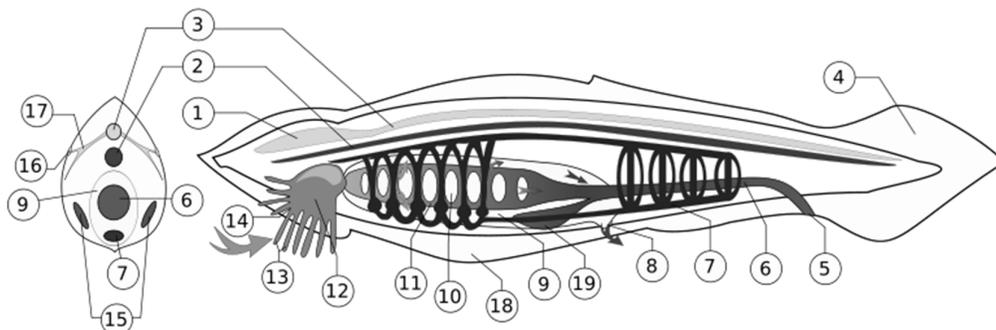
O alimento vai para o sulco epifaríngeo localizado na parte dorsal da faringe e dele segue, como um cordão mucoso, para o intestino, onde vai ser digerido. O ceco hepático produz enzimas que digerem o alimento. A água sai da faringe pelas fendas e cai no átrio, de onde vai para o meio externo através de uma abertura denominada atrióporo. Os cefalocordados possuem células especiais produtoras de muco – a fosseta de Hatschek.

As fendas branquiais dos cefalocordados (em número de 150-200) são posicionadas diagonalmente e bem desenvolvidas, indicando o hábito filtrador desses animais. Porém, não se abrem diretamente para fora do corpo, mas em uma cavidade chamada de átrio.

As trocas gasosas são realizadas na faringe e na pele através de difusão. A circulação é feita através da contração de vasos. Na região dorsal da faringe existem protonefrídeos ou solenócitos. Os cefalocordados são dioicos, estando as gônadas dispostas lateralmente no corpo. Quando os gametas estão maduros, ocorre um rompimento na parede da gônada, sendo os gametas lançados para o meio externo.

É possível que o plano básico do corpo de um vertebrado ancestral tenha consistido de uma organização bilateral tubular, com características como notocorda, fendas faríngeas, tubo nervoso dorsal oco, vértebras e crânio. Neste sentido, o anfioxo fornece algumas pistas de como podem ter sido os primeiros vertebrados (Figura 6).

**Figura 6 – Desenho esquemático do corpo e estruturas de um cefalocordado, o anfioxo. 1 - gânglio cerebral; 2 – notocorda; 3 - nervo dorsal; 4 – “nadadeira” caudal; 5 – ânus; 6 - tubo digestivo; 7 - sistema circulatório; 8 - poro abdominal; 9 - sulco supra-faríngeo; 10 - abertura branquial; 11 – faringe; 12 - lacuna bucal; 13 – cirros bucais; 14 - abertura bucal; 15 – gônadas; 16 – fotorreceptor; 17 – nervos; 18 – “nadadeira”; 19 - ceco hepático.**



Fonte: Figura modificada de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cephalochordata>.

## UNIDADE 5 CRANIATA E VERTEBRATA

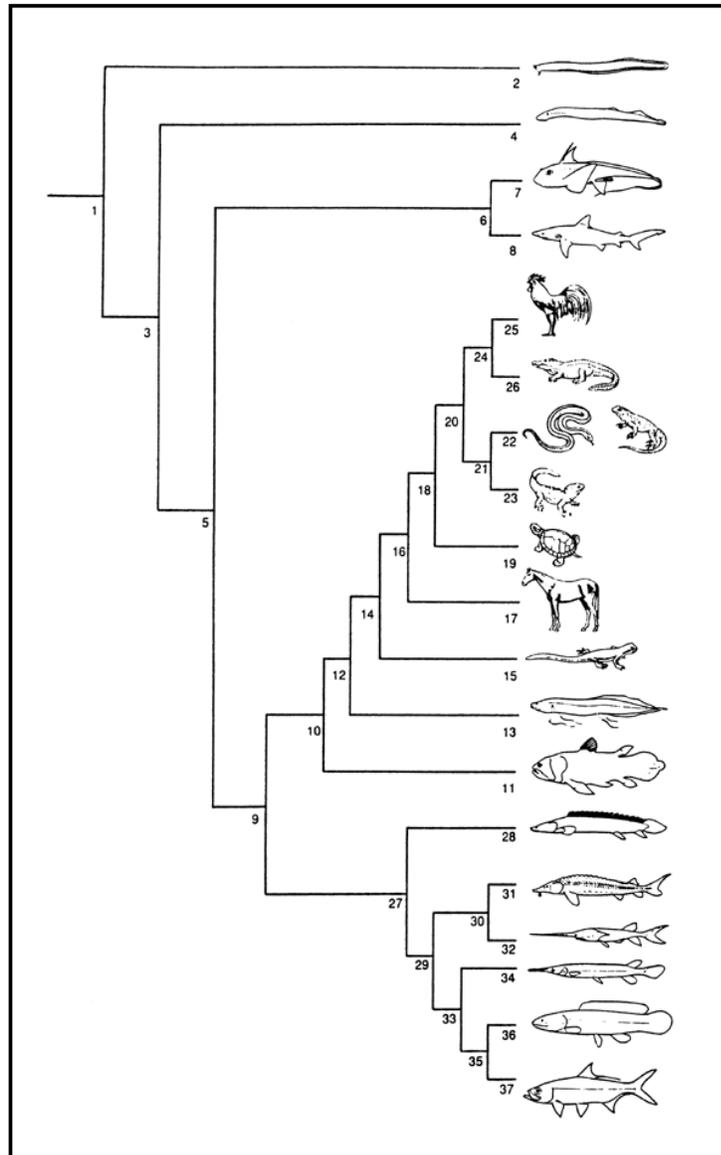
### 1. DEFINIÇÃO E GRUPOS INCLUÍDOS

#### 1.1 CRANIADOS

Os craniados são representados pelos peixes conhecidos como feiticeiras ou peixes-bruxa e pelos grupos vertebrados. Como o próprio nome do grupo sugere, a característica distintiva dos craniados é a presença de um crânio, que pode ser de tecido cartilaginoso ou ósseo (Figura 7).

**Figura 7 – Cladograma ilustrativo das relações evolutivas dos grupos de Craniata.**

1: Craniata ; 2: Myxini (Myxiniformes = Hyperotreti. Nome comum: feiticeiras ou peixes-bruxa); 3: Vertebrata;  
4: Petromyzontiformes = Hyperoartii. Nome comum: lampreias.); 5: Gnathostomata; 6: Chondrichthyes ; 7: Holocephali (Nome comum: quimeras); 8: Elasmobranchii (Nome comum: tubarões, raias e cações.); 9: Osteichthyes; 10: Sarcopterygii; 11: Actinistia (Nome comum: celacanto); 12: Choanata; 13: Dipnoi (peixes pulmonados); 14: Tetrapoda; 15: Amphibia (Lissamphibia. Nome comum: sapos, rãs, pererecas, salamandras, tritões, cecílias); 16: Amniota; 17: Synapsida (Mammalia); 18: Sauropsida; 19: Testudines (Nome comum: tartarugas, cágados); 20: Diapsida; 21: Lepidosauromorpha (Lepidosauria); 22: Squamata (Nome comum: anfisbenas, lagartos e cobras); 23: Sphenodontida = Rhynchocephalia (Tuatara); 24: Archosauromorpha; 25: Aves ; 26: Crocodylia (Nome comum: crocodilos, jacarés); 27: Actinopterygii; 28: Cladistia (Nome comum: bichirs); 29: Actinopterygii; 30: Chondrostei; 31: Acipenseroidi (Nome comum: esturjões); 32: Polyodontoidi (Peixes-espátula.); 33: Neopterygii; 34: Ginglymodi (Nome comum: gars); 35: Halecostomi; 36: Halecomorpha (Nome comum: bowfin.); 37: Teleostei.



Fonte: Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2009. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (06/2009).

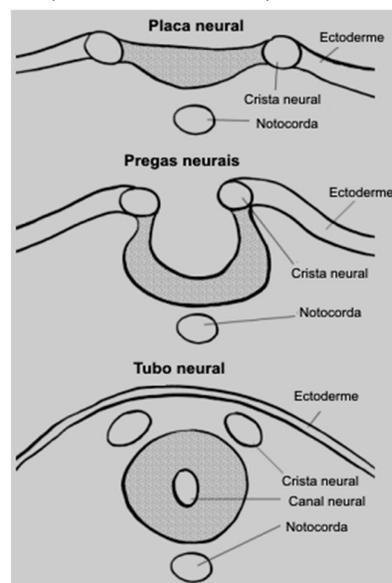
## 1.2 VERTEBRATA

Grupo bastante diversificado, que inclui desde os peixes conhecidos como lampreias até os mamíferos. O esqueleto dos vertebrados pode ser cartilaginoso ou ósseo, sendo composto por um eixo principal - a coluna vertebral e o crânio. O táxon Vertebrata *inclui todos os craniados exceto as feiticeiras* e são definidos, principalmente, como o próprio nome do grupo indica, pela presença de elementos vertebrais.

Os vertebrados atuais são agrupados em dois grandes táxons: **Hyperoartia** (lampreias) e **Gnathostomata** (vertebrados com maxilas). Além dos grupos vivos de vertebrados, existe um conjunto de táxons fósseis, que nas classificações tradicionais (Tabela 01) aparecem agrupados como Ostracodermos (o nome foi dado em função do exoesqueleto ósseo presente na maioria). Os “ostracodermos” viveram do Ordoviciano (cerca de 480 milhões de anos atrás) até o final do Devoniano (cerca de 370 milhões de anos atrás) e suas relações de parentesco ainda não são bem resolvidas.

Uma inovação evolutiva compartilhada (*sinapomorfia*) dos vertebrados é a presença de células embrionárias especiais que formam a **crista neural**. Essas células diferenciam-se juntamente com a formação do tubo neural a partir do ectoderma do embrião (Figura 8). As células da crista neural têm a capacidade de migrar pelo corpo, dando origem a diversos tipos celulares, como, por exemplo, as células pigmentares da pele. Considera-se hoje que o passo definitivo na origem dos vertebrados tenha sido a evolução das células da crista neural.

**Figura 8 – Desenho esquemático do corpo e estruturas de um cefalocordado, o anfioxo. 1 - gânglio cerebral; 2 – notocorda; 3 - nervo dorsal; 4 – “nadadeira” caudal; 5 – ânus; 6 - tubo digestivo; 7 - sistema circulatório; 8 - poro abdominal; 9 - sulco supra-faríngeo; 10 - abertura branquial; 11 – faringe; 12 - lacuna bucal; 13 – cirros bucais; 14 - abertura bucal; 15 – gônadas; 16 – fotorreceptor; 17 – nervos; 18 – “nadadeira”; 19 - ceco hepático.**



Fonte: Ilustração modificada por André Castro, a partir de [http://www.med.umich.edu/lrc/coursepages/M1/embryology/embryo/images/neural\\_crest\\_and\\_notocord.gif](http://www.med.umich.edu/lrc/coursepages/M1/embryology/embryo/images/neural_crest_and_notocord.gif).

## Vertebrados

**Tabela 1 – Táxons de vertebrados, segundo as classificações tradicionais e cladística**

Exemplo de classificação <i>tradicional</i> – vertebrados atuais	Exemplo de classificação <i>filogenética</i> – craniados + vertebrados atuais
Subfilo Vertebrata (vertebrados)	Craniata (craniados)
Classe Agnatha (vertebrados sem maxilas)	Hyperotreti (feiticeiras)
Subclasse Myxinoidea (feiticeiras)	Vertebrata (vertebrados)
Subclasse Cephalaspidomorpha	Hyperoartia (lampreias)
Ordem Petromyzontia (lampreias)	Gnathostomata (vertebrados com maxilas)
Classe Placodermi (placodermos)	Placodermi (placodermos)
Classe Chondrichthyes (peixes cartilagosos)	Eugnathostomata (maxilas com suporte dado pelo arco hioideo)
Subclasse Elasmobranchii (tubarões e raias)	Chondrichthyes (peixes cartilagosos)
Subclasse Holocephali (quimeras)	Elasmobranchii (tubarões e raias)
Classe Osteichthyes (peixes ósseos)	Holocephali (quimeras)
Subclasse Actinopterygii (peixes com nadadeiras raiadas)	Teleostomi (acantódios, peixes ósseos e tetrápodes)
Infraclasse Chondrostei (esturjões, peixes-espátula)	Osteichthyes (peixes ósseos e tetrápodes)
Infraclasse Neopterygii (“gars”, “bowfins” e teleósteos)	Actinopterygii (peixes com nadadeiras raiadas)
Subclasse Sarcopterygii (peixes de nadadeiras lobadas)	Chondrostei (esturjões, peixes-espátula)
Infraclasse Actinistia (celacantos)	Neopterygii (“gars”, “bowfins” e teleósteos)
Infraclasse Dipnoi (peixes pulmonados)	Sarcopterygii (peixes de nadadeiras lobadas e tetrápodes)
Classe Amphibia (anfíbios)	Actinistia (celacantos)
Subclasse Lissamphibia	Táxon não-nomeado
Ordem Apoda ou Gymnophiona (anfíbios sem membros locomotores, conhecidos como cecílias)	Dipnoi (peixes pulmonados)
Ordem Anura (sapos, rãs e pererecas)	Tetrapoda (vertebrados com quatro membros locomotores)
Ordem Caudata ou Urodela (salamandras e tritões)	Amphibia
Classe Reptilia (répteis)	Apoda (anfíbios sem membros locomotores)
Subclasse Testudinata (tartarugas)	Batrachia (salamandras e sapos)
Subclasse Diapsida	Amniota (amniotos)
Infraclasse Lepidosauria (tuatara, lagartos e cobras)	Mammalia (mamíferos)
Infraclasse Archosauria	Reptilomorpha (répteis)
Ordem Crocódilia (crocodilianos)	Testudinata (tartarugas)
Classe Aves (aves)	Diapsida (diapsídeos)
Classe Mammalia (mamíferos)	Lepidosauria (tuatara, lagartos e cobras)
	Archosauria
	Crocódilia (crocodilianos)
	Aves (aves)

**Fonte: tabela elaborada por Irecê Maria de Lucena Rosa**

**SAIBA MAIS!!!**

Alguns autores consideram um grupo ainda pouco conhecido de fósseis, denominados coletivamente de **conodontes**, como parte dos Craniata e dos Vertebrata. Os conodontes são conhecidos principalmente a partir da descrição de pequenos dentes de apatita que foram descobertos por paleontólogos. A apatita é um mineral semelhante em composição ao dos dentes e ossos dos vertebrados. As reconstruções feitas pelos estudiosos mostram os Conodontes como animais possuidores de um corpo alongado, músculos em forma de V, olhos e dentes.

## UNIDADE 6 CONHECENDO OS PEIXES

### 1. DEFINIÇÃO E PRINCIPAIS LINHAGENS

O termo peixes refere-se a um grupo de vertebrados aquáticos, com respiração predominantemente branquial e corpo geralmente hidrodinâmico. Nas classificações tradicionais esses animais eram agrupados na Classe Pisces. A Classe Pisces, porém, não constitui um grupo natural e, por esta razão, deixou de ser utilizada nas classificações. Quando dizemos que a Classe Pisces não representa um grupo natural é porque não existe uma característica compartilhada derivada (sinapomorfia) que defina os peixes como um todo e que seja capaz de separá-los dos demais vertebrados.

Os peixes formam o grupo mais numeroso e mais diversificado entre os vertebrados. Apresentam tamanhos e formas variados e toleram grandes variações de temperatura, sendo que algumas espécies podem sobreviver em fontes termais de 42° C enquanto outras podem viver em ambientes com temperaturas próximas a do congelamento.

Suas principais linhagens co-existiram no período Devoniano (cerca de 400 milhões de anos atrás). A enorme diversidade de peixes tal como conhecemos hoje, com grande variedade de formas, cores, dimensões e estratégias de vida, passou por diversas fases, durante as quais continentes e clima se modificavam, ao mesmo tempo em que ocorriam extinções em massa e transformações profundas da fauna e flora que moldaram a face do planeta.

O antepassado mais antigo dos peixes parece ter sido um pequeno animal de corpo vermiforme, conhecido cientificamente como *Pikaia*. Este animal proveniente do período *Cambriano* médio (540 a 510 milhões de anos) já possuía algumas das características únicas dos vertebrados.

Dois agrupamentos serão abordados nesta seção: agnatos (peixes sem maxilas) e Gnathostomata (vertebrados com maxilas).

### 2. AGNATOS ATUAIS

Embora apresentada nas classificações tradicionais como Classe ou Superclasse Agnatha, atualmente é considerada como um grupo não-monofilético. Deve-se registrar, entretanto, que algumas análises genéticas recentes sugerem que os agnatos atuais (representados pelas lampreias e feiticeiras) formam como monofilético.

#### 2.1 HYPEROTRETI (MYXINOIDEA): PEIXES-BRUXAS OU FEITICEIRAS

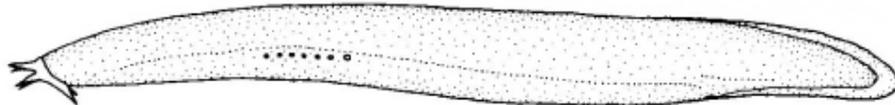
Figura 9 – Desenho de *Eptatretus minor*, um membro de Hyperotreti.



Fonte: Figura modificada de <http://en.wikipedia.org/wiki/Myxini>

As feiticeiras (Figura 9 e 10) são classificadas entre os **animais craniados**. Ocorrem em ambientes marinhos, em águas frias ou temperadas, onde vivem sobre o substrato (fundos lodosos). Alimentam-se principalmente de peixes mortos ou doentes, sendo também predadoras ativas de invertebrados bentônicos. A pele das feiticeiras é desprovida de escamas e apresenta lateralmente uma série de glândulas de muco bastante grandes, formadas por longas células filamentosas. Essas glândulas mucosas secretam grandes quantidades de muco e filamentos espiralados protéicos densos, que em contato com a água do mar enrijecem, se entrelaçando e retendo o muco mais fluido que envolve o corpo da feiticeira.

**Figura 10 – Ilustração de uma feiticeira.**



Fonte: [wikimedia.org/wikipedia/commons/](http://wikimedia.org/wikipedia/commons/)

O crânio das feiticeiras é incompleto, sendo o cérebro está protegido apenas por uma bainha fibrosa. Os olhos são desprovidos de cristalino ou musculatura. A boca é rodeada por dois pares de tentáculos e armada interiormente com uma placa de cartilagem com dois dentes em forma de pente, uma "língua-raspadora". O corpo das feiticeiras é reforçado internamente por um conjunto de barras de cartilagem, assim como a cabeça, os tentáculos bucais, o canal nasofaríngeo, a "língua" e a "nadadeira" caudal.

A água entra na faringe através de um "canal nasofaríngeo" localizado no lado esquerdo do corpo e com abertura na parte anterior da cabeça, passa pelo órgão olfativo médio e daí segue para a câmara branquial. As feiticeiras apresentam entre um e 16 pares de fendas branquiais. O sistema circulatório é formado por vários corações venosos, mas sem inervação e o tecido do pâncreas encontra-se disperso no celoma.

As fêmeas produzem 20-30 ovos com 20-25 mm de diâmetro, providos de uma casca córnea e com um grupo de filamentos cada extremidade. O desenvolvimento é direto.

Com base no formato circular da boca, os peixes-bruxa e as lampreias foram tradicionalmente reunidos em um grupo à parte, denominado Cylostomata (nome que significa boca circular). Atualmente, porém, a maioria dos autores não considera esse grupo como monofilético. De acordo com estudos recentes, o táxon ao qual pertencem os peixes-bruxa (Hyperotreti) é considerado como grupo irmão dos vertebrados.

### FIQUE DE OLHO!!!



Algumas espécies de feiticeiras encontram-se ameaçadas pela pesca excessiva. São capturadas por causa da sua pele forte e macia, que é vendida no mercado internacional como "pele-de-enguia".

## 2.2 HYPEROARTIA (PETROMYZONTIDA): LAMPREIAS

As **lampreias** são peixes de corpo cilíndrico (Figura 11) e desprovidos de maxilas, com ampla distribuição geográfica, exceto nos trópicos e nas regiões polares mais extremas. As maiores espécies alcançam 1 m, enquanto as menores alcançam no máximo 25 cm. Habitam ambientes de água doce ou são anádromas (se desenvolvem até a forma adulta no mar, mas reproduzem em água doce). Conforme mostrado na Figura abaixo, uma característica conspícua das lampreias é a boca, transformada numa ventosa circular, reforçada por um anel de cartilagem e dotada de uma *língua raspadora* igualmente cartilaginosa. Algumas espécies são parasitas e usam a ventosa bucal para se prender ao corpo de um outro vertebrado (Figura 12), onde raspam uma ferida no tegumento do hospedeiro utilizando a *língua-raspadora*. A língua é protusível (*pode ser projetada para frente*) e recoberta por dentículos córneos; estas duas características permitem ao mesmo tempo uma fixação segura e uma rápida abrasão do tegumento do hospedeiro.

**Figura 11 – Ilustração de uma lampréia marinha.**



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Lampréia>

**Figura 12 – Boca de uma lampréia.**



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Lampréia>

As lampreias não possuem um esqueleto mineralizado, mas encontram-se regiões de cartilagem calcificada no seu endoesqueleto. O crânio é composto por placas cartilaginosas, como o das mixinas, mas é mais complexo e inclui uma verdadeira caixa craniana onde está alojado o cérebro. A coluna vertebral é formada basicamente pela notocorda, porém existem pequenos reforços de cartilagem, denominadas arcuálias (vértebras rudimentares). Por apresentarem elementos vertebrais, as lampreias são consideradas como *vertebrados*.

No topo da cabeça das lampreias existe uma estrutura foto-sensível, conhecida como *olho pineal*, à frente do qual se posiciona uma única abertura nasal, denominada *abertura nasohipofisial*. Os olhos são relativamente grandes, dotados de cristalino, mas não possuem *músculos oculares intrínsecos*, encontrados nos demais vertebrados. Por trás dos olhos abrem-se sete fendas branquiais. A câmara branquial é reforçada externamente por um *cesto branquial* cartilaginoso, inexistindo verdadeiros arcos branquiais.

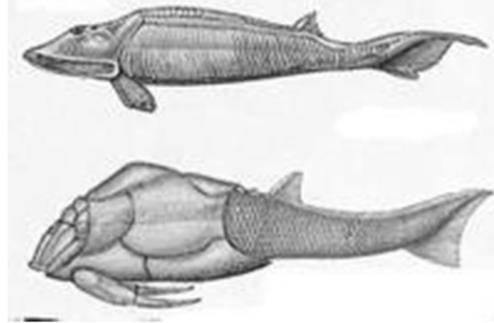
Durante a reprodução, são produzidos de centenas a milhares de ovos, com cerca de um milímetro de diâmetro e desprovido de revestimento especializado. O desenvolvimento nas lampreias é indireto e sua larva é denominada *amocete*. Os amocetes não possuem ventosa e se alimentam capturando pequenas partículas orgânicas em uma fita de muco produzida na faringe.

## 2.3 AGNATOS FÓSSEIS “OSTRACODERMOS”

Este grupo extinto de agnatos de ambientes marinhos não é reconhecido como sendo um grupo monofilético. Os registros fósseis indicam que os ostracodermos eram animais pequenos, geralmente não ultrapassando 30 cm de comprimento e que apresentavam o corpo revestido por

uma armadura óssea (Figura 13). Cinco grupos principais são reconhecidos como ostracodermos: heterostráceos, osteostráceos, galeáspidos, anáspidos e telodontes.

**Figura 13 – Ilustração de um ostracodermo (Cephalaspidomorphi).**



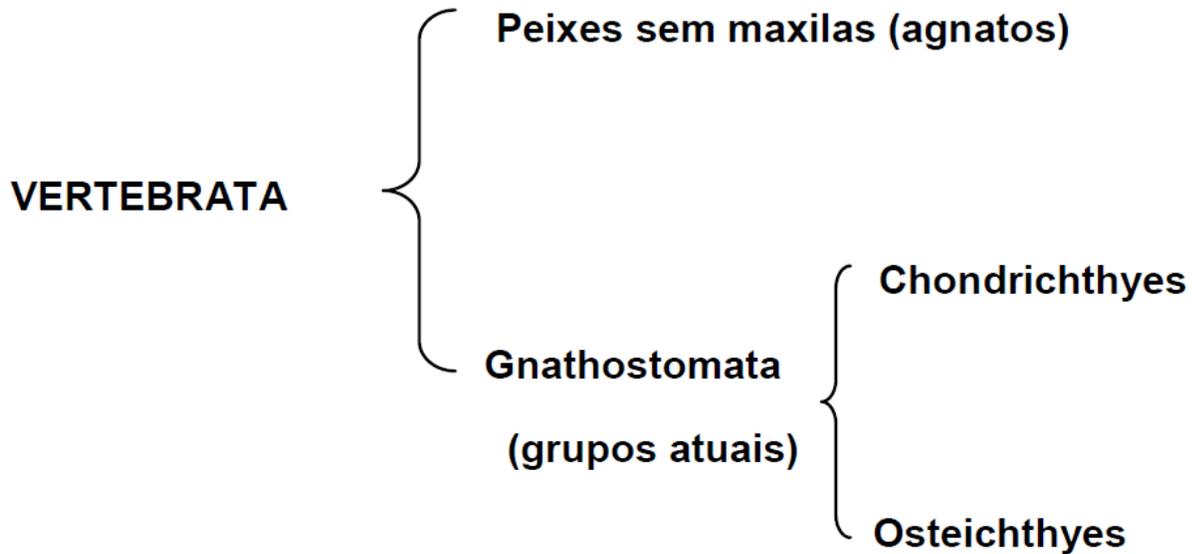
**Fonte:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Fossil\\_Agnatha](http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Fossil_Agnatha)

Essencialmente por não possuírem maxilas, os ostracodermos foram considerados durante muito tempo como ancestrais ou como proximamente relacionados às feiticeiras e lampreias. Porém, estudos mais recentes sugerem que os ostracodermos sejam mais próximos dos gnatostomados (vertebrados com maxilas) do que as formas atuais de agnatos (peixes-bruxa e lampreias). Desta forma, são muito importantes para o entendimento de como os caracteres definidores dos gnatostomados surgiram.

**UNIDADE 7**  
**GNATOSTOMADOS**

**1. APRESENTAÇÃO**

Deste ponto em diante, estaremos tratando de grupo de vertebrados com maxilas, denominados coletivamente de **gnatostomados**. Um esquema simplificado da classificação dos gnatostomados é mostrado abaixo.



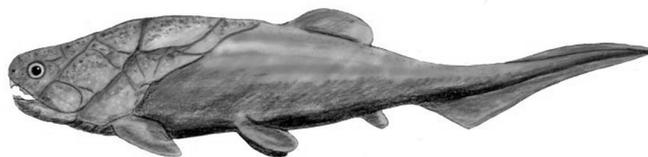
A presença de uma estrutura mordedora vertical (maxilas) separa os gnatostomados dos craniados e dos “agnatos”. Entre os gnatostomados recentes estão os tubarões, raias, peixes de nadadeiras raiadas e os vertebrados terrestres.

O surgimento das maxilas representa uma das inovações dos passos mais importantes na evolução dos vertebrados. A partir do surgimento dessa estrutura, os vertebrados experimentaram uma grande expansão nos seus modos de alimentação, particularmente no que se refere à predação.

Juntamente com as maxilas, estabelece-se no padrão estrutural dos vertebrados a presença de dois pares de nadadeiras (peitoral e pélvico) sustentadas por elementos esqueléticos internos (cintura peitoral e pélvica, respectivamente) e uma série de outras características que são sinapomorfias do grupo.

## 1.1 PLACODERMI: PLACODERMOS

Figura 14 – Ilustração de *Coccosteus cuspidatus*, um representante de Placodermi.



Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Coccosteus\\_BW.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Coccosteus_BW.jpg)

Os **placodermos** (Figura 14) foram o grupo dominante de vertebrados durante o período Devoniano. São caracterizados pela presença de uma armadura óssea consistindo de um escudo na região da cabeça e de um escudo torácico; neste último, as placas formam um anel completo em volta do corpo. O restante do corpo, porém, era desprovido de armadura ou, em alguns casos, revestido por pequenas escamas.

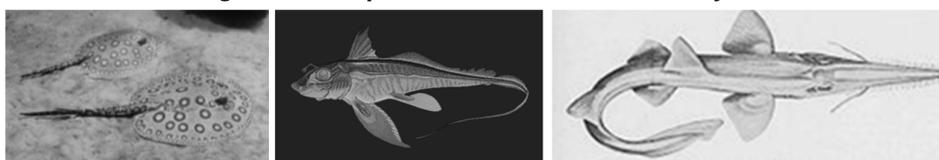
Na parte dorsal da armadura de muitos placodermos havia uma articulação (localizada entre a região da cabeça e do início do tronco), cujo papel parece ter sido o de permitir que a cabeça se movesse para cima, ao mesmo tempo em que a maxila se movia para baixo, aumentando assim a área de abertura da boca.

Atualmente, os placodermos são posicionados como o grupo mais basal dos Gnathostomata. Em outras palavras, eles são considerados o grupo-irmão (*grupo filogeneticamente mais próximo*) dos demais gnathostomados. Evidências fósseis revelam a ocorrência de fecundação interna e viviparidade no grupo.

## 2. CONHECENDO OS EUGNATHOSTOMATA

### 2.1 CHONDRICHTHYES (CHONDROS, CARTILAGEM E ICHTHYOS, PEIXE)

Figura 15 – Representantes de Chondrichthyes.



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Chondrichthyes>, com modificações

O táxon **Chondrichthyes** inclui tubarões, raias e quimeras (Figura 15). A maior parte das espécies do grupo é marinha, porém algumas entram em águas estuarinas. Uma família de raias vive em água doce. Tendo em vista a morfologia conservativa e o esqueleto cartilaginoso, os Chondrichthyes foram tratados durante muito tempo como peixes primitivos. Na verdade, o tecido e o osso e a cartilagem têm aproximadamente a mesma idade na escala evolutiva, e fósseis mais antigos de vertebrados apresentam ambos os tipos de tecido esquelético.

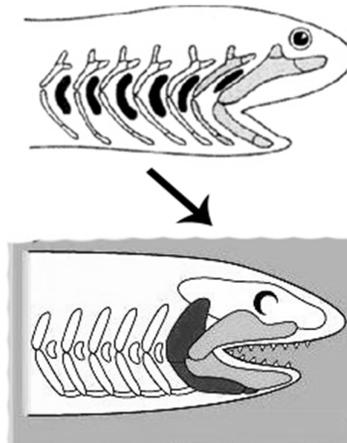
Apesar de constituírem um grupo bem menor em número de espécies do que os peixes ósseos, os Chondrichthyes apresentam uma grande diversidade de especializações, particularmente em relação à biologia sensorial, alimentar e reprodutiva. Neste grupo, observa-se uma combinação das seguintes características: diminuição da densidade corporal; grande eficiência natatória (veja Quadro 3, por exemplo); capacidade de predação bastante desenvolvida;

mecanismo peculiar de osmorregulação; elaboradas estruturas de percepção sensorial, e diversas estratégias reprodutivas.

Algumas características dos Chondrichthyes são: pele coberta por escamas placoides; 5-7 pares de brânquias com fendas expostas e separadas; sistema de eletro-recepção bem desenvolvido. Neste grupo, as maxilas diferem do tipo encontrado nos placodermos, pela presença de uma articulação entre a cartilagem do osso palato-quadrado e o crânio, mediada pelo elemento dorsal do arco hioideo.

A Figura 16 mostra o papel assumido pelo segundo arco branquial (hioideo), que se desloca para frente e passa a funcionar como uma “braçadeira”, dando suporte ao primeiro arco.

**Figura 16 – Papel do hioideo (cinza escuro) no apoio às maxilas (cinza claro).**



Fonte: Figura modificada a partir de:

[http://123.55.252.122:8040/boneroom.51.net/gdw/Agnatha\\_gnathostomata.gif?MT=1230145357](http://123.55.252.122:8040/boneroom.51.net/gdw/Agnatha_gnathostomata.gif?MT=1230145357) e  
<http://universe-review.ca/110-82-gill.jpg>.

### QUADRO 3: VIVENDO NO MEIO AQUÁTICO

A água é cerca de 800 vezes mais densa que o ar, estando os vertebrados aquáticos próximos de uma flutuação neutra em relação ao meio em que vivem. Isto significa que o esqueleto dos vertebrados aquáticos não precisa resistir à força da gravidade.

Não obstante, os tecidos do corpo (especialmente músculos e ossos) são mais densos que a água e os animais aquáticos contrabalançam aquele peso através de tecidos mais leves (bexigas natatórias, pulmões ou fígados repletos de óleo) para atingir uma flutuação neutra e conseguem manter precisamente sua posição na água através de ajustes das nadadeiras peitorais e da caudal.

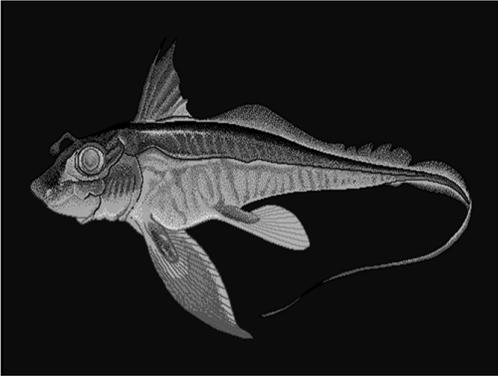
Vantagens da bexiga natatória: **1.** Gás é muito leve, logo apenas um pequeno volume de estocagem é necessário; opção de força, pois pode compensar tecidos mais densos e fortes; **2.** oferece ajustes rápidos para alimento mais pesado ou leve e mudanças na reprodução (ex., ovos flutuantes); **3.** sem relação com estocagem de energia; **4.** Controle bastante preciso, de modo que o peixe pode ser perfeitamente neutro quanto à flutuação; **5.** abre um número de estratégias de predação, como por exemplo, emboscada; **6.** peixe pode ficar parado e evitar predadores de tocaia; **7.** Todas as forças geradas na água podem ser canalizadas para propulsão e para manobrar o corpo (grande economia de energia); **8.** Nadadeiras não precisam funcionar como hidroplanos rígidos, o que resulta em um controle preciso da posição do corpo; **9.** a bexiga

natatória pode ser modificada para funcionar como órgão de detecção de pressão, produtor ou detector de sons.

Deslocamentos na água geram forças contrárias, que precisam ser vencidas. O corpo hidrodinâmico dos animais aquáticos ajuda a minimizar a energia gasta nos deslocamentos. A respiração na água geralmente é feita por brânquias ou através da pele (anfíbios). A água é menos transparente que o ar e a visão é, frequentemente, limitada a curtas distâncias, mas a densidade e a condutividade elétrica tornam os sentidos elétrico e mecânico eficazes. Exemplos são a linha lateral e a criação de campos elétricos na água, para detectar a presença de presas ou predadores.

Animais aquáticos constantemente ganham ou perdem íons para o meio circundante e os peixes apresentam soluções diferentes se manter em equilíbrio com o meio. Geralmente este equilíbrio é obtido por meio do controle da entrada ou saída de água, mas alguns peixes, como os Chondrichthyes, acumulam ureia no corpo para aumentar a concentração de sais.

## CONHECENDO A CLASSIFICAÇÃO DOS CHONDRICHTHYES

<b>Chordata</b>	<p><b>Figura 17 – Representantes de Elasmobranchii</b></p>  <p><b>Fonte:</b> <a href="http://pt.wikipedia.org/wiki/Chondrichthyes">http://pt.wikipedia.org/wiki/Chondrichthyes</a>, com modificações</p>
<b>Vertebrata</b>	
<b>Gnathostomata</b>	
<b>Eugnathostomata</b>	
<b>Chondrichthyes</b> (Cerca de 850 espécies; cerca de 30 de água doce)	
<p><b>Elasmobranchii</b> (tubarões e raias) (Figura 17)</p> <p><b>Algumas sinapomorfias do Grupo:</b>  Hipobranquiais dirigidos posteriormente;  Ducto endolinfático ligando o ouvido interno ao meio externo; Linha lateral ramificada na região da cabeça; Ampolas de Lorenzini; Suspensão anafistílica das maxilas; palatoquadrado ligado ao condrocrânio em vários pontos dando pouca mobilidade.</p>	
<p><b>Holocephali</b> (quimera) (Figura 18)</p> <p><b>Algumas Sinapomorfias do grupo:</b>  Arcos branquiais situados ventralmente à caixa craniana; Opérculo membranoso; Cartilagem do palatoquadrado fundida à caixa craniana (suspensão autostílica).</p>	<p><b>Figura 18 – Representante de Holocephali</b></p>  <p><b>Fonte:</b>  <a href="http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/pictures/Holocephali.html">http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/pictures/Holocephali.html</a></p>

Abaixo, apresentamos uma síntese dos grupos já estudados e destacamos os que serão abordados a seguir. Os três táxons em destaque, Acanthodii, Actinopterygii e Sarcopterygii englobam o restante da diversidade dos vertebrados.

Juntos, eles formam o táxon **Teleostomi** (Tabela 2), que inclui os peixes ósseos e os vertebrados terrestres (tetrápodes).

- Chordata
- Craniata
- Hyperotreti
- Hyperoartia
- Vertebrata
- †Conodonta (?)

- †Pteraspidomorphi
- †Anaspida
- †Thelodonti
- †Osteostracomorphi (possível grupo-irmão dos Gnathostomata)
- Gnathostomata
- †Placodermi
- Eugnathostomata
- Class Chondrichthyes

- †Class Acanthodii
- Class Actinopterygii
- Class Sarcopterygii (inclui celacantos, peixes pulmonados e tetrápodes)

TELEOSTOMI = Acanthodii + Osteichthyes (Actinopterygii + Sarcopterygii)

**Tabela 2 – Resumo das sinapomorfias dos grupos considerados até o momento no capítulo. O símbolo † indica grupos fósseis.**

<b>Deuterostomata</b>	Deuterostomia (ânus origina-se no blastóporo; mesoderme origina-se por enterocelia (mesoderme surge do arquêntero); Celoma tripartido (procele, mesocele e metacele), formado por enterocelia
<b>Cyrtotreta</b> (Hemichordata + Chordata)	Fendas faríngeas
<b>Chordata</b> (Urochordata + Notochordata)	Presença de notocorda em alguma fase do desenvolvimento ontogenético; tubo nervoso dorsal oco; cauda pós-anal; musculatura associada à cauda; presença de endóstilo
<b>Craniata</b> (Myxiniiformes + Vertebrata)	Encéfalo protegido por um crânio; cápsula ótica com dois canais sensoriais; suporte branquial endoesquelético; duplicação dos complexos de genes "homeobox" (estruturantes); diferenciação dos nervos cranianos; olhos complexos com musculatura associada; maior desenvolvimento da musculatura axial
<b>Vertebrata</b> (Petromyzontiiformes + Gnathostomata)	Ossos dérmicos; presença de arcualia ou primórdios cartilaginosos das vértebras; sistema da linha lateral; dois canais semicirculares verticais no labirinto; nadadeiras sustentadas por raios dérmicos; crista neural; segunda duplicação dos complexos de genes "homeobox" *
<b>Gnathostomata</b> (Placodermi + Chondrichthyes + Teleostomi)	Presença de maxilas; camada de mielina; 3º Canal semicircular horizontal; aberturas nasais pares; septo horizontal dividindo o tronco em musculatura hipoaxial e epixial; nadadeiras pares.
<b>Chondrichthyes</b> (Cladoselache† + Holocephali + Hybodus† + Elasmobranchii)	Cláspes nos machos; cartilagem prismática calcificada no endoesqueleto; elementos basais e radiais nas nadadeiras; presença de dentículos dérmicos ou escamas placoides

Vertebrados

<b>Elasmobranchii</b>	Hipobranquiais direcionados posteriormente; ducto endolinfático ligando o ouvido interno ao meio externo; linha lateral ramificada na região da cabeça; ampolas de Lorenzini; suspensão anfistílica das maxilas (palatoquadrado ligado ao condrocrânio em vários pontos dando pouca mobilidade)
<b>Holocephali</b>	Arcos branquiais situados ventralmente à caixa craniana; opérculo membranoso; cartilagem do palatoquadrado fundida à caixa craniana (suspensão autostílica).
<b>Teleostomi</b> (Acanthodii† + Osteichthyes)	Opérculo ósseo; raios branquiostegais
<b>Euteleostomi</b> ou <b>Osteichthyes</b> (Actinopterygii + Sarcopeterygii)	Ossificação endocondral do esqueleto; presença de um divertículo no tubo digestivo que dá origem ao pulmão ou bexiga natatória; lepidotríquia como elemento de suporte das nadadeiras
<b>Teleostei</b>	Presença de uroneurais (elemento componente do esqueleto da nadadeira caudal)
<b>Actinopterygii</b> (Polypteriformes + Actinopteri)	Escamas ganóides com processo anterodorsal; dentes recobertos por acrodina (capa de tecido duro mineralizado); presença de uma única nadadeira dorsal; nadadeiras raiadas
<b>Sarcopterygii</b> (Actinistia + Dipnoi + Tetrapoda)	Articulação monobasal do esqueleto das nadadeiras pares; presença de esmalte prismático verdadeiro em todo o dente; nadadeiras pares lobadas

Fonte: Adaptado de <http://www.ib.usp.br/~biz212/sinapo.html>

## UNIDADE 8 TELEOSTOMI

### 1. CONHECENDO A DIVERSIDADE

#### 1.1 †ACANTHODII

Os acantódios eram peixes alongados com cauda heterocerca, olhos grandes localizados bem à frente da cabeça. Existiram do início do Siluriano até o início do Permiano e são conhecidos fósseis tanto de água doce quanto de ambientes marinhos. O tamanho máximo atingido pelos representantes do grupo é estimado em 2,5 m, embora a maioria não atinja 20 cm de comprimento.

Possuíam nadadeiras pares com uma base larga, escamas de forma romboide, ossos dérmicos, ossificação pericondral, mas não endocondral; suas maxilas eram formadas pelo palato-quadrado e cartilagem de Meckel, ambas calcificadas ou com ossificação pericondral; a notocorda geralmente persistente; embora alguns representantes do grupo alguns apresentassem ossificação na coluna vertebral, no geral a notocorda permanecia como eixo de sustentação do corpo.

**A característica que dá nome ao grupo é a presença de espinhos rígidos à frente das nadadeiras dorsal, anal e nas pareadas** (até seis pares de espinhos entre as peitorais e pélvicas em algumas formas).

O posicionamento dos Acanthodii como grupo-irmão dos Osteíctes é justificado por três sinapomorfias: estruturas branquiais livres do septo interbranquial; presença de opérculo ósseo e de raios rranquiostegais

#### 1.2 PEIXES ÓSSEOS ATUAIS E VERTEBRADOS TERRESTRES

Os peixes ósseos constituem um elo fundamental para o entendimento acerca da origem e evolução dos animais terrestres. Foi neste grupo de peixes que surgiu um divertículo esofágico (*bexiga natatória*), capaz de regular a flutuabilidade ou de funcionar como um pulmão – inovação evolutiva que possibilitou a colonização do ambiente terrestre. Associado a essa característica, ocorreu também uma maior flexibilidade do esqueleto, que permitiu o aparecimento de diferentes estilos de alimentação e natação.

A grande diversificação dos peixes teve início no período *Devoniano* (cerca de 400 milhões de anos atrás). As transformações ocorridas permitiram o aparecimento da atual diversidade de formas, tamanhos, cores e modos de vida.

Figura 27 - Dragão-marinho (Syngnathidae)



Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Phyllopteryx\\_taeniolatus1.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Phyllopteryx_taeniolatus1.jpg)

### Peixes ósseos



Esquerda: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2f/Redtoothed\\_triggerfish.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2f/Redtoothed_triggerfish.jpg)

Direita: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Canthigaster\\_valentini\\_1.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Canthigaster_valentini_1.jpg)

Exemplos de peixes que podem ser encontrados na costa Brasileira. *Stegastes* sp. (peixe-donzela), acima, e *Holacanthus ciliaries* (peixe-anjo).



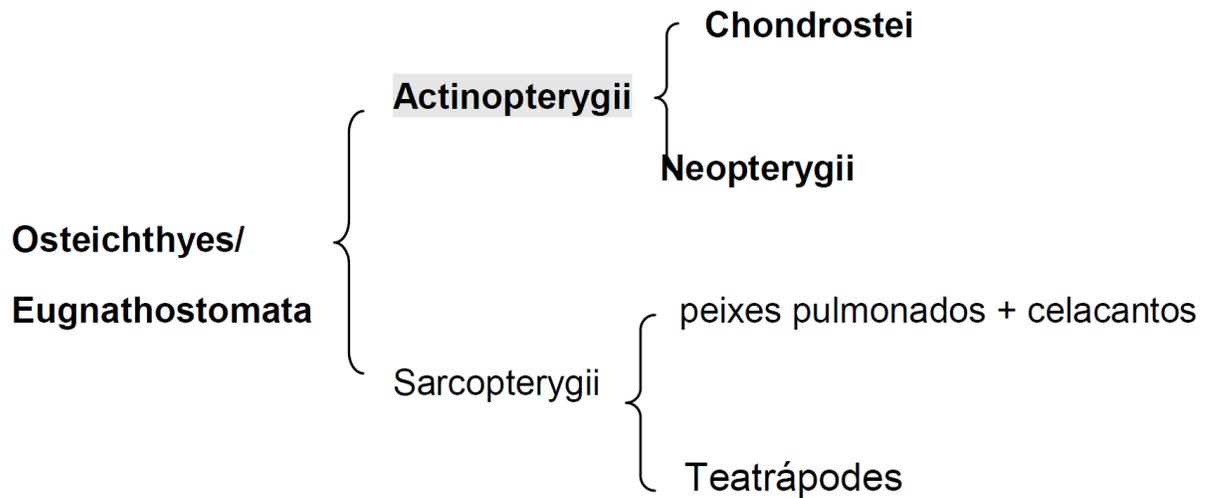
Crédito das fotos: Cláudio L. S. Sampaio

## 2. OSTEICHTHYES / EUTELEOSTOMI

Inovações evolutivas dos Osteichthyes: padrão diferenciado de ossos dérmicos na região da cabeça, incluindo ossos localizados na margem da boca, providos de dentes; padrão diferenciado de ossificação dos ossos dérmicos da cintura peitoral; presença de raios (*lepidotríquios*) dando suporte às nadadeiras; diferenciação dos músculos da região branquial; presença de pulmão ou bexiga natatória; inserção mediana do músculo mandibular na maxila inferior (mandíbula).

## 2.1. ACTINOPTERYGII

Figura 19 – Esquema resumindo a classificação de Osteichthyes, enfatizando Actinopterygii.



Fonte: Irecê Maria de Lucena Rosa

Os Actinopterygii (Figura 19) tem nadadeiras pares em forma de leque, sustentadas por raios. Os actinopterígeos são divididos em dois táxons: Chondrostei e Neopterygii, este último incluindo a maioria das cerca de 27.000 espécies atuais do grupo.

Características dos Actinopterygii incluem: escamas predominantemente cicloides ou ctenóides (ou ausentes em vários grupos); ossos radiais das nadadeiras peitorais conectados ao complexo escapulo-coracóideo (exceto em Polypteriformes); osso interopérculo e raios branquiostegais geralmente presentes.

### Uma classificação dos Actinopterygii é apresentada a seguir

(todas as ilustrações obtidas de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Actinopterygii>):

#### CLASSE ACTINOPTERYGII

##### Subclasse Chondrostei

Ordem Acipenseriformes: Acipenseridae (esturjões, 24 espécies, áreas costeiras e água doce

Polyodontidae (Peixe-espátula, 2 espécies, água doce)



Ordem (subclasse?) Polypteriformes (Cladistia): Polypteridae (bichirs e reedfish, 11 espécies, água doce)



##### Subclasse (Infraclasse) Neopterygii

## Vertebrados

Ordem Semionotiformes (Lepisosteiformes): Lepisosteidae (gars, 7 espécies, água doce e salobra)



Ordem Amiiformes: Amiidae (bowfin, 1 espécie, água doce)



### Divisão TELEOSTEI

Ordens † - Pholidophoriformes, Leptolepidiformes, Tselfatiformes

Subdivisão Osteoglossomorpha

Ordem †: Ichthyodectiformes

Ordem Osteoglossiformes - 6 famílias, 29 gêneros, cerca de 217 sp. Ex. Pirarucu



### Subdivisão Elopomorpha

Ordem Elopiformes (2 famílias, 2 gêneros, marinhos/primariamente marinhos. Ex. Tarpon)



Ordem Albuliformes (3 famílias, 8 gêneros, 29 sp. Ex. *Albula*)



Ordem Anguilliformes (15 famílias, 141 gêneros, cerca de 738 sp. Ex. Moréias)



### Subdivisão Clupeomorpha

Ordem † - Ellimichthyiformes

Ordem Clupeiformes (ex. Sardinhas)



### Subdivisão EUTELEOSTEI

Superordem Ostariophysi



Superordem "Protacanthopterygii"

Superordem Scopelomorpha

Superordem Paracanthopterygii

**Superordem Acanthopterygii** (inclui o maior número de espécies atuais)



## 2.2 SARCOPTERYGII

Os **sarcopterígeos** incluem os peixes considerados como representantes dos antepassados dos anfíbios e todos os tetrápodes. Os representantes do táxon possuem as nadadeiras pares sustentadas por um eixo central; externamente, estas têm um aspecto lobado. Publicações recentes consideram os Dipnoi (peixes pulmonados) como sendo o grupo mais próximo filogeneticamente dos tetrápodes, embora existam hipóteses diferentes sobre o assunto.

Os membros locomotores de tetrápodes evoluíram a partir de nadadeiras pares de sarcopterígeos. Todos os elementos esqueléticos dos membros locomotores dos tetrápodes são de origem mesodérmica, bem como os elementos cartilaginosos das nadadeiras dos peixes. Raios das nadadeiras, por sua vez, derivam-se da crista neural. Um mecanismo proposto para a evolução seria a supressão do componente da crista neural (raios) e elaboração de um componente mesodérmico do qual os dedos se originaram.

Classificação simplificada dos Sarcopterygii, incluindo apenas grupos com representantes atuais.

### **Celacantos - Coelacanthimorpha (Actinistia)**

Ordem Coelacanthiformes



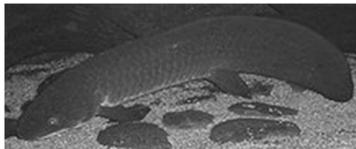
Possuem uma fina camada de osso por sobre os espinhos vertebrais e raios das nadadeiras, o que dá nome ao grupo (espinhos ocos = celacanto).

Os Celacantos são altamente eletro-sensitivos, detectam correntes fracas através de uma série de orifícios e tubos chamados órgão rostral.

Possuem uma notocorda sem constrição e não ossificada, modificada como um tubo elástico; nadadeiras peitorais, pélvicas, anal e segunda dorsal carnosas, lobadas; Nadadeira caudal dificerca, com um lobo epicaudal; duas placas gulares sob a mandíbula e uma articulação intracranial (aumenta a abertura bucal); e ainda escamas cosmóides relativamente grossas e ósseas (osso compacto + osso esponjoso + cosmina -semelhante à dentina- + queratina como camada mais externa).

Os Celacantos recentes vivem em cavernas entre 180 e 250 m, e à noite chegam até 500 m onde se alimentam de pequenos peixes, por um mecanismo de inalação-sucção.

### **Peixes pulmonados (Dipnoi) - Dipnotetrapodomorpha (Onychodontida + Rhipidistia)**



Uma característica dos pulmonados é a quantidade e localização das placas dentárias, presentes apenas nos ossos internos com vômer, pterigoides e pré-articular. Aparentemente funcionam para quebrar moluscos, insetos aquáticos e crustáceos.

Existem três famílias atuais: citadas abaixo mostram uma gradação de tolerância à dessecação sazonal.

Ceratodontidae (Austrália): Mais próximo anatomicamente das formas ancestrais: corpo grande (até 112 cm), grandes escamas cicloides por todo o corpo, caudal dificerca. Alimenta-se no fim da tarde e é ativo à noite. Faz respiração aérea facultativa, e talvez seu órgão respiratório (ímpar) funcione mais hidrosticamente. Respiração cutânea ocorre pelo menos nos jovens. Depositam os ovos sobre plantas aquáticas, e desova se dá aos pares com deposição de 50 a 100 ovos por desova. Sem qualquer guarda parental do ninho. Sem estágios larvais aparentes ou metamorfose distinta. Os jovens nascem sem brânquias externas.

Lepidosirenidae (América do Sul): O gênero mais recentemente derivado da família. Surpreendentemente, muito pouco se conhece da sua biologia. Possui brânquias reduzidas e fazem respiração aérea obrigatória (pulmões pareados). Quando jovens, a respiração aérea não é obrigatória - poderia torná-los mais vulneráveis à predação.

Protopteridae (África): Apresentam estivação em casulo de lama. Um buraco vertical de até 25 cm é construído, e o animal se enrosca com sua cabeça apontando para cima e secreta muco,

que seca e forma um casulo. O peixe entra em estado de dormência, por 7 ou 8 meses (experimentalmente até 4 anos). Durante a estivação fazem respiração aérea (pulmões pareados), baixam os batimentos cardíacos, retêm altas concentrações de ureia e outros metabólitos nos tecidos, metabolizam proteínas e perdem peso. Com as chuvas, emergem e retomam as atividades, que incluem canibalismo de pulmonados menores. Constroem ninhos e os ovos são guardados por um dos parentais.

## ALIMENTAÇÃO E REPRODUÇÃO NOS PEIXES

Os peixes apresentam uma notável variedade de modos de alimentação e reprodução.

De acordo com o hábito alimentar, podem ser classificados, de modo amplo, como: detritívoros; herbívoros; carnívoros e onívoros. Dentro dessas categorias, podem ser subdivididos em: eurípagos (utilizam um amplo espectro de itens alimentares); estenófagos (baixo espectro de itens alimentares); monófagos (utilizam um único tipo de item alimentar).

Frequentemente, há correlação entre o tipo de alimento consumido, a forma do corpo e do aparelho digestivo. Exemplo: intestinos mais longos e com maiores superfícies de área, tipificam espécies que se alimentam de detritos/algas, e ingerem uma alta porcentagem de material indigerível, como areia, celulose ou lama. Carnívoros tendem a ter intestinos mais curtos, tanto quanto maior for o tipo de presa utilizada. Além disso, estruturas da cavidade buco-faríngea frequentemente estão correlacionadas com o tipo de alimento e com o hábito alimentar. Exemplos: dentição; rastros alimentares especializados.

A digestão se dá por ação enzimática, e, em muitos casos, por secreções ácidas do tubo digestivo (estômago: protease com pH ótimo de 2-4; ácido hidrocloreto); influenciada pela temperatura, e estimulada por distensão do estômago.

No meio alcalino do intestino, ocorre a secreção da enzima tripsina, secretada pelo tecido pancreático (difuso, ao redor do intestino e fígado, ou em um órgão compacto). O pâncreas parece ser também o principal local de carboidrases e lipases

A maioria dos peixes é dioica (sexos separados), embora também ocorra o hermafroditismo e, mais raramente, a partenogênese. Gônadas (ovários e testículos) são tipicamente estruturas pareadas, suspensas por mesentérios através do teto da cavidade corporal.

No geral, durante a reprodução os testículos apresentam-se esbranquiçados, lisos e não perfazem mais que 12% do peso total do animal. Ovários, por sua vez, apresentam-se como estruturas grandes, amareladas, granulares, que chegam a perfazer de 30 a 70% do peso do peixe.

Embora os testículos sejam semelhantes entre grupos, o caminho tomado pelos espermatozoides pode variar bastante. Exemplo: em lampréias, feiticéias e salmões os espermatozoides são lançados diretamente na cavidade do corpo e saem através de poro(s) abdominal(is); nos Chondrichthyes o esperma passa através de um ducto que é compartilhado com os rins, e pode ser estocado em um vesícula seminal; em teleosteos, geralmente existem ductos espermáticos separados.

Externamente, é difícil reconhecer o sexo dos peixes. Os peixes que fazem desova coletiva raramente têm dimorfismo (*morfologia diferenciada entre machos e fêmeas*), mas nas formas com fecundação interna o dimorfismo pode ser marcante. Estruturas para fecundação interna são o gonopódio encontrado em um grupo de peixes ósseos e o cláspere encontrado nos Chondrichthyes. Além dessas estruturas, a separação morfológica entre os sexos pode se dar pelo dimorfismo de tamanho ou colorido, ou pela presença de características como as “corcundas” desenvolvidas nos salmões.

Os peixes apresentam uma grande diversidade de modos reprodutivos, dentre os quais: desovadores pelágicos ou bentônicos; escondedores de ovos; desovadores em ninho; carregadores internos (fecundação interna).

### 3. PASSAGEM DO MEIO AQUÁTICO PARA O MEIO TERRESTRE

#### 3.1. TETRAPODA

Atualmente considera-se que os primeiros tetrápodes evoluíram em ambientes rasos e pantanosos de água doce, no final do período Devoniano. Por volta do final do Devoniano, plantas terrestres haviam estabilizado os ambientes de água doce, com teias alimentares cada vez mais complexas. Existem evidências que sugerem que foi em ambientes de águas salobras, lagoas costeiras e banhados rasos que surgiram os primeiros tetrápodes.

Sinapomorfias do grupo são: apêndices locomotores pares (pélvicos e peitorais) distintos e porção proximal dos apêndices com osso único e dois ossos na porção distal.

#### 3.2 TÉTRAPODOS NÃO-AMNIOTOS

Do final do período Devoniano até o início do Cretáceo, tetrápodes anamniotos diversificaram-se em uma grande variedade de formas aquáticas e terrestres. Tetrápodes anamniotos são aqueles cujos ovos estão protegidos pela água e não possuem anexos embrionários como o alantoide, sendo essa uma das características que os separa dos vertebrados amniotas.

Tetrápodes anamniotos são frequentemente denominados de anfíbios, os quais tradicionalmente eram agrupados em três Subclasses: Labyrinthodontia, Lepospondyli e Lissamphibia. Entretanto, parte das características utilizadas para a definição desses grupos eram primitivas, ou seja, simplesiomorfias. Existe um certo consenso entre pesquisadores de dois grupos de tetrápodes anamniotos viveram durante o Paleozoico: Temnospondyli (predominantemente aquáticos) e “anthracosaura” (mais terrestres e possíveis ancestrais dos tetrápodes amniotos). As relações filogenéticas desses grupos ainda são controversas.

Atualmente, considera-se que o termo anfíbios deve ser utilizado apenas para as formas atuais do grupo: os sapos, rãs e pererecas, salamandras e tritões e cobras-cegas ou cecílias (Figura 20). Essas formas viventes são agrupadas sob o táxon Lissamphibia.

**Figura 20 – Representantes de Amphibia (Lissamphibia e grupos basais fósseis). Da esquerda para direita: uma salamandra, uma rã e uma cecília.**



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Amphibia>

##### 3.2.1. LISSAMPHIBIA

**Lissamphibia** integra todos os anfíbios viventes. Inclui as salamandras (mais de 500 espécies), rãs, sapos e pererecas (cerca de 4.800 espécies) e cobras-cegas ou cecílias (aproximadamente 165 espécies). O grupo é praticamente limitado à água doce, sendo predominante em regiões tropicais de clima úmido. Os adultos de todas as espécies de anfíbios

são carnívoros e, relativamente poucas, especializações morfológicas estão associadas com hábitos alimentares diferentes dentro de cada grupo.

São sinapomorfias do grupo: pele úmida e permeável; *dentição pedicelada* – dentes constituídos por uma coroa e uma base de dentina, entre as quais se situa uma área estreita sem dentina ou tecido conectivo fibroso; “*papila amphibiorum*” - área sensorial localizada no ouvido, sensível a frequências abaixo de 1.000 hertz (ciclos por segundo); *bastonetes verdes* – tipo especial de célula da retina; glândulas de veneno na pele; *complexo opérculo-columela* – dois ossos envolvidos na transmissão de sons para o ouvido interno.

As três linhagens de anfíbios viventes apresentam uma forma de corpo bem diferente entre elas, porém pertencem a um grupo monofilético. A pele úmida dos anfíbios é fundamental para muitos aspectos da vida desses animais. A evaporação de água pela pele limita a atividade da maioria dos anfíbios a microambientes relativamente úmidos. A pele contém glândulas que produzem substâncias usadas durante os comportamentos reprodutivos, bem como outros tipos de glândulas, que produzem substâncias tóxicas.

Estudos de fósseis sugerem que o grupo teria evoluído a partir de um ramo dos peixes de nadadeiras lobadas (Sarcopterygii) e servido de ancestral para os répteis, além de ser o primeiro grupo vertebrado a ocupar o ambiente terrestre. Em relação aos peixes, os anfíbios possuem maior independência da água, contudo ainda não representam seres verdadeiramente terrestres, tendo a necessidade de viver em locais úmidos mesmo quando adultos.

No geral, os anfíbios caracterizam-se por possuir quatro membros locomotores, evoluídos a partir de nadadeiras peitorais e pélvicas dos peixes (perdidos secundariamente nas cecílias). A pele é glandular, a respiração branquial, pulmonar ou cutânea (*através da pele*). O coração possui três câmaras (dois átrios e um ventrículo). A fecundação pode ser interna ou externa; os ovos são desprovidos de casca e recobertos com uma série de camadas gelatinosas. Nesta fase, excretam amônia.

A circulação nos anfíbios é fechada, dupla (há o circuito corpóreo e o circuito pulmonar) e incompleta (já que há mistura do sangue venoso e arterial no coração). O seu sistema excretor apresenta rins mesonéfricos que são ligados por ureteres à bexiga, que por sua vez está ligada à cloaca. Com relação aos órgãos dos sentidos, apresentam boa visão, com exceção das cobras-cegas, e tato em toda superfície corporal. O seu sistema olfativo apresenta narinas e os órgãos de Jacobson, no teto da cavidade nasal. Em sua língua se encontram botões gustativos.

Na fase larval, a maioria das espécies de anfíbios vive exclusivamente em ambiente aquático dulcícola, possui cauda e realiza respiração branquial. Esta fase se completa com a metamorfose do anfíbio, que lhe permitirá sair do ambiente aquático e fazer parte do ambiente terrestre.

Na fase adulta, a dependência da água é superada parcialmente e os animais podem deixar a água e viver em ambiente terrestre. Apesar de pulmonados, os anfíbios realizam a respiração cutânea como complemento à respiração pulmonar. Para tanto possuem a pele bastante vascularizada e úmida. Nesta fase, os anfíbios excretam ureia.

Os anfíbios viventes pertencem a uma de três ordens – Anura[@] (rãs, incluindo sapos), Caudata ou Urodela (salamandras, incluindo tritões) e Gymnophiona ou Apoda. As relações de parentesco de cada uma das ordens reconhecidas são ainda controversa, mas Lissamphibia é reconhecido como um grupo monofilético. Quanto à locomoção, os anuros são, em sua maioria, saltadores, as salamandras caminham e as cobras-cegas arrastam-se por contrações musculares. Na água são nadadores, sendo que quando na fase larval utilizam a cauda e quando adultas, as

Vertebrados

rãs utilizam as patas, que possuem membranas interdigitais. Pererecas apresentam discos adesivos nos dedos.

**Exemplos de anfíbios que podem ser encontrados no Estado da Paraíba. *Scinax* sp. (perereca) e *Physalaemus* sp. (rã-cachorro).**



**Crédito das fotos: Washington Vieira**

**Anura.**



**Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Caerulea3\\_crop.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Caerulea3_crop.jpg)**

Os seguintes grupos são incluídos em Lissamphibia:

**Ordem Urodela (Caudata) – salamandras e tritões.**

A maior diversidade do grupo se encontra na América do Norte. O corpo dos urodelos tem forma alongada e praticamente todas as espécies possuem quatro membros locomotores funcionais. Seu modo de locomoção possivelmente é semelhante ao dos primeiros tetrápodes.

Pedomorfose (*retenção de características larvais na fase adulta*) é bastante comum entre as salamandras. Algumas das características larvais retidas pelos adultos são brânquias externas, linha lateral funcional e ausência de pálpebras.



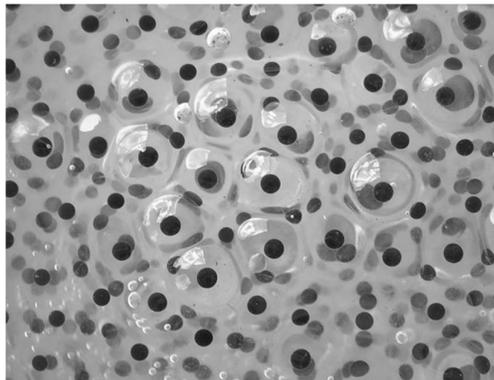
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Salamandra\\_salamandra\\_CZ.JPG](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Salamandra_salamandra_CZ.JPG)

### Ordem Anura – sapos, rãs e pererecas:

É o grupo com maior número de espécies; tem ampla distribuição geográfica, sendo encontrado em todos os continentes, exceto a Antártica. A característica mais marcante do corpo dos anuros são as especializações para o salto e diversas modificações estão associadas a esse tipo de locomoção: as patas traseiras são alongadas e a tíbia e a fíbula são fusionadas; a pélvis é reforçada e as vértebras posteriores são fusionadas, constituindo uma única estrutura, o uróstilo. A coluna vertebral é curta, com 5-9 vértebras pré-sacrais. Os membros anteriores são fortes e a cintura peitoral absorve impactos. Os olhos são grandes e posicionados bem à frente da cabeça (visão binocular).

O ciclo de vida dos anuros é composto por quatro etapas principais: ovo (Figura 21), girino (Figura 22, corpo tipicamente ovalado e dotado de uma longa cauda), metamorfose e adultos. A dependência por um ambiente aquático para as fases de ovo e girino dá origem a uma variedade de comportamentos reprodutivos, que incluem vocalizações de acasalamento e o cuidado parental. As mudanças morfológicas da fase larval até a fase adulta são estimuladas por ação hormonal.

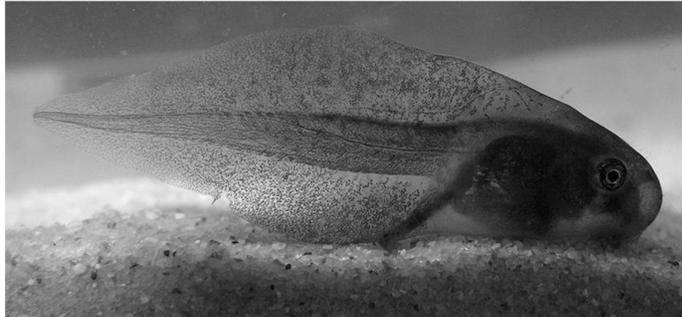
**Figura 21 - Desova de Anura.**



Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Frogspawn\\_closeup.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Frogspawn_closeup.jpg)

Alterações morfológicas relacionadas à **metamorfose** (Figura 23), embora também presentes nos urodelos, são mais marcantes nos anuros, sendo observáveis em quase todas as partes do corpo do animal. Enquanto nos girinos a boca é pequena e adaptada à alimentação por filtração e maceração de algas, nos adultos a boca é grande e o animal, predador. O intestino longo dos girinos, característico de vertebrados herbívoros modifica-se em um intestino curto de carnívoro; a respiração deixa de ser feita por meio de brânquias e se torna pulmonar.

Figura 22 - Girino.



Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Haswell%27s\\_Frog\\_-\\_Paracrinia\\_haswelli\\_tadpole.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Haswell%27s_Frog_-_Paracrinia_haswelli_tadpole.jpg)  
metamorfose é geralmente dividida em três períodos básicos:

1 - **Fase pré-metamórfica**: a larva aumenta de tamanho, com pouca mudança na forma; a característica dessa fase é o surgimento das patas, entre as quais as posteriores são visíveis.

2 - **Fase pró-metamórfica**: acelera o crescimento das patas e prossegue o crescimento do corpo.

3 - **Clímax da metamorfose**: as patas anteriores tornam-se visíveis, a cauda regride e o animal apresenta-se com o aspecto estrutural básico de um indivíduo adulto.

Figura 23 - Exemplos de etapas do desenvolvimento em Anura.



Imagens editadas a partir de [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Frog\\_spawn\\_time-lapse.gif](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Frog_spawn_time-lapse.gif)

### **Ordem Gymnophiona (Apoda) – cecílias ou cobras-cegas:**

É o grupo menos conhecido de anfíbios. Engloba cerca de 180 espécies que se enterram ou vivem em ambientes aquáticos de regiões tropicais. Os olhos são recobertos e algumas espécies não possuem olhos. O corpo é circundado por dobras dérmicas bem visíveis. Outra característica do grupo é a presença de um par de tentáculos, localizados de cada lado do focinho, entre o olho e a narina.

**Gymnophiona.**

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Caecilian.jpg>

### 3.3 TÉTRAPODOS AMNIOTOS: DEFINIÇÃO

Os amniotas são um grupo de vertebrados terrestres que incluem os mamíferos (Synapsida) e os sauropsídeos (répteis e dinossauros, incluindo as aves). Os representantes deste grupo compartilham uma inovação evolutiva de fundamental importância para a vida no ambiente terrestre: o ovo amniótico.

**Exemplos de répteis que podem ser encontrados no Estado da Paraíba.**



**À esquerda: *Micrurus ibiboboca* (cobra-coral verdadeira); à direita: *Vanzosaura rubricauda* (calanguinho-do-rabo-vermelho).**

**Crédito das fotos: Washington Vieira**

O ovo amniótico (Figura 24) é responsável pelo suprimento alimentar do embrião em desenvolvimento e por sua proteção contra danos e dessecação. Ao mesmo tempo possibilita obter oxigênio, e desfazer-se dos produtos nitrogenados. Estas funções são levadas a cabo por uma série de membranas embrionárias e pela casca. O vitelo (gema) é cercado por uma membrana, atravessada por abundante rede de vasos sanguíneos, que transporta o material alimentar ao embrião, na medida em que este o necessite. A rígida casca do ovo fornece a sustentação necessária para o embrião em desenvolvimento e a massa de vitelo. Poros especiais na casca permitem a passagem de Oxigênio, assimilado e transportado ao embrião, por meio de vasos sanguíneos de uma membrana, chamada córion, situada logo abaixo da casca. Outra membrana, o âmnion, encerra o embrião em um saco de líquido, evitando compressão contra a casca ou submersão no vitelo (gema). O embrião também necessita de água, fornecida pelo

## Vertebrados

albumen, ou “clara”, do ovo. Por fim, a longa permanência no interior do ovo significa que o embrião acumulará grande quantidade de produtos nitrogenados, que são armazenados em outra membrana, o alantoide. Ao emergir da protetora casca do ovo, em um avançado estágio de desenvolvimento, o filhote está relativamente apto para cuidar de si mesmo.

**Figura 24 - Filhote de tartaruga saindo do ovo.**



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Tortoise-Hatchling.jpg>

Embora reconhecido como uma sinapomorfia de amniota, a origem do ovo amniótico é desconhecida. Apesar desta falta de evidência, três espécies de amniotos iniciais são reconhecidas do Carbonífero: *Westlothiana*, *Hylonomus* e *Paleothyris*. A interpretação desses três vertebrados de pequeno porte como amniotos se baseia na presença de algumas características anatômicas, distintas dos seus ancestrais anfíbios. Exemplos são: ossos dérmicos na superfície ventral do crânio; redução do tamanho da cabeça em relação ao tamanho do corpo; ossos astrágalo e calcâneo no tornozelo.

As características que diferem os amniotos dos tetrápodes anamniotos são ainda mais numerosas do que as listadas acima e em suma refletem adaptações a um estilo de vida terrestre que cada vez mais se tornava independente da água. A partir de mudanças nas condições ambientais para um clima mais seco, o aparecimento de novos nichos terrestres (como florestas) ou outros fatores evolutivos, surgiram modificações que levaram à evolução dos amniotos. A habilidade dos ancestrais dos amniotos em se deslocar no ambiente terrestre requereu modificações no esqueleto para sustentação do peso do corpo.

### 3.3.1 AMNIOTA : CLASSIFICAÇÃO

Figura 25. Esquerda: réptil. Foto: Washington Vieira. Centro: ave. Foto: Helder Pereira de Araújo. Direita: peixe-boi.



Fonte: <http://www.pi.gov.br/impressao.php?id=35955>

A classificação tradicional para vertebrados amniotos (Figura 25) coloca os crocodilos na Classe Reptilia, junto com os lagartos, devido principalmente ao fato de serem muito semelhantes, deixando de lado a informação filogenética. Esse tipo de classificação é artificial. Os estudos de filogenia realizados, por outro lado, propõem que os crocodilos e as aves compartilham um ancestral comum. Ao posicionar crocodilos e aves em um único táxon, Archosauria, a classificação reflete corretamente a informação das análises filogenéticas. A tradicional Classe Reptilia, portanto, não representa um grupo natural, constituindo apenas uma parte dos amniotos.

#### **Abaixo apresentamos uma classificação resumida dos Amniota:**

##### **Série Amniota**

Classe Synapsida

Classe Mammalia (mamíferos)

Classe Sauropsida

Subclasse Anapsida (tartarugas)

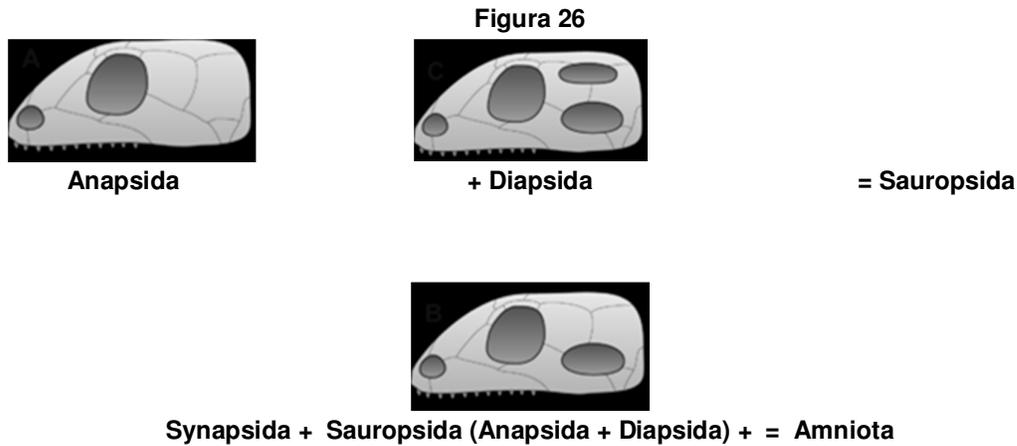
Classe Diapsida

Infraclasse Lepidosauromorpha (tuatara, lagartos, cobras)

Infraclasse Archosauromorpha

Divisão Archosauria (crocodilos e aves)

Os principais grupos de amniotas podem ser distinguidos por padrões diferentes de fenestração temporal (Figura 26) – orifício no crânio que reflete o aumento da complexidade da musculatura mandibular. O padrão anapsida é aquele em que o crânio não apresenta fenestra; o crânio diapsida apresenta duas fenestras na região da têmpora, enquanto o tipo synapsida apenas uma.



Aproximadamente 330-340 milhões de anos atrás um grupo anamniota se diversificou e deu origem aos primeiros amniotas. Estes eram semelhantes a (não implicando que fossem) lagartos e logo alguns de seus grupos começaram a se diferenciar dos demais. Surgiram então dois ramos distintos, um deles ancestral dos mamíferos (e sinapsidas “não-mamíferos”). O outro ramo dividiu-se em mais dois novos ramos: (a) um contendo diapsidas chamados lepidossauros (que inclui as tuataras, cobras e lagartos modernos e talvez os reptéis marinhos do Mesozoico) e arcossauros (crocodilos e dinossauros, da qual também as aves fazem parte); e (b) outro contendo os anapsidas (vários grupos extintos e as tartaturas).



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Alligator.jpg>

A linhagem dos Synapsida foi o primeiro grupo de amniotas a diversificar amplamente em habitats terrestres. O nome *sinapsida* significa “um arco” e se refere à presença de uma abertura na região temporal do crânio em posição inferior. Esta abertura situa-se entre os ossos esquamosal, pós-orbital, jugal e quadrado-jugal. Tem como grupo irmão o clado chamado Sauropsida.

Um anápsido é um amniota cujo crânio não tem fenestras temporais (aberturas) junto às têmporas. Os primeiros répteis são categorizados como anapsídeos, tendo um crânio sólido, sem fenestras. Alguns pesquisadores sugerem que as tartarugas constituem os anapsídeos sobreviventes, já que eles compartilham essa estrutura de crânio, mas essa informação é contestada por alguns autores. Possível grupo irmão: Diapsida.

**Tartaruga-de-Galápagos.**

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Harriet.jpg>

O nome *diapsida* significa “dois arcos” e se refere à presença de duas aberturas, uma superior e outra inferior, na região temporal do crânio. Mas distintiva que essas aberturas, é a morfologia dos ossos que formam o arco que as separam. O arco temporal superior é composto por um osso pós-orbital e um osso esquamosal tridentados. O arco temporal inferior é formado pelos ossos jugal e quadradojugal. Além das duas aberturas temporais, os Diapsida mais derivados possuem uma abertura suborbital de cada lado da cabeça, em posição rostral ao olho, e a presença dessa abertura modifica as relações entre os ossos do palato e da região lateral do crânio. Além destas características, os Diapsida apresentam o rádio relativamente longo, maior do que 70% do comprimento do úmero e o esterno ossificado.

Os Lepidosauria formam juntamente com o seu grupo irmão Archosauria, a linhagem dos Diapsida. Os Diapsida constituem o grupo mais rico em espécies dos reptilianos, incluídas as aves.

## UNIDADE 9 AVES



[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Parus\\_major\\_3\\_\(Marek\\_Szczepanek\).jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Parus_major_3_(Marek_Szczepanek).jpg)

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Little\\_gulls.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Little_gulls.jpg)

### 1. DEFINIÇÃO E DIVERSIDADE

As aves descendem de répteis e pertencem à linhagem dos **Archosauria**. A hipótese mais aceita é que as aves descendem de dinossauros bípedes do grupo dos **Saurischia**. O *Archaeopteryx* é o mais antigo fóssil conhecido de ave e data de aproximadamente 140 milhões de anos atrás; esse animal era um pouco maior que uma pomba e possuía cauda longa, além de dentes, dedos individualizados com garras e, como característica mais marcante, penas do corpo e penas de voo assimétricas (indícios de que esse animal era capaz de voar).

**Figura 38. Fóssil de Archaeopteryx, depositado no Museu de Berlim, Alemanha**



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Naturkundemuseum\\_Berlin\\_-\\_Archaeopteryx\\_-\\_Eichst%C3%A4tt\\_edit2.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Naturkundemuseum_Berlin_-_Archaeopteryx_-_Eichst%C3%A4tt_edit2.jpg)

O conjunto de todas as penas de uma ave é chamado de plumagem e o processo de substituição das penas é conhecido como muda. As penas das aves que vivem na água são impermeabilizadas através de um óleo lubrificante que elas próprias produzem em uma glândula denominada uropigean (localizada próxima à cauda) e espalham com o bico.

As tectrizes são penas pequenas e revestem o corpo, enquanto que a penugem, situada por baixo, forma uma camada que fornece isolamento térmico adicional. As penas destinadas ao voo são longas e rijas, existindo dois tipos: penas de cauda ou rectrizes, que são frequentemente simétricas, e penas da asa ou remiges, que têm um formato irregular.

As **penas** ou **plumas** são constituídas pelo **Cálamo** (ponta oca que fica enterrada na pele da ave); Raque (parte central o "eixo da pena"); **Barbas** ("raminhos" das penas, que estão presos à raque); **Bárbulas** (pequenas ramificações das barbas).

Além de possuírem penas (presentes em outros grupos de dinossauros), as aves apresentam apêndices peitorais em forma de asas, ossos pneumáticos (presentes em pterossauros e alguns dinossauros), crânio diapsida modificado (avidiapsida), com fenestras temporais unidas às órbitas. Uma outra característica desses animais é a presença da fúrcula (osso da sorte) formada pela fusão das clavículas e interclavícula.

Cabe aqui um comentário sobre uma curiosidade: dizer que os dinossauros foram extintos é questionável do ponto de vista evolutivo, pois as aves nada mais são do que um grupo de Dinosauria.

## 1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

As aves são animais bípedes, homeotérmicos, ovíparos, caracterizados principalmente por possuírem os apêndices locomotores anteriores modificados em asas, bico córneo e ossos pneumáticos. Variam muito em tamanho, dos minúsculos beija-flores a espécies de grande porte, como a avestruz e a ema. Apesar da variação no tamanho do corpo, as aves formam um grupo morfologicamente peculiar e uniforme dentro dos tetrápodes (Tetrapoda) atuais.

**Avestruz, ave não-voadora.**



**Fonte:**

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Avestruz.jpg>

**Representante da Ordem Passeriformes.**

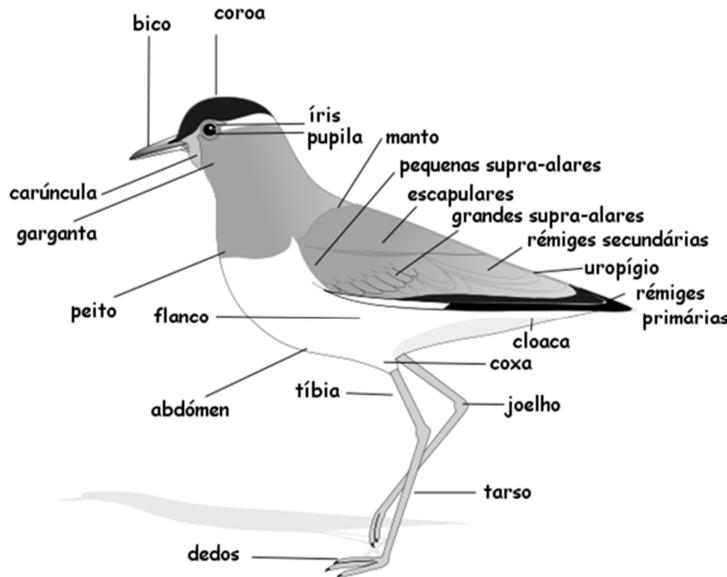


**Fonte:**

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Landsvale.jpg>

Distinguem-se facilmente de outros grupos animais e, apesar do grande número de espécies e adaptações das mais variadas para diferentes nichos ecológicos, o grupo como um todo mantém sua morfologia bastante semelhante (Figura 39, diferentemente, por exemplo, dos mamíferos). Entre as características morfológicas de grande importância ecológica e evolutiva, estão o formato do bico e dos pés e a proporção área alar e o tamanho corporal.

**Figura 39 - Desenho esquemático de uma ave, evidenciando características morfológicas.**



<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Birdmorphology-PT.svg>

Enquanto a maioria das aves tem a capacidade de voar, as ratitas não podem voar ou apresentam voo limitado, Figura 40. Muitas outras espécies, particularmente as que habitam ilhas, também perderam essa habilidade. Entre as aves não-voadoras estão o pinguim e o avestruz.

**Figura 40. Exemplos de aves não-voadoras**



Fonte: Modificado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ratites.PNG>

## 1.2 ORIGEM DO VOO:

- **Hipótese arbórea:**

Defensores: “ornitólogos” da escola sistemática tradicional.

Ancestral - animal arborícola que planava de uma árvore para outra.

Ancestrais das aves: arcosauros basais.

Sequência **hipotética** de formas de transição entre os répteis e as aves modernas, segundo a hipótese arbórea.

- **Hipótese terrestre:**

“Mais aceita” atualmente.

Defensores: “dinosaurólogos” da escola filogenética (cladística).

O ancestral seria um bípede carnívoro / insetívoro.

Ancestrais das aves: dinossauros maniraptores.

- ✓ Estágios intermediários: dinossauros cursoriais com penas
- ✓ Sequência **hipotética** de formas de transição entre os dinossauros e as aves modernas, segundo a hipótese terrestre

### 1.3 ADAPTAÇÕES AO VOO

Entre as características essenciais que permitiram o voo, estão a endotermia; o desenvolvimento das penas e de ossos pneumáticos; perda, atrofia ou fusão de ossos e órgãos; desenvolvimento de um sistema de sacos aéreos; postura de ovos; presença de quilha, expansão do osso esterno, na qual se prendem os músculos que movimentam as asas; ausência de bexiga urinária; ausência de dentes; corpo leve e aerodinâmico.

As penas, consideradas como diagnóstico das aves atuais, estão presentes em outros grupos de dinossauros. Estudos apontam que a origem das penas se deu a partir de modificações das escamas dos répteis, tornando-se cada vez mais diferenciadas, complexas e, posteriormente, vieram a possibilitar os voos planado e batido. Acredita-se que as penas teriam sido preservadas na evolução por seu valor adaptativo, ao auxiliar no controle térmico dos dinossauros – uma hipótese que aponta para o surgimento da endotermia já em grupos mais basais de Dinosauria (com relação às aves) e paralelamente com a aquisição da mesma característica por répteis Synapsida, que deram origem aos mamíferos.

Os ossos pneumáticos também são encontrados em outros grupos de répteis. Apesar de serem ocos (sendo “não-maciços” um termo mais apropriado), são muito resistentes.

Características ósseas relacionadas à adaptação ao voo são: diminuição do crânio, sendo este composto por ossos completamente fusionados no estágio adulto; rostrum (mandíbula + maxilar) leve, podendo ser “oco” (p. ex. em tucanos, Ramphastidae) e coberto por uma camada córnea, a ranfoteca; forame magno direcionado posteriormente, facilitando a posição “horizontal” da ave (quando em voo); diminuição do número de vértebras, em especial no sinsacrum (fusão de vértebras e outros ossos da cintura pélvica) e pigóstilo (vértebras caudais fusionadas); tarsos (mãos) com grande fusão de ossos, sendo que atualmente só se observam três dedos; fusão das clavículas formando a fúrcula (conhecido popularmente como “osso da sorte”), como adaptação ao fechamento dos órgãos dentro de uma caixa óssea; costelas dotadas de um processo uncinar (projeção óssea posteriormente direcionada de modo a fixar uma costela com a costela imediatamente atrás), também uma adaptação ao fechamento; prolongamento do osso esterno e

desenvolvimento da carena ou quilha esternal, sendo que, o primeiro também é uma adaptação à formação da caixa óssea e o segundo uma adaptação para a implantação dos músculos do voo, necessariamente fortes; fusão de ossos nas pernas (apêndices locomotores posteriores) formando a tíbia-tarso e tarso-metatarso.

Quanto a outros órgãos, as aves perderam os dentes (redução do peso total do animal) e a bexiga, e a grande maioria dos grupos de aves perdeu o ovário direito. O sistema de sacos aéreos funciona em conjunto com o sistema respiratório (por isso a respiração em aves é diferente dos outros grupos de tetrápodes). Ainda tem função de diminuir a densidade do animal, facilitando o voo e a natação (no caso de aves que mergulham). Todas essas características já são observadas em outros grupos de répteis, em especial nos Dinosauria.

## 2. CLASSIFICAÇÃO

Classe Aves

Subclasse Saurirae

Infraclasse Archaeornithes - primeiras aves (*Archaeopteryx* e *Confuciornis*) com várias características reptilianas, maxilas com dentes.

2 Ordens extintas

Infraclasse Enantiornithes - aves dominantes no Mesozoico maxilas com dentes (ex.: *Sinornis*)

7 Ordens extintas

Subclasse Ornithurae

Infraclasse Odontornithes - aves marinhas sem asas (ex.: *Hesperornis*), que possuíam dentes.

1 Ordem extinta

**Infraclasse Neornithes - aves amodernas**

Superordem Paleognathae - aves com palato “primitivo”, a maioria não voa (ex.: kiwi e ema)

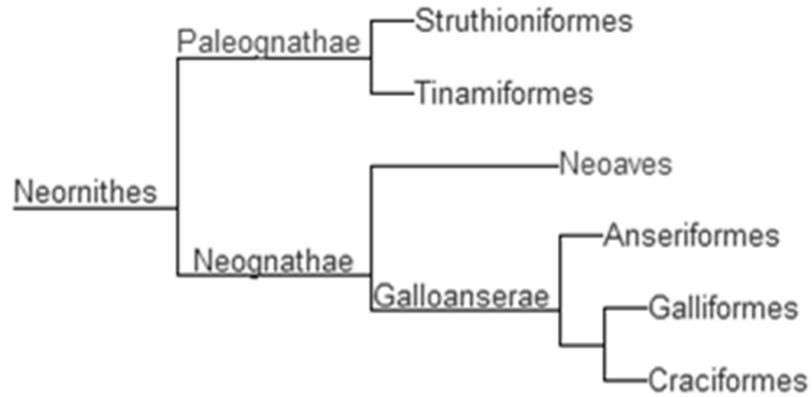
5 ordens atuais - 57 espécies.

3 ordens extintas

Superordem Neognathae - aves com palato “moderno”

27 ordens atuais - 9655 espécies

Figura 41 - Cladograma mostrando as relações de parentesco entre os vários grupos de Aves



### OUTROS EXEMPLOS DE AVES



Exemplos de aves que podem ser encontrados no Estado da Paraíba. *Buteo brachyurus* (gavião-de-cauda-curta), acima, e *Cyanocorax cyanopogon* (gralha-cancã).

Crédito das fotos: Hélder Pereira de Araújo

Pavão (Galliformes).



Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Lightmatter\\_peacock.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Lightmatter_peacock.jpg)

## UNIDADE 10

### MAMMALIA (MAMÍFEROS)

Figura 47. Exemplos de mamíferos.



Modificado de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Mam%C3%ADferos.jpg>

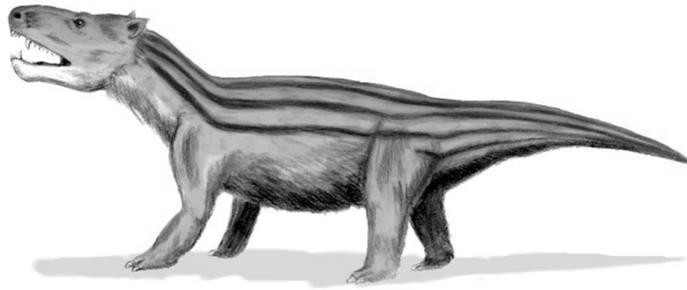
### 1. DEFINIÇÃO E DIVERSIDADE

Os animais conhecidos como mamíferos (Figura 47) habitam os mais variados locais da Terra, desde as regiões tropicais aos polos, e desde os mares até os desertos mais secos e as florestas mais densas. Diversificaram-se rapidamente no início do Paleoceno (65 milhões de anos atrás) e atualmente dominam os ambientes terrestres do nosso planeta. Existem, também, representantes marinhos (baleia, golfinhos, foca, leão-marinho) e de água doce (peixe-boi), e aqueles que desenvolveram mecanismo de voo de forma independente das aves (morcegos). São sinapomorfias do táxon Mammalia: Articulação dentário-esquamosal; dentição heterodonte (dentes diferentes) e difiodonte - conjunto de dentes (dentes decíduos ou de leite) que irrompem no início da vida e que são, há seu tempo, substituídos por dentes permanentes; presença de diafragma; presença de glândula mamária; presença de pelos e glândulas anexas.

Os mamíferos são os atuais descendentes dos sinapsídeos, o primeiro grupo bem estabelecido de amniotas, que surgiu no Carbonífero Superior. Os sinapsídeos apresentavam várias características mamalianas, notadamente a existência de uma única fossa temporal de cada lado do crânio e a diferenciação de dentes molares; porém, no essencial, a sua anatomia manteve-se tipicamente reptiliana, com membros transversais, coanas e uma pequena cavidade neurocraniana.

Os primeiros mamíferos assemelhavam-se a musaranhos, não tendo conservado o porte imponente dos seus antepassados, os répteis mamalianos, que dominaram os ecossistemas terrestres durante milhões de anos. Contemporâneos dos Dinossauros, supõe-se que os mamíferos ocupavam nichos ecológicos especiais, onde não entravam em concorrência com os répteis.

Figura 48 - Desenho a lápis de um fóssil de *Cynognathus*.



[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Cynognathus\\_BW.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Cynognathus_BW.jpg)

A diversidade de mamíferos atuais está representada em três grupos distintos, separados com base no seu modo de reprodução. Esses grupos são os **monotremados**, os **marsupiais** e os **mamíferos placentários**.

**Monotremos** - mamíferos ovíparos

**Marsupiais** - mamíferos vivíparos com gestação curta. Os filhotes nascem minúsculos, imaturos e em grande número. O desenvolvimento é completado no marsúpio (geralmente), que é uma bolsa que recobre as glândulas mamárias e abriga os filhotes.

**Marsupial.**



Fonte:[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Didelphis\\_virginiana\\_westerncanada20072.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Didelphis_virginiana_westerncanada20072.jpg)

**Placentários** - mamíferos vivíparos com gestação longa. Os filhotes nascem mais desenvolvidos. 95% dos mamíferos modernos.

Os **monotremados** são considerados os mamíferos mais primitivos, visto que são os únicos que botam ovos, por esse motivo são classificados com **ovíparos**. Atualmente, as espécies desse grupo estão restritas à Nova Guiné e à Austrália. Exemplo: ornitorrinco.

Os **marsupiais** são mamíferos vivíparos cujos embriões apresentam um curto período de gestação no útero da mãe e nascem sem estar completamente desenvolvidos, passando, imediatamente após o nascimento, para um **marsúpio**. O marsúpio é uma bolsa que recobre as

Vertebrados

glândulas mamárias da fêmea, no interior do qual os filhotes se alimentam e completam seu desenvolvimento. O canguru e o coala são marsupiais muito conhecidos no mundo. Os gambás e as cuícas são os marsupiais brasileiros mais comuns.

#### Marsupial.



Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Kangaroo\\_and\\_joey05.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Kangaroo_and_joey05.jpg)

Os **mamíferos placentários** representam 95% das espécies de mamíferos existentes. São **vivíparos** e seus filhotes nascem mais bem formados e desenvolvidos do que os dos marsupiais, já completam seu desenvolvimento no interior do útero materno. Alguns estão aptos a nadar ou correr logo após o nascimento. A **placenta** é a característica marcante do grupo e consistente em uma estrutura pela qual o embrião recebe os nutrientes da mãe.

#### Mamífero



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:BarbaryMacaque.jpg>

Exemplos de mamíferos que podem ser encontrados no Estado da Paraíba. *Trichechus manatus* (peixe-boi), e *Saccopteryx bilineata* (morcego).



Fonte das fotos: <http://www.pi.gov.br/impressao.php?id=35955> e [http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/resources/Grzimek\\_mammals/Emballonuridae/Saccopteryx\\_bilineata.jpg/view.html](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/resources/Grzimek_mammals/Emballonuridae/Saccopteryx_bilineata.jpg/view.html)

### 1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os mamíferos são tetrápodes de sangue quente, cobertos de pelos e dotados de glândulas mamárias. Entre outras características deste grupo estão:

- a formação de uma **placenta**, um anexo que permite as trocas respiratórias e nutritivas entre o feto e a mãe, contribuindo para que aquele passe todo o seu período de desenvolvimento no interior do útero materno, livre dos perigos do meio exterior; o **crânio** tem dois côndilos occipitais, o que não permite uma rotação tão ampla da cabeça sobre o pescoço, como se sucede com as aves; **circulação** ampla e completa, com o coração apresentando quatro cavidades distintas; respiração pulmonar; presença de **diafragma** separando a cavidade torácica da cavidade abdominal; **encéfalo** altamente desenvolvido, mostrando numerosas circunvoluções que dão maior extensão à superfície ou córtex cerebral, onde se aloja a massa cinzenta. A porção aumentada dos hemisférios cerebrais dos mamíferos, denominada **neocórtex ou neopálio** se forma de maneira única, através do aumento da porção dorsal do córtex **dentes** diferenciados em caninos, molares e incisivos; **metabolismo** mais elevado que o dos répteis, porém inferior ao das aves; **coluna vertebral** dividida em cinco zonas específicas (cervical, torácica, lombar, sacral e caudal), permitindo movimentos de flexão e extensão no plano (vertical) de simetria do corpo, em vez de ondulações laterais, como nos anfíbios e répteis.

Embora apresentem um número relativamente pequeno de espécies se comparado com as aves ou com os peixes, na diversidade corpórea, nos tipos de locomoção, nas estratégias alimentares, os mamíferos excedem todas as demais Ordens. O tamanho do corpo desses animais é altamente variável, sendo os maiores a baleia-azul, com 30 metros de comprimento e chegando a pesar 190 toneladas e o elefante africano, com 3,5 metros de altura (até os ombros) e 6,6 toneladas. Entre os menores mamíferos, destacam-se o musaranho-pigmeu e o morcego-nariz-de-porco-de-kitti, com cerca de 3-4 centímetros de comprimento e até 2 gramas de peso. Assim como as aves, os mamíferos também conseguem viver em locais muito quentes ou muito frios. Isso ocorre porque eles podem manter a temperatura do seu corpo constante (homeotérmicos).

## 1.2 TEGUMENTO

A variedade de tegumentos dos mamíferos é enorme e, em muitos aspectos, é a chave para seu modo único de vida. Apesar do tegumento mamífero se parecer com o dos demais vertebrados (quanto a sua forma, com camadas epidérmicas, dérmicas e hipodérmicas), há também componentes únicos. Ele apresenta pelos, glândulas sebáceas, glândulas apócrinas, glândulas sudoríparas, e estruturas derivadas da queratina, como unhas, garras e cornos.

Os pelos têm como função básica a proteção contra o calor e o frio; porém, desempenha uma variedade de funções adicionais, como a camuflagem, a comunicação e a sensação (tato), por meio das vibrissas (= bigodes).

As glândulas mamárias possuem uma estrutura de ramificação mais complexa do que a das demais glândulas de pele. Elas possuem diversas características básicas em comum com as glândulas apócrinas e sebáceas, sendo, entretanto, altamente especializadas.

As estruturas queratinizadas da pele dos mamíferos são variadas, algumas estão envolvidas na locomoção, nas ofensivas, na defesa e na apresentação (*display*), como as unhas, as garras e os cascos; outras na proteção, como as placas dérmicas; outras na alimentação, como o bico córneo do ornitorrinco.

## 2. CLASSIFICAÇÃO

Do ponto de vistas da classificação, os mamíferos dividem-se em dois grupos distintos: os não-térios (agrupamento artificial, parafilético) e os térios (grupo natural, monofilético). Os térios são representados pelos placentários e marsupiais. A seguir são apresentados exemplos de algumas Ordens de mamíferos:

### **Monotremata** (Exemplo: ornitorrinco, Figura 49)

Os **monotremados** são mamíferos que põem ovos, diferindo significativamente com os modos reprodutivos dos marsupiais e dos placentários. Eles retêm muitas características de seus ancestrais terapsídeos, porém apresentam várias características mamalianas importantes, como a presença de pelos, coração dividido em quatro câmaras, três ossículos auditivos e a presença de glândulas mamárias com produção de leite. Encontrados na Austrália, Tasmânia e Nova Guiné, os monotremados provavelmente originaram-se durante o Mesozoico. Esta Ordem constitui uma das mais peculiares entre os mamíferos atuais.

Figura 49

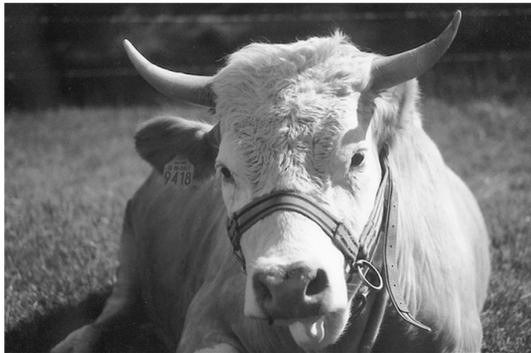


<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ornithorhynchus.jpg>

**Artiodactyla** (ex.: Cervo-do-pantanal, veado-catingueiro, veado-de-cauda-branca ou cariacu, veado-campeiro, porco-do-mato ou cateto)

Os **artiodáctilos** são mamíferos ungulados com um número par de dedos nas patas. O grupo inclui muitas espécies de grande importância econômica, como o boi, a cabra, o camelo e o porco. Há espécies nativas de artiodáctilos em todos os continentes, exceto Austrália e Antártida. A maioria vive em ambientes terrestres, incluindo savanas, montanhas e florestas, porém há um grupo semi-aquático, o dos hipopótamos. A maioria dos artiodáctilos é herbívora e é nesta ordem se encontram os ruminantes, com o seu aparelho digestivo especializado. Alguns representantes são omnívoros, como o porco.

Figura 50



[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Hinterw%C3%A4lderkuh\\_-\\_liegend.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Hinterw%C3%A4lderkuh_-_liegend.jpg)

**Cetacea** (exemplo: Baleia, golfinho, Figura 51)

Os **cetáceos** constituem uma ordem de animais marinhos, sub-divididas em duas sub-ordens: 1) subordem **Mysticeti** (baleias-sem-dentes) são caracterizadas pelas cerdas bucais, que são estruturas de queratina, parecidas com peneiras localizadas na parte superior da boca. As baleias utilizam as "cerdas" para filtrar plâncton da água. 2) subordem **Odontoceti** (baleias-com-dentes): agrupa baleias que possuem dentes e que se alimentam de peixes e lulas. Uma habilidade notável deste grupo é a de encontrar a suas presas por ecolocalização. Os cetáceos são descendentes de mamíferos terrestres, provavelmente da ordem Artiodactyla. Eles passaram para a água há cerca de 50 milhões de anos.

Figura 51



[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Humpback\\_stellwagen\\_edit.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Humpback_stellwagen_edit.jpg)

**Perisodactyla** (ex.: Anta)

Os perissodáctilos são mamíferos terrestres ungulados com um número ímpar de dedos nas patas; o grupo inclui os cavalos, as antas e os rinocerontes, entre outros. O dedo médio é sempre maior que os outros e por ele passa o eixo do pé.

Algumas espécies possuem chifres de origem dérmica e sem um núcleo ósseo, posicionados sobre os ossos nasal ou frontal, em posição média. A parte anterior do crânio dos perissodáctilos é alongada e possui uma série completa de grandes dentes. Os perissodáctilos têm um estômago simples, ao contrário dos artiodáctilos, que o têm dividido em várias câmaras, e o seu ceco é grande e com divertículos, onde se dá uma parte da digestão bacteriana da celulose.

**Figura 52**

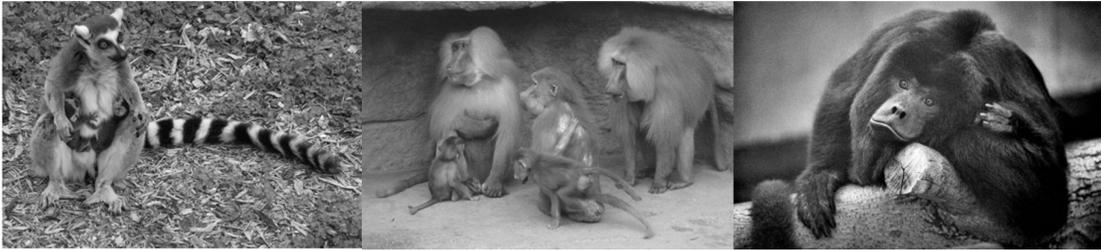


[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Rhinoceros\\_male\\_2003.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Rhinoceros_male_2003.jpg)

**Primates** (ex.: Mico-leão, sagui, seres humanos, Figura 53)

Inclui os micos, babuínos, chimpanzés, lêmures, os seres humanos e outros homínídeos. A Ordem é informalmente dividida em três grupos principais: os prossímios, platirrinos (macacos do novo mundo) e os catarrinos (macacos do velho mundo), grupo no qual o ser humano se inclui. Os prossímios se caracterizam por seus proeminentes focinhos e longas caudas e, nas espécies mais primitivas, por uma tendência à disposição lateral dos olhos. Neles se incluem os Lemuriformes, Chiromyiformes, Lorisiformes e Tarsiiformes. Os platirrinos possuem narinas distantes entre si e voltadas para os lados. Os catarrinos se caracterizam por ter o focinho mais ou menos reto e narinas dirigidas para a frente.

Figura 53 - Na sequência: prossímio. Centro: catarrino. Direita: platirrino.

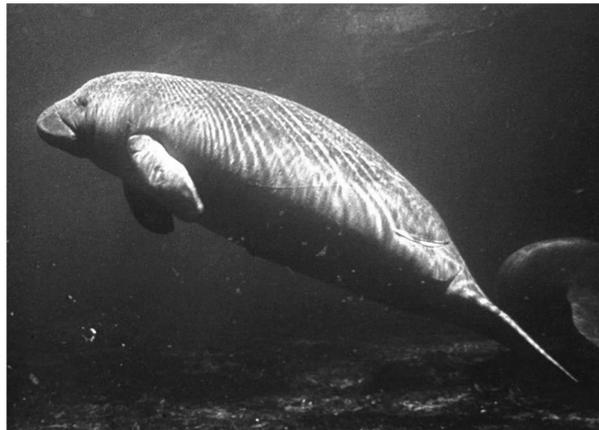


Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ring\\_tailed\\_lemur\\_and\\_twins.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ring_tailed_lemur_and_twins.jpg)  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Hamadryas\\_Baboon.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Hamadryas_Baboon.jpg)  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Alouatta-caraya\\_ppia-m01b.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Alouatta-caraya_ppia-m01b.jpg)

#### Sirenia (ex.: Peixe-boi, Figura 54)

Os sirênios são mamíferos aquáticos herbívoros; exemplos do grupo são o dungongo e o peixe-boi. Passam toda a sua vida na água e, para isso, têm várias adaptações: membros anteriores estão transformados em nadadeiras; membros posteriores reduzidos a uma pélvis vestigial; cauda alargada e achatada horizontalmente, formando um "remo". Os lábios são grandes e móveis, cobertos de cerdas rijas. As narinas estão localizadas na parte superior do focinho e fecham-se com válvulas. Algumas espécies atingem grande tamanho, pesando mais de uma tonelada.

Figura 54



[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Manatee\\_photo.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Manatee_photo.jpg)

Exemplo de classificação tradicional	Exemplo de classificação filogenética
Classe Mammalia	Mammalia
Subclasse Protheria	†Triconodonta
Ordem Monotremata	†Docodonta
†Ordem Triconodonta	†Multituberculata
†Ordem Docodonta	Holotheria
†Ordem Multituberculata	Symmetrodonta
Subclasse Theria	Monotremata
Infraclasse Metatheria	"Pantotheria"
Ordem Marsupialia	Tribosphenia

Vertebrados

Infraclasse Eutheria (18 Ordens atuais + 15 Ordens extintas)	Theria
	Metatheria
	Eutheria

## UNIDADE 11

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações deste capítulo tratam, de forma resumida, a diversidade e a evolução de um clado extremamente rico e importante na manutenção do nosso planeta. Um grupo no qual estamos incluídos. Inúmeras são as informações sobre a ecologia, história natural, fisiologia, comportamento, conservação, evolução dos vários grupos envolvidos. Inúmeras são as espécies sendo descritas. À medida que as informações se acumulam na literatura e novas técnicas de coleta e análises de dados são usadas novos grupos, conceitos, teorias, ideias surgem. Ideias antigas são corroboradas ou refutadas. Devido a limitações de espaço, não pudemos detalhar informações sobre diversos aspectos, dos mais intrigantes, bizarros, belos, e informativos sobre a biologia dos vertebrados. É torturante perceber (e participar) que milhões de anos de evolução podem encarar seu maior desafio evolutivo nas próximas décadas e que, infelizmente, o desafio possa trazer resultados drásticos para o grupo. Aos interessados em aprofundar seus conhecimentos recomendamos fortemente recorrer fontes adicionais de informações, algumas das quais citadas abaixo. Livros e páginas da internet com conteúdo científico validado são ótimos lugares para o aprofundamento e diversificação de conhecimentos. Os links abaixo fornecem pontos de partida para um estudo mais detalhado:

1. <http://www.fishbase.org/HOME.HTM>
2. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>
3. <http://www.sbherpetologia.org.br/index.htm>
4. <http://www.reptile-database.org/>
5. <http://www.bucknell.edu/MSW3/>
6. <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/index.html>
7. <http://www.tolweb.org/tree/>
8. <http://www.palaeos.com/Vertebrates/default.htm>
9. <http://www.ucmp.berkeley.edu/>  
(<http://www.ucmp.berkeley.edu/vertebrates/vertintro.html>)

## Bibliografia

JANVIER, P. 2001. Ostracoderms and the shaping of the gnathostome characters, :172-186. in: Ahlberg, E. (ed.). *Major events in early vertebrate evolution – paleontology, phylogenetics, genetics and development*. Editora CRC Pr I Llc. Systematics Association Special Volumes Ser., 436 p.

HALL, B. K. (ed.). *Fins into limbs – evolution, development and transformation*.

HILDEBRAND, M. *Análise da estrutura dos vertebrados*. São Paulo: Atheneu, 1995. 700p.

LINZEY, D. – *Vertebrate Biology*, (7th Edition). McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2000, 552 p.

MARTIN, A. J. 2006. *Introduction to the study of dinosaurs*. Editora Blackwell, 560 p.

POUGH, F. H., JANIS, C. M. & HEISER, J. B. – *Vertebrate Zoology* (7th Edition). Pearson Prentice Hall, 2005, 683 p + anexos.

POUGH, F. H., JANIS, C. M. & HEISER, J. B. – *Zoologia dos Vertebrados* (4ª. Edição), Editora Atheneu,

RIDLEY, M. – *Evolução* (3ª. Edição), Editora Artmed, 2006, 752 p.

RUPPERT, E. E., FOX, R. S. & BARNES, R. D. – *Zoologia dos invertebrados. Uma abordagem funcional-evolutiva* (7ª. Edição), Editora Roca.

Recursos da Internet:

[portaldoprofessor.mec.gov.br/](http://portaldoprofessor.mec.gov.br/)

<http://www.biota.org.br/publi/livros/classificacao>

JANVIER, PHILIPPE. 1997. *Vertebrata. Animals with backbones*.

JANVIER, PHILIPPE (The Tree of Life Web Project). Endereço da página:  
<http://tolweb.org/Vertebrata/14829/1997.01.01>

<http://www.dbi.uem.br/hemichordata.pdf>

[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/fauna/mamiferos/mamiferos\\_-\\_caracteristicas\\_gerais.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/fauna/mamiferos/mamiferos_-_caracteristicas_gerais.html)

Artigos científicos:

ESCRIVA, H., MANZON, L. YOUSON, J. & LAUDET, V. 2002. Analysis of Lamprey and Hagfish Genes Reveals a Complex History of Gene Duplications During Early Vertebrate Evolution. *Molecular Biology and Evolution*, 19:1440-1450

MALLATT, J. 1997a. Crossing a major morphological boundary: the origin of jaws in vertebrates. *Zoology* **100**:128–140.

MALLATT, J. 1996. Ventilation and the origin of jawed vertebrates: a new mouth. *Zool. J. Linn. Soc.* **117**:329–404.

TAKEZAKI, N., FIGUEROA, F., ZALESKA-RUTCZYNSKA, Z. & KLEIN, J. 2003. Molecular Phylogeny of Early Vertebrates: Monophyly of the Agnathans as Revealed by Sequences of 35 Genes. *Molecular Biology and Evolution*.