

Filo Chordata
Super Classe Tetrapoda
Classe Amphibia



TETRAPODES

gr. tetra + podos

Representam os vertebrados que invadiram o meio terrestre

- 4 extremidades destinadas à locomoção
- em oposição aos Pisces, não mais apresentam nadadeiras polirradiadas, mas extremidades com dígitos.



Origem dos tetrápodes

Período Devoniano → 400 milhões de anos



Ambiente instável → períodos de seca
evaporação e redução do O_2 nas lagoas



Necessidade de buscar novos ambientes aquáticos



Características importantes para a
evolução: **membros e pulmões**

Origem dos tetrápodes

Carbonífero → clima quente e úmido, com paisagem pantanosa
→ Gde diversificação dos tetrápodes → Disponibilidade de alimento (insetos gigantes)

Relações evolutivas dos tetrápodes → controvertida

Linhagens extintas + Lissamphibia = Temnospôndilos (4 dígitos)



Maiores adaptações → originando as formas existentes

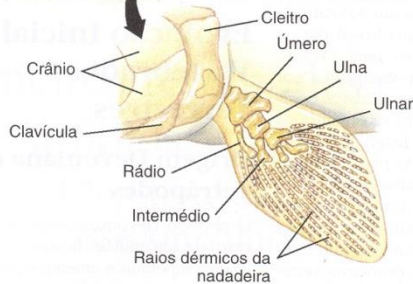
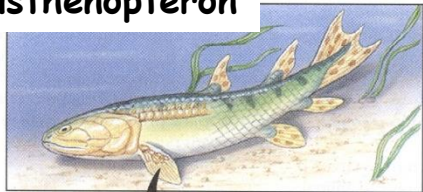


Sapos → Anura ou Salientia

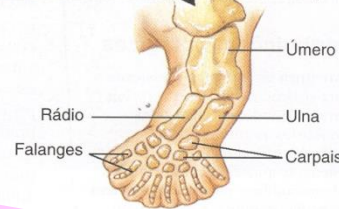
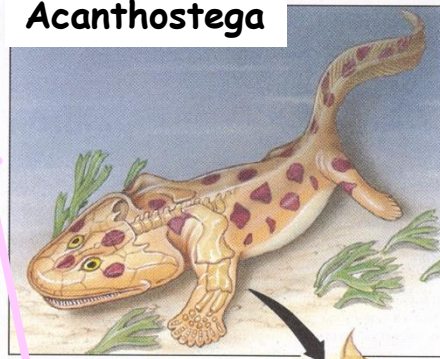
Salamandras → Caudata ou Urodela

Cobras cegas → Gymnophiona ou Apoda

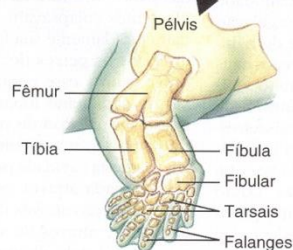
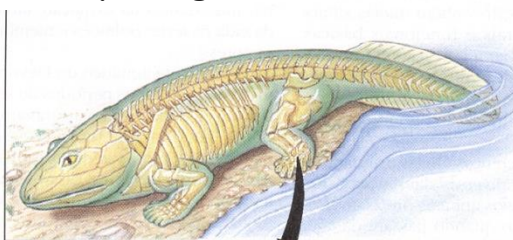
Eusthenopteron



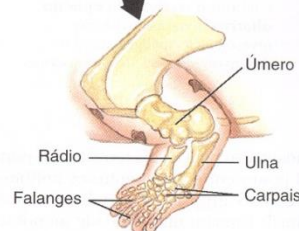
Acanthostega



Ichthyostega



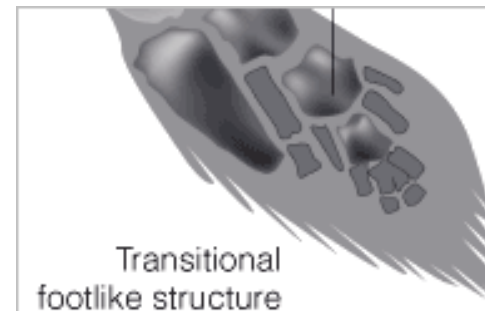
Limnoscelis



Evolução dos tetrápodes

Evolução dos membros locomotores

Tiktaalik roseae



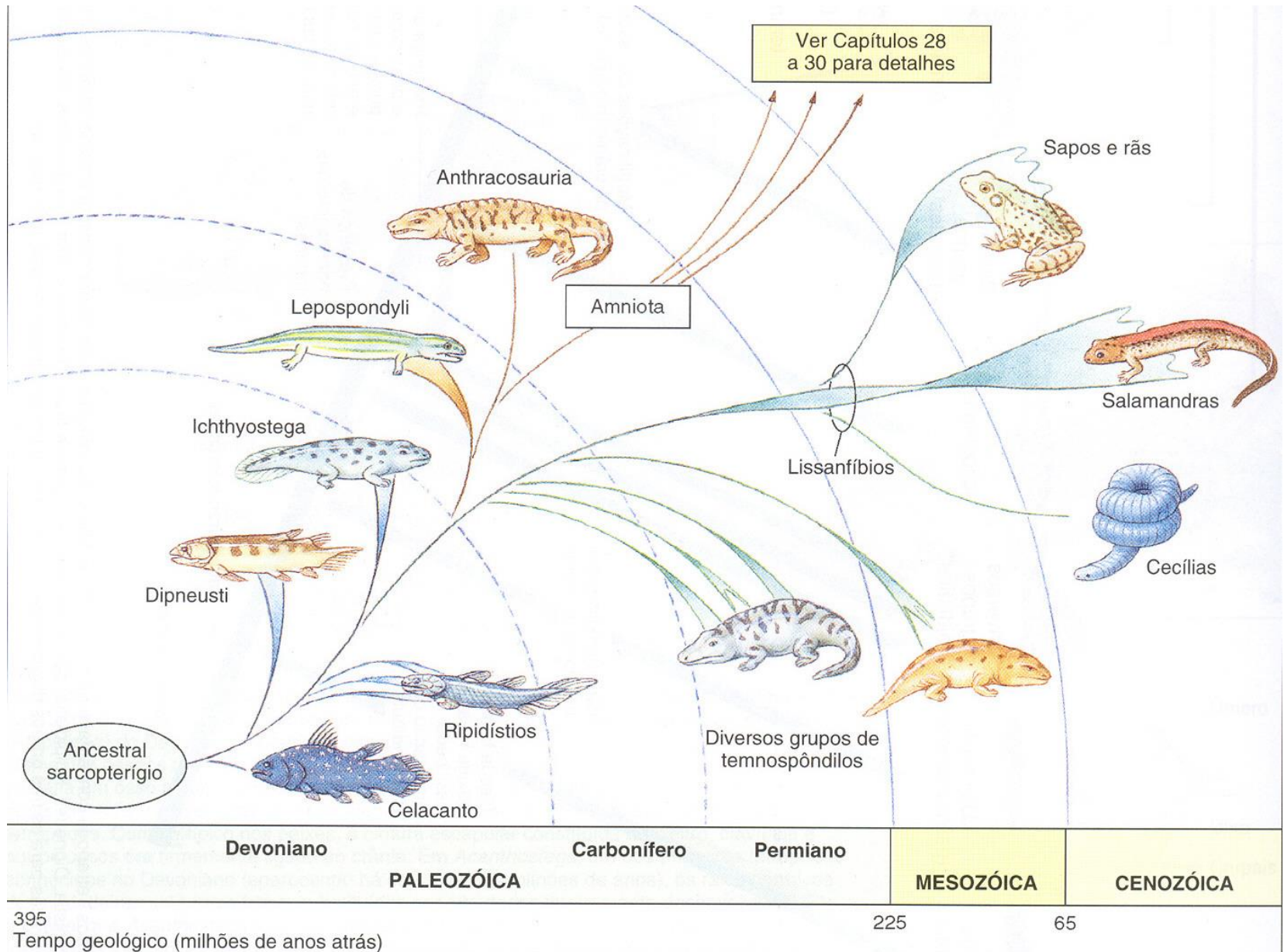
Wilford (2006)

Hickman et al. (2004)

Fig. 27.1

Evolução dos membros locomotores tetrápodes. Os membros dos tetrápodes evoluíram a partir das nadadeiras dos peixes paleozóicos. *Eusthenopteron*, um peixe de nadadeiras lobadas (Rhipidistia) do Devoniano Superior, possuía nadadeiras musculares pares sustentadas por elementos ósseos que precederam os ossos dos membros tetrápodes. A nadadeira anterior possuía um osso na parte proximal do membro anterior (úmero) e dois ossos na parte distal deste membro (rádio e ulna), além de elementos menores homólogos aos ossos do pulso dos tetrápodes. Como é típico nos peixes, a cintura escapular constituída de cleitro, clavícula e outros ossos era firmemente ligada ao crânio. Em *Acanthostega*, um dos primeiros tetrápodes conhecidos no Devoniano (aparecendo há cerca de 360 milhões de anos), os raios dérmicos das nadadeiras anteriores foram substituídos por oito dedos inteiramente desenvolvidos. É provável que *Acanthostega* fosse exclusivamente aquático, pois seus membros eram muito fracos para locomover-se sobre a terra. *Ichthyostega*, um contemporâneo de *Acanthostega*, possuía membros tetrápodes totalmente formados e deve ter sido capaz de caminhar sobre a terra. O membro posterior possuía sete artelhos (o número de dígitos do membro anterior é desconhecido). *Limnoscelis*, um anfíbio antracossauro do Carbonífero (cerca de 300 milhões de anos atrás), possuía cinco dígitos nos membros anteriores e posteriores, o modelo pentadátil básico que se tornou o padrão tetrápode.

Árvore Evolutiva



CLASSE AMPHIBIA

gr. amphi = dual
bios = vida

- Duas vidas (maioria) → água e terra
- Tetrápodas mais inferiores
- Adaptações para a vida terrestre → pernas, pulmões, sistema circulatório, narinas, pele, órgãos dos sentidos...
- Órgãos adaptados para água quanto para o ar:

larva com brânquias



meio aquático

adulto com pulmões



meio terrestre

Primeiros Vertebrados a alcançarem o meio terrestre!

Importância

Ecológica → indicadores de poluição ambiental;

Farmacologia;

Alimentação → Rã Touro (*Rana catesbeiana*);

Predadores de insetos;

Estudos sobre embriologia e endocrinologia dos vertebrados;

Ciclagem e transferência de nutrientes do ambiente aquático para o terrestre.



Conquista do ambiente terrestre

- Evento mais dramático da evolução → ambiente inóspito
- Ar

Maior concentração de O_2

Difusão de O_2 maior

Variação térmica maior

1000 X menos denso

50 X menos viscoso



**comportamento e
estratégias fisiológicas**



**Apesar de perigoso → maior
variedade de novos habitats**

Adaptações dos Anfíbios



Corpo ➡ mais achatados para se mover em águas rasas
presença de cauda → natação (Salamandras)
membros traseiros com pés especializados → natação (Rãs)

Pele ➡ Órgão primário ou acessório para a respiração

Estimuladas pelos ambientes pantanosos no Carbonífero

Mas ainda representava sérios problemas de
ressecamento com a vida na terra!

Anfíbios modernos



- As 3 ordens somam 4200 espécies;
- **Algumas especializações:** aumento do esqueleto, maior especialização do ouvido e do olfato;
- Muitos anfíbios enfrentam o ambiente terrestre apenas a metade da vida (brânquias – pulmões);
- Existem exceções como as salamandras que mantêm a morfologia larval (metamorfose incompleta);
- Há espécies que vivem somente no ambiente terrestre (sem fase larval) ou permanecem toda vida no ambiente aquático;

Anfíbios modernos

- Mesmo as espécies estritamente terrestres ainda dependem de alta umidade e baixas temperaturas;
- **Ovos sem proteção** contra ressecamento $\Rightarrow$ incubação na água, em lugares protegidos e muito úmido, nas costas e até mesmo no estômago.



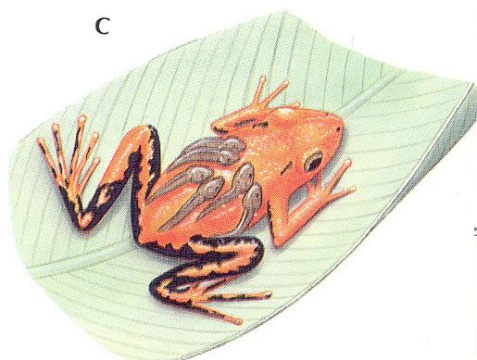
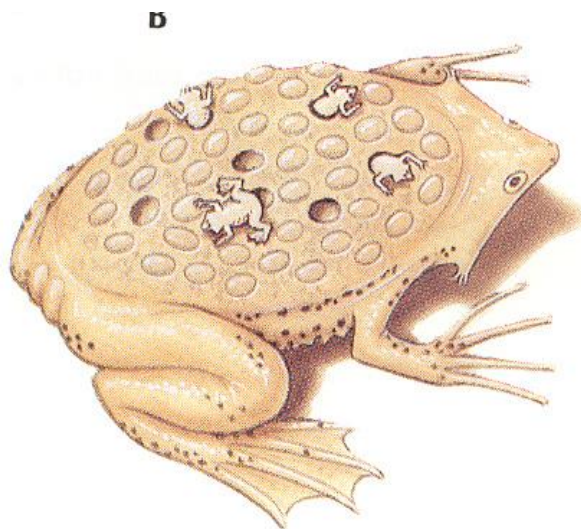


Figura 12.41 Modo incomum de locomoção de um girino. Em algumas espécies de rãs tropicais, os girinos podem pegar carona nas costas de uma rã adulta, permitindo o seu deslocamento entre diferentes corpos d'água.



Características gerais

- **Esqueleto** principalmente ósseo, **notocorda** não permanece e ausência de exoesqueleto;
- **Corpo** variando de alongado com cabeça, pescoço e cauda distintos à cabeça fusionada ao corpo sem pescoço;



Características Gerais



Pele

Fina e úmida
Várias glândulas
Sem escamas



Membros

Geralmente 4 (algumas espécies sem pernas)
Pés com membranas (geralmente)
Sem unhas ou garras verdadeiras
Pés anteriores com 3 a 5 dígitos



Boca

Geralmente grande, com pequenos dentes

Respiração → pulmões (ausente em salamandras)
 Pele e/ou brânquias
 Brânquias externas (formas larvais)

Circulação → coração com 3 compartimentos

2 átrios
 1 ventrículo

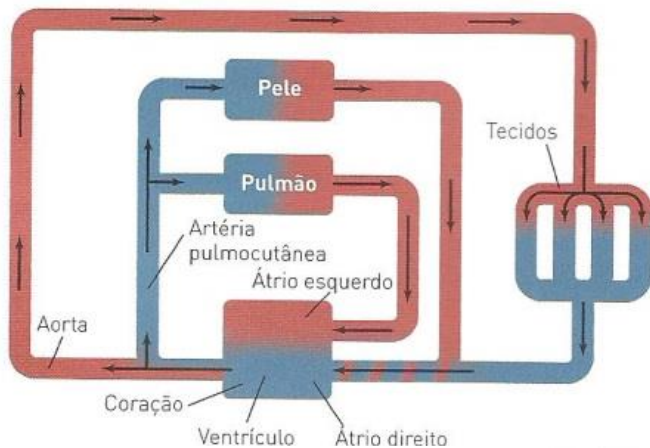
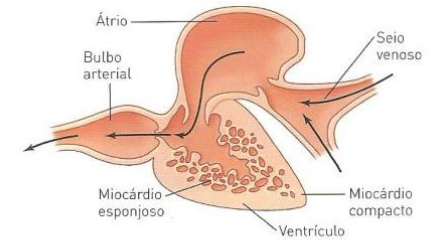
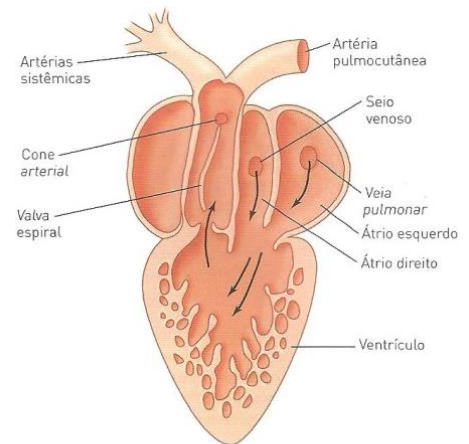


Figura 8.13 Padrões circulatórios em anfíbios Circulação em rãs. O sangue desoxigenado flui para a artéria pulmocutânea que leva à pele e aos pulmões e o sangue oxigenado flui através da aorta para os tecidos, embora alguma mistura possa ocorrer no coração



(a) Coração de peixes ósseos



(b) Coração de anfíbio

Figura 8.18 Anatomia cardíaca de peixes e rãs. (a) O coração de um peixe está organizado em série. O sangue entra no seio venoso, que bombeia sangue para o átrio e depois para o ventrículo muscular. O ventrículo bombeia sangue através do bulbo arterial (nos peixes ósseos) ou do cone arterial (nos peixes cartilaginosos) para o corpo. (b) Um coração de anfíbio tem dois átrios e um ventrículo. O sangue oxigenado dos pulmões entra no átrio esquerdo através da veia pulmonar. O sangue desoxigenado ou parcialmente oxigenado da pele e dos tecidos entra no átrio direito através do seio venoso. Os átrios bombeiam sangue no ventrículo único, mas o sangue oxigenado e o desoxigenado são mantidos em grande parte separados por mecanismos que não são bem entendidos. O sangue oxigenado flui preferencialmente para as artérias sistêmicas, e o sangue desoxigenado flui preferencialmente para a artéria pulmocutânea, direcionado pela valva espiral.

Respiração → pulmões (ausente em salamandras)
Pele e/ou brânquias
Brânquias externas (formas larvais)

Circulação → coração com 3 compartimentos 2 átrios
1 ventrículo

Ectotérmicos

Excreção → rins (uréia como produto nitrogenado)

Sistema nervoso → 10 pares de nervos cranianos

sexos separados

Reprodução → fertilização interna (salamandras e cobras cegas)
fertilização externa (sapos)
metamorfose (geralmente presente)
ovos → massa protetora "geléia"



- **Distribuição:** Principalmente na água ou em lugares úmidos. Nunca no mar.
- Comuns nas regiões temperadas úmidas mas principalmente nas regiões tropicais.
- Existem espécies que vivem em desertos, arborícolas e espécies estritamente aquáticas (algumas cobras cegas).





Ordem Gymnophiona ou Apoda



- Cobras cegas ou cecílias;
- 160 espécies conhecidas;
- Distribuição → Am. Sul, África e sudeste da Ásia;
- Corpos alongado, sem membros;
- Olhos pequenos, maioria são cegos quando adultos;
- Tentáculos sensoriais no focinho;
- Raramente vistos pelo homem → hábito de viver enterrado;
- Alimentação: vermes e pequenos invertebrados.

Ordem Caudata (Urodela)



- **Salamandras**
- 360 espécies de anfíbios com cauda;
- Distribuição principal na A. Norte, mas também são encontradas na A. Central e norte da A. Sul;
- Tipicamente pequenas (15 cm de comprimento);
- A maioria possui membros, sendo os anteriores e posteriores de mesmo tamanho;
- Algumas salamandras aquáticas e formas cavadoras possuem membros rudimentares ou ausentes;

Ordem Caudata



Carnívoras → vermes, pequenos artrópodes e moluscos



Ingerem basicamente proteínas → não acumulam gdes qdes de lipídeos e ou glicogênio

Muitas espécies são totalmente aquáticas, algumas são metamórficas



Fertilização interna → espermatóforo é depositado em uma folha ou galho

Desenvolvimento → direto
duas fases

Ordem Anura



- Sapos, rãs, perecas;
- Mais de 3500 espécies conhecidas
- Anura → ausência de cauda nos adultos
- Grupo antigo → Período Jurássico - 150 milhões de anos
- Diversos habitats → restrição aos ambientes Ártico e a Antártico
- Especialistas em saltos (Salientia)
- Larvas → eclodem com brânquias internas e externas, sem pernas e com cauda

Ordem Anura

Tamanho → 1 a 30 cm de comprimento

Maioria dos anuros são solitários

Utilizam os sons → acasalamento e demarcar território

Hibernação nos meses de inverno → reserva de lipídeos e glicogênio

↳ Fundos de lagos e no húmus das florestas



Tolerantes a baixas temperaturas → glicose e glicerol no sangue, impede a formação de cristais.

~35% da água corporal pode ficar congelada!!!

Ordem Anura



- Predados por → cobras, aves aquáticas, tartarugas, peixes e homem;
- Defesa → pular, morder, fingir de morto;

• Proteção



**glândulas de veneno
eliminação de urina**



Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

- **Tegumento** : pele fina e úmida, constituída pela Epiderme → depósitos de **queratina** → maior proteção e firmeza à pele (maior nas espécies terrestres)

Derme



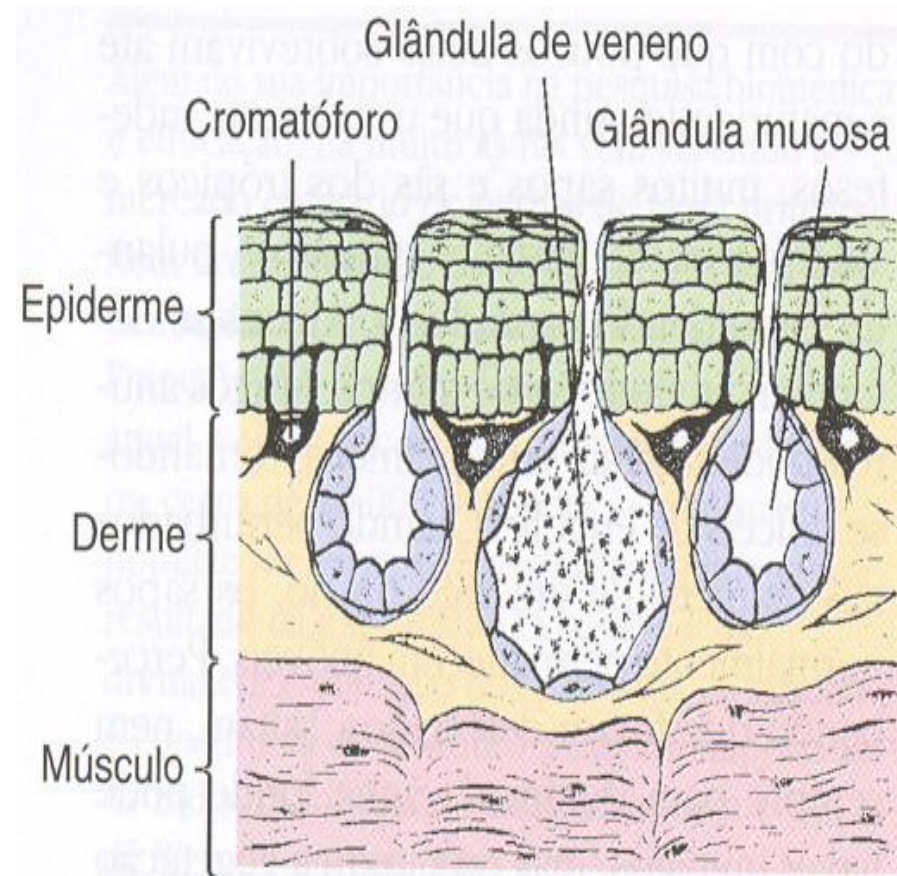
Glândulas mucosas → lubrificação e proteção contra água e dessecação

Glândulas serosa → produzem **veneno** cutâneo que protege contra predadores.



Todos os anfíbios produzem veneno, mas o grau de toxicidade varia grandemente.

Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios



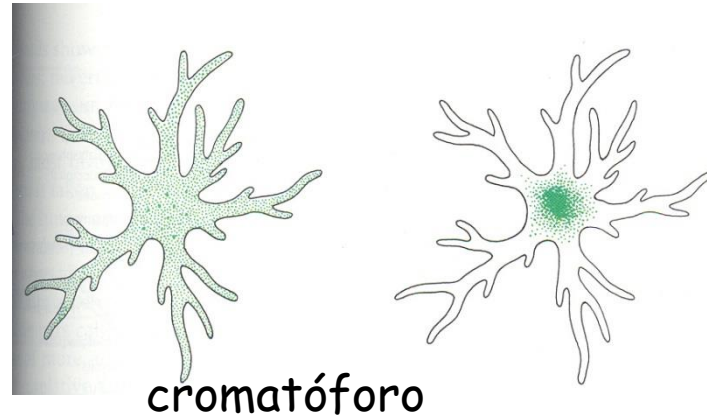
Dendrobates spp

Veneno fatal



Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

Coloração → proporcionada por células pigmentadas chamadas de **cromatóforos** → na derme.

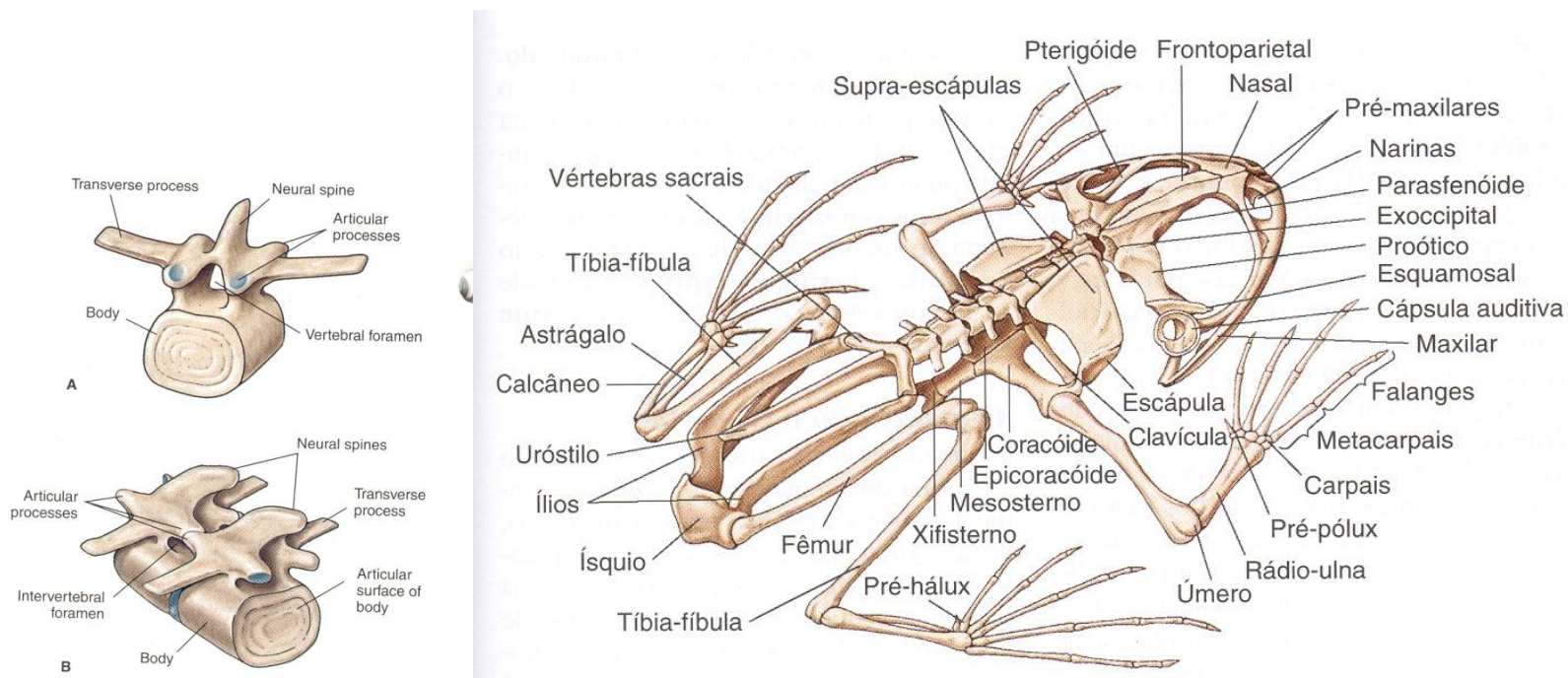


Hickman et al. (2004)



Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

- **Sistema esquelético:** presença de um endoesqueleto bem desenvolvido, composto por ossos e cartilagem. Suporta a musculatura e protege o sistema nervoso e as vísceras.



Em Ranidae ocorrem somente 9 vértebras e um cóccix (uróstilo), mas nas cecílias chegam a 285 vértebras.

Evolução do esqueleto dos peixes para os anfíbios



- Sistema Esquelético

- ❖ **Peixes** → coluna vertebral bem flexível para proporcionar contrações ondulatórias.
musculatura era segmentada em **miômeros**
- ❖ **Anfíbios** → a locomoção foi **centrada nos membros** (nadar, andar e saltar), com exceção das cobras e cobras-cegas.



Padrão típico → Quadril, joelho e tornozelo
Ombro, cotovelo e punho

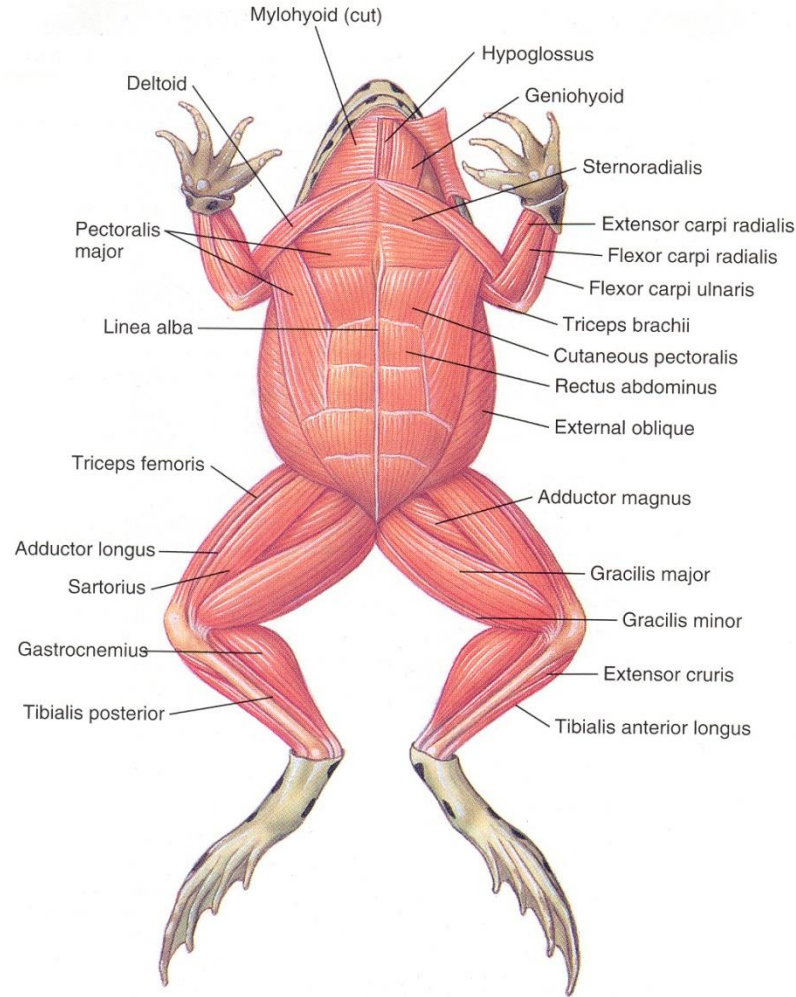
Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

- **Sistema muscular:**

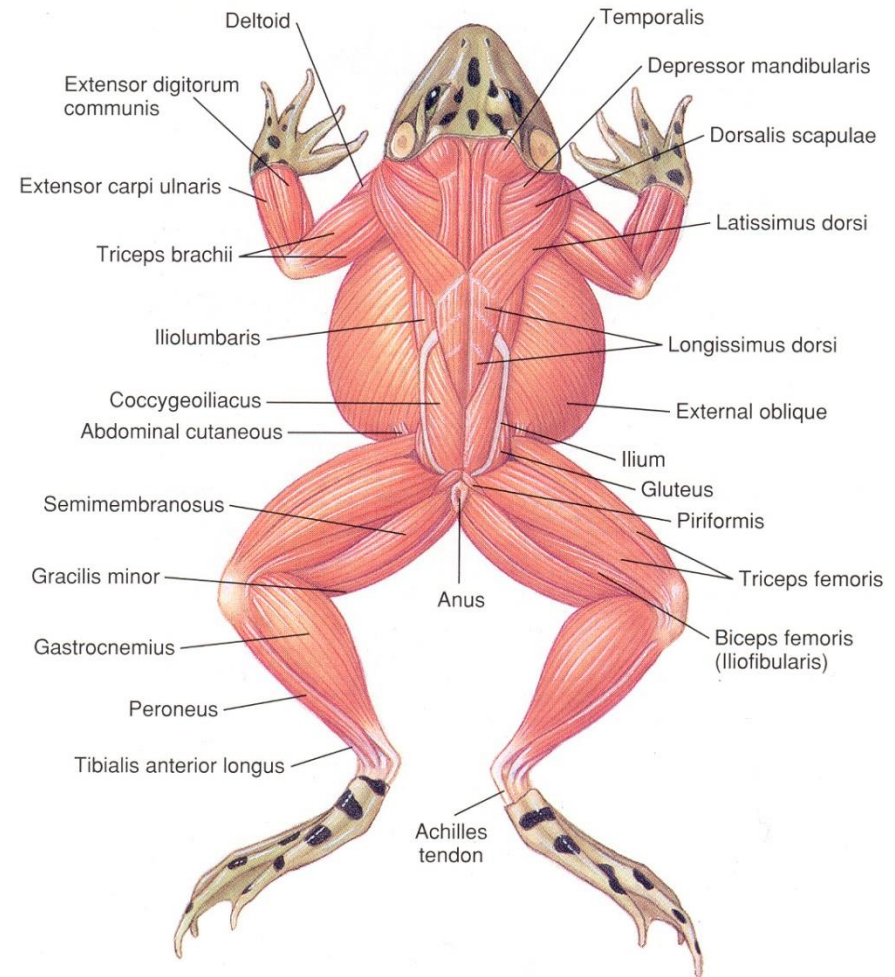
- ❖ Apesar dos músculos dos membros dos anfíbios apresentarem homologia com os dos peixes, ganhou grande complexidade.
- ❖ No tronco, a **musculatura dorsal** (epaxial) suporta a **cabeça** e envolve a coluna vertebral e a **ventral** (hipoaxial) suporta as **vísceras**.



Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios



Ventral



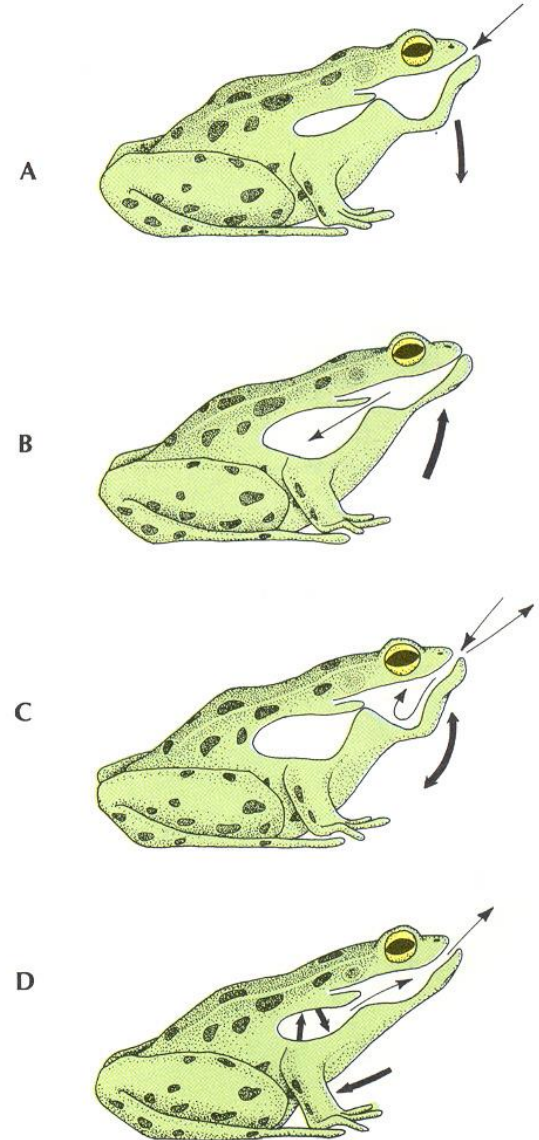
Dorsal

Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

Respiração **pele** (respiração cutânea)
 boca (resp. bucal)
 pulmões

Sapos e rãs dependem muito mais da respiração pulmonar que as salamandras, mas a respiração cutânea é também importante.

Sapos e rãs → **pressão positiva** (forçam o ar para dentro) para o enchimento dos pulmões.



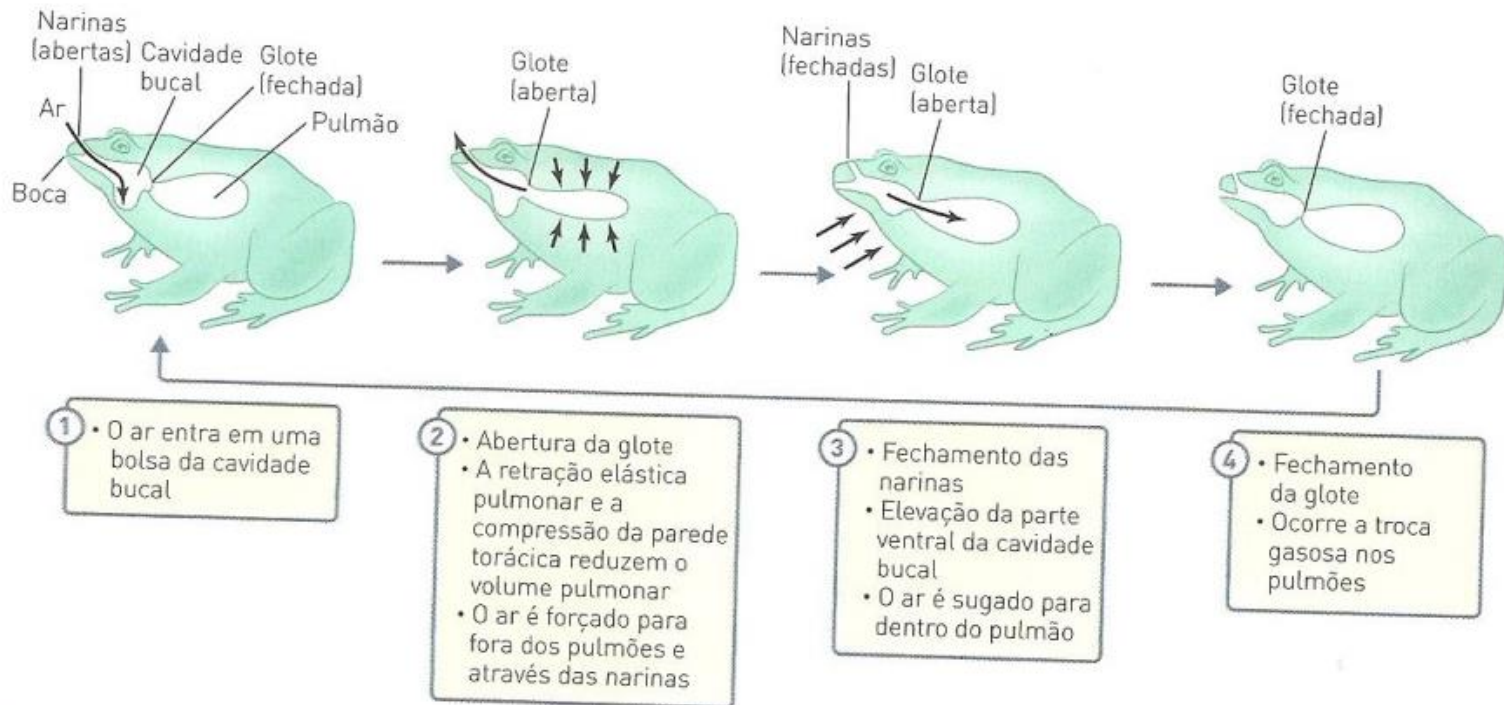


Figura 9.20 O ciclo ventilatório na rã.

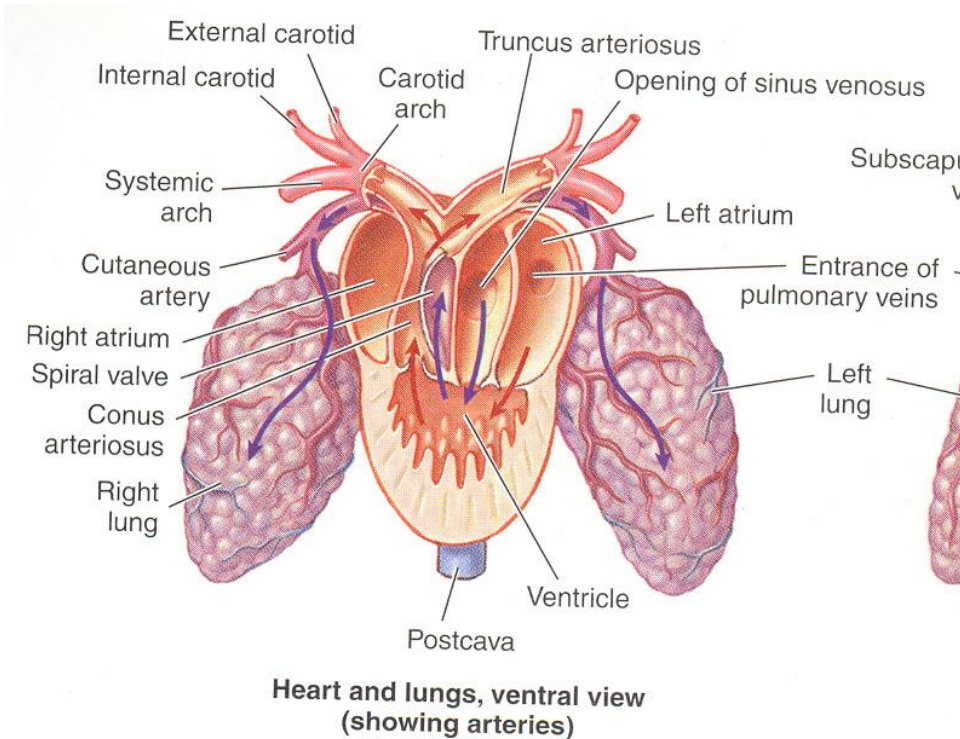
Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios



Pulmões



Constituem-se de "sacos elásticos" dotados internamente de câmaras de ar → alvéolos.



Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

Vocalização: sapos e rãs possuem cordas vocais que, no macho, são mais desenvolvidas.



A passagem do ar gera sons característicos de cada espécie, cuja função principal é a corte e acasalamento.



Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

- **Circulação:** sistema **fechado**, com artérias, veias e rede de capilares através dos quais o sangue circula impulsionado pelo coração;

- **Principal mudança:** evolução da respiração branquial

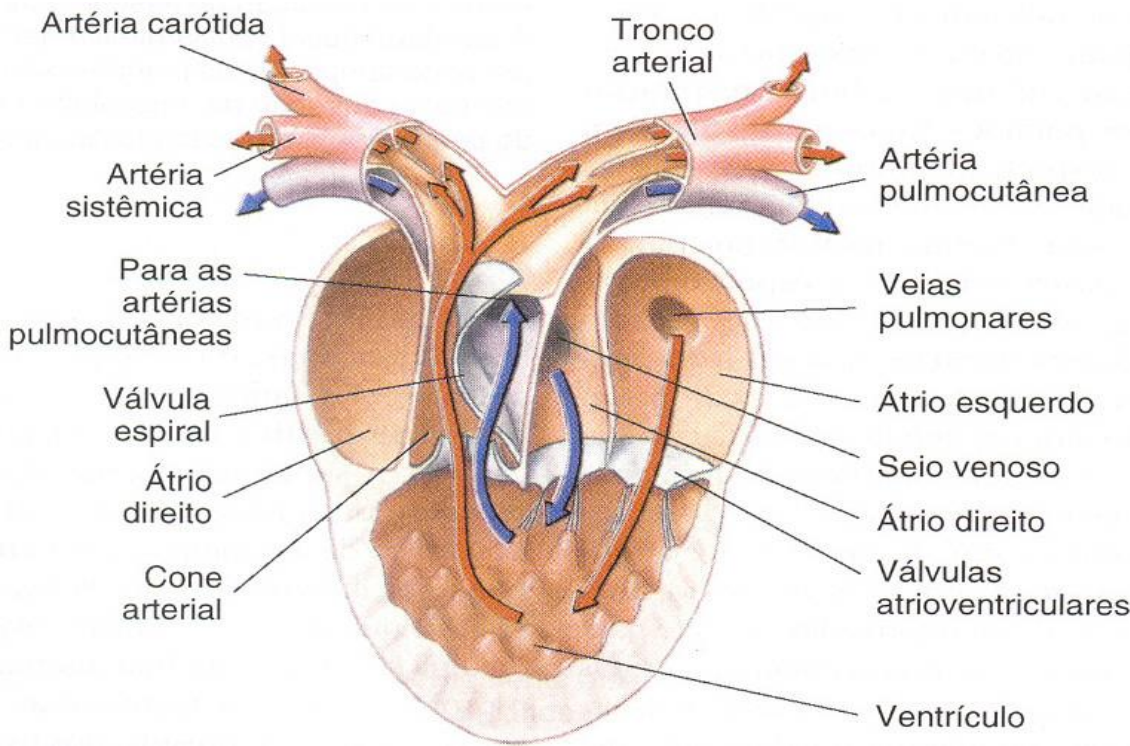
Peixes → coração bombeia sangue não oxigenado para as brânquias

Anfíbios → **circulação dupla** (circulação pulmonar e a sistêmica - para o corpo) → divisão do coração em três câmaras, **2 átrios e 1 ventrículo**;

Só nas aves e mamíferos o coração apresenta as quatro câmaras com separação completa dos sangues oxigenado e não oxigenado;

Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

Sangue não oxigenado vindo do corpo (circ. sistêmica) chega no **átrio direito** e o sangue **oxigenado**, vindo dos pulmões, chega no **átrio esquerdo** (até aqui os sangues estão ± separados)



Os átrios contraem e os sangues passam para o **ventrículo único**, onde ocorre certa mistura.

Uma parte do sangue vai para a circulação sistêmica e outra para a pulmonar;

Uma **valva espiral** mantém certa distribuição seletiva dos sangues

Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

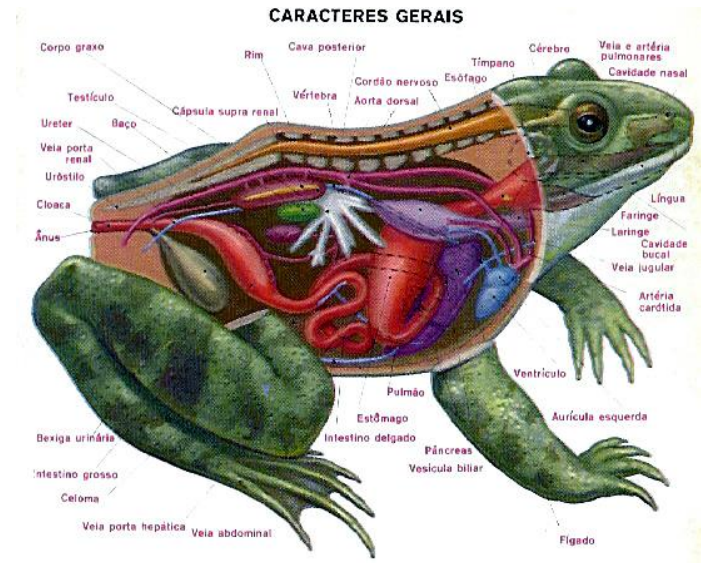
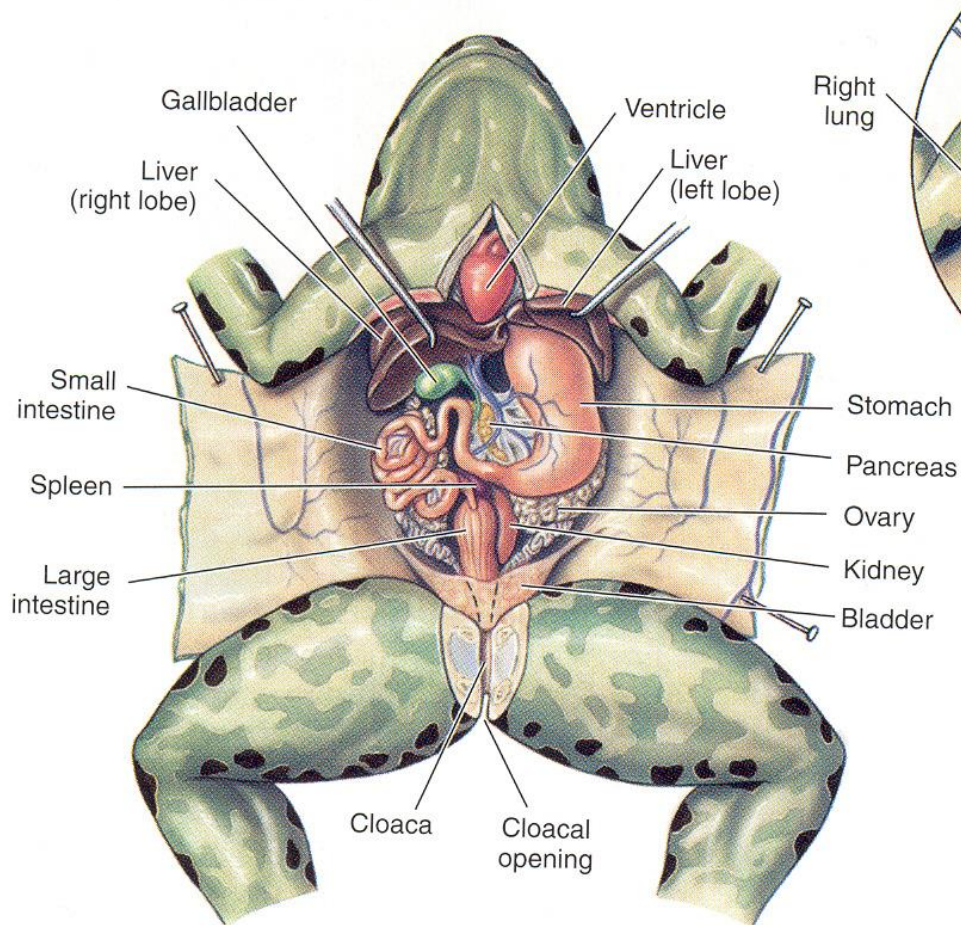
- **Alimentação e digestão:**
 - maior parte dos anfíbios adultos → **carnívoros**
 - insetos, aranhas, vermes, moluscos, miriápodes, etc...



... ou qualquer animal que se mova e que tenha tamanho para ser engolido inteiro!!!



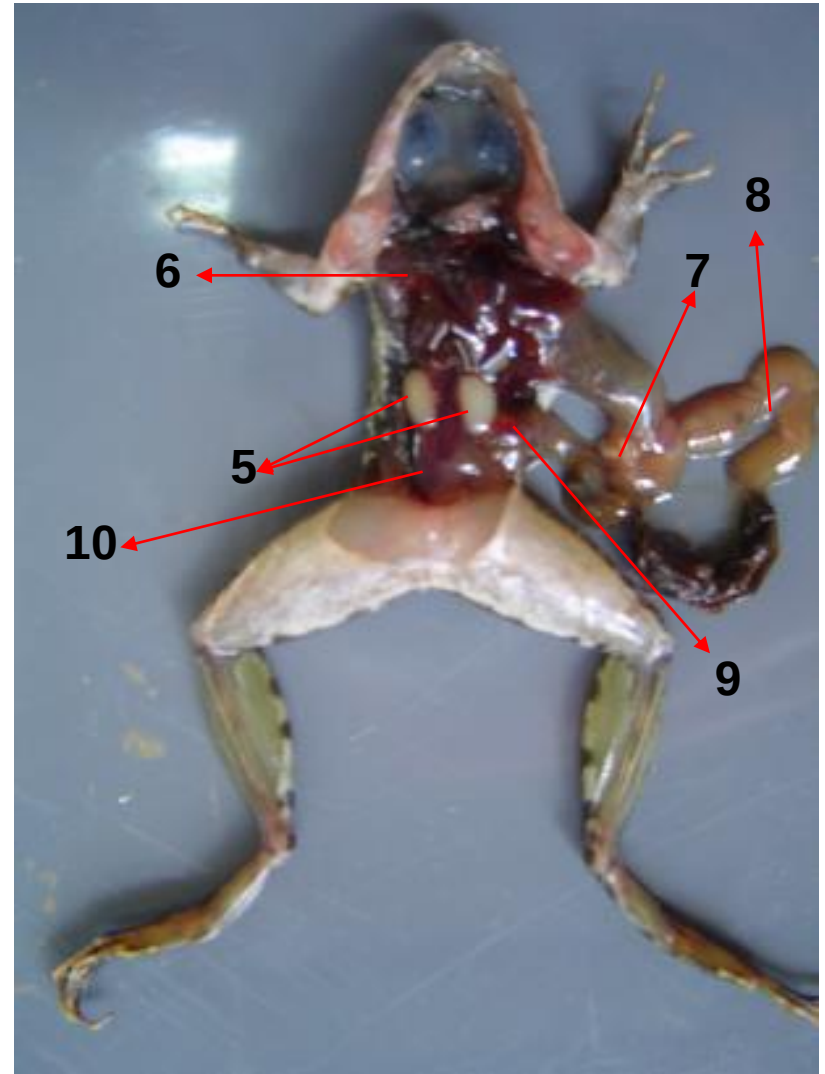
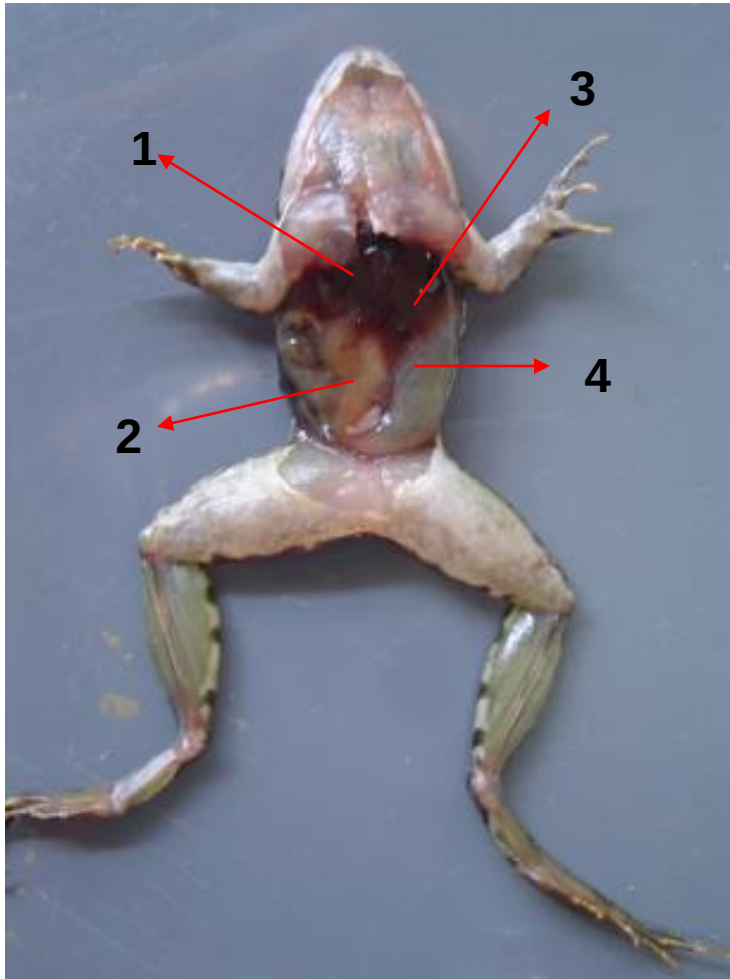
Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios



Trato digestório: completo, curto (típico dos carnívoros).

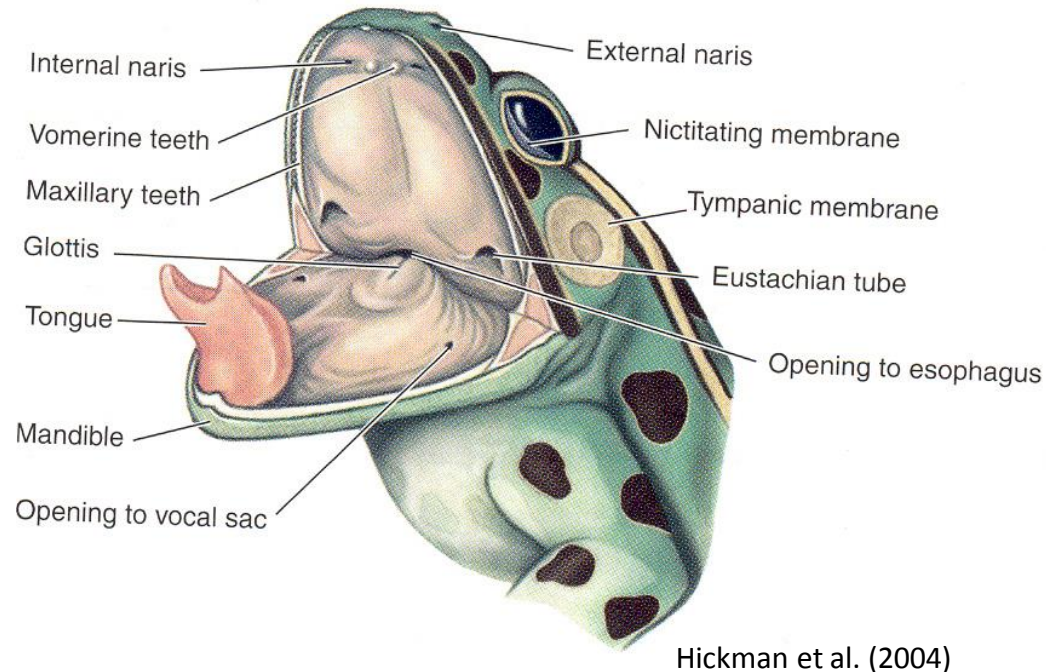
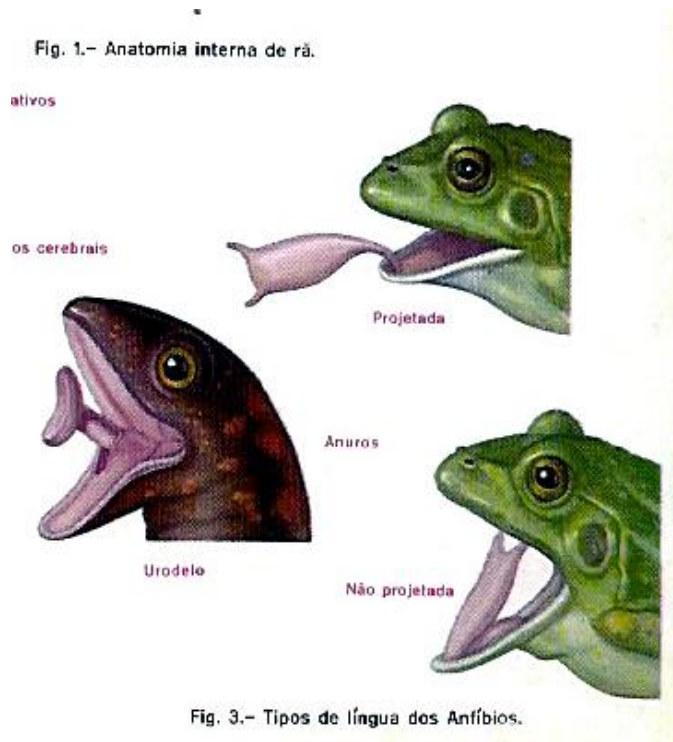
Na fase larval (girinos) são herbívoros, com o trato mais longo .

**Coração (1); Estômago (2); Fígado (3); Intestino delgado (4) Bexiga (5);
Pulmões (6); Pâncreas (7); Mesentério (8) Baço (9); Rins (10)**



Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

- **Língua:** protuzível, presa na parte anterior da boca e livre na posterior.
A parte livre é **glandular** (substância adesiva) → adere à presa.
- **Dentes:** quando presentes, servem apenas para segurar a presa. Não mordem nem mastigam;



Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

- Sistema nervoso:



com a conquista do ambiente terrestre, houve aumento da **cefalização**

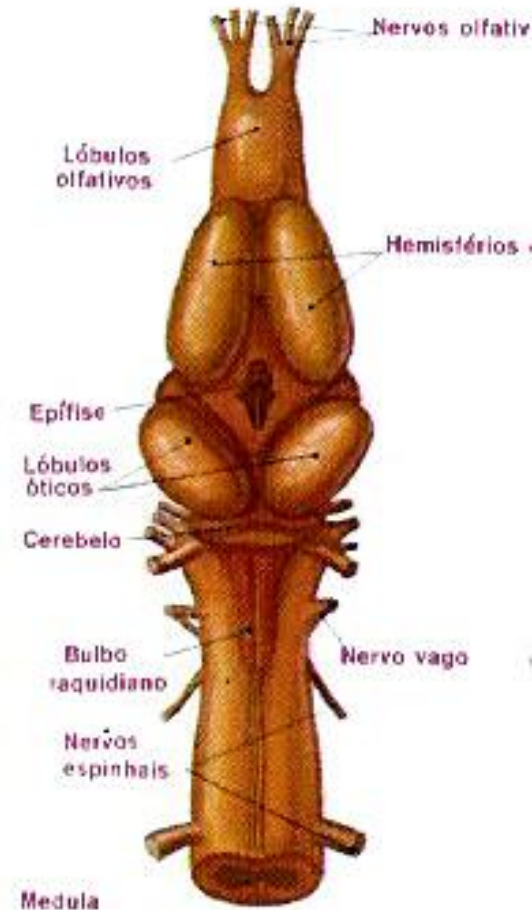
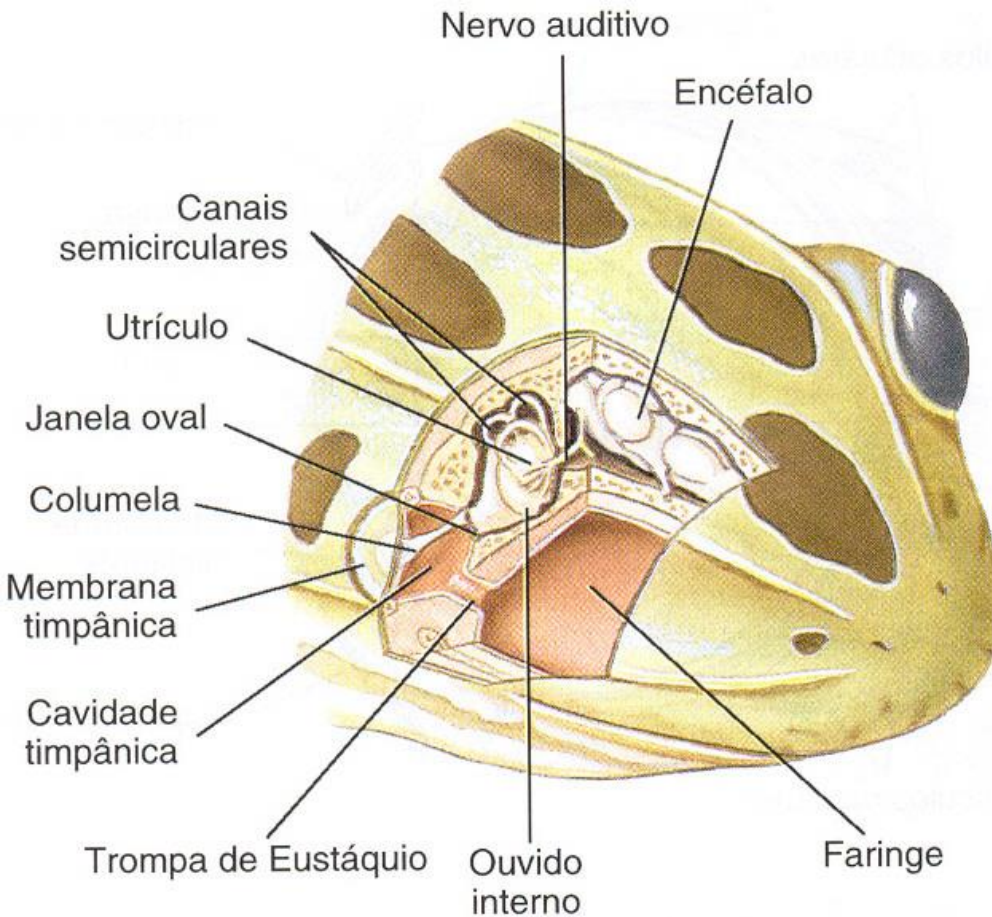


Fig. 2.— Cérebro de rã.

Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios



Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

- **Órgãos dos sentidos:** linha lateral dos peixes → presente somente nos girinos (fase aquática) e desaparece pós-metamorfose.
- **Órgão acústico** (membrana timpânica) desenvolveu-se bastante.
- **Visão e olfato** → bem eficientes.
- **Receptores químicos para sabor** (botões gustativos) → boca, língua e palato.
- **Epitélio nasal** → receptores para **odores**.

Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

- Reprodução:

Como sapos e rãs são **ectotérmicos**,
reproduzem-se nas estações mais quentes!!

- Os machos **vocalizam** para atrair as fêmeas. Quando estão maduras, as fêmeas entram na água e são abraçadas pelos machos, num processo chamado **amplexo**.
- Ficam assim até a postura dos ovos (horas ou dias). Fêmeas liberam os óvulos e os machos fertilizam.



Reprodução → Amplexo



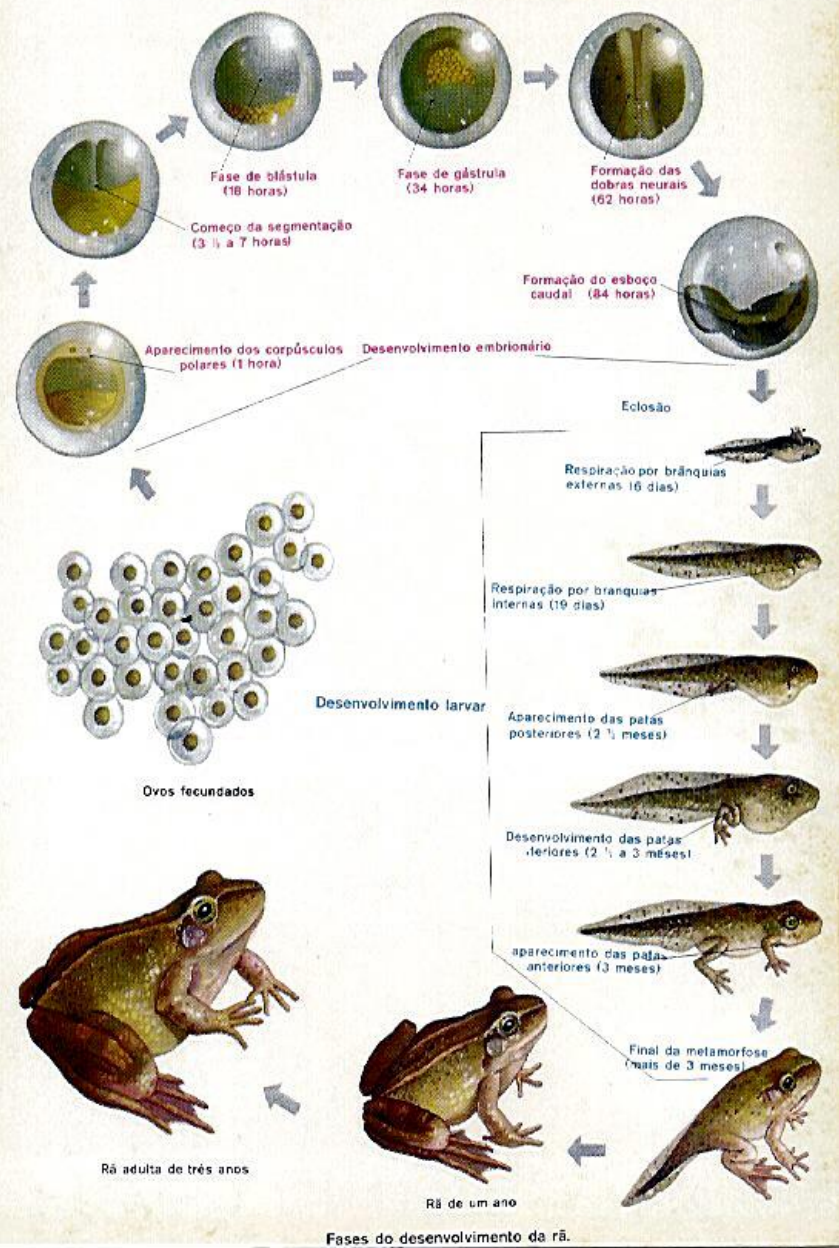
Adaptações Estruturais e Funcionais dos Anfíbios

- **Ovos** → formam uma **massa gelatinosa** que fica ancorada na vegetação. Desenvolvimento embrionário: 6-9 dias.

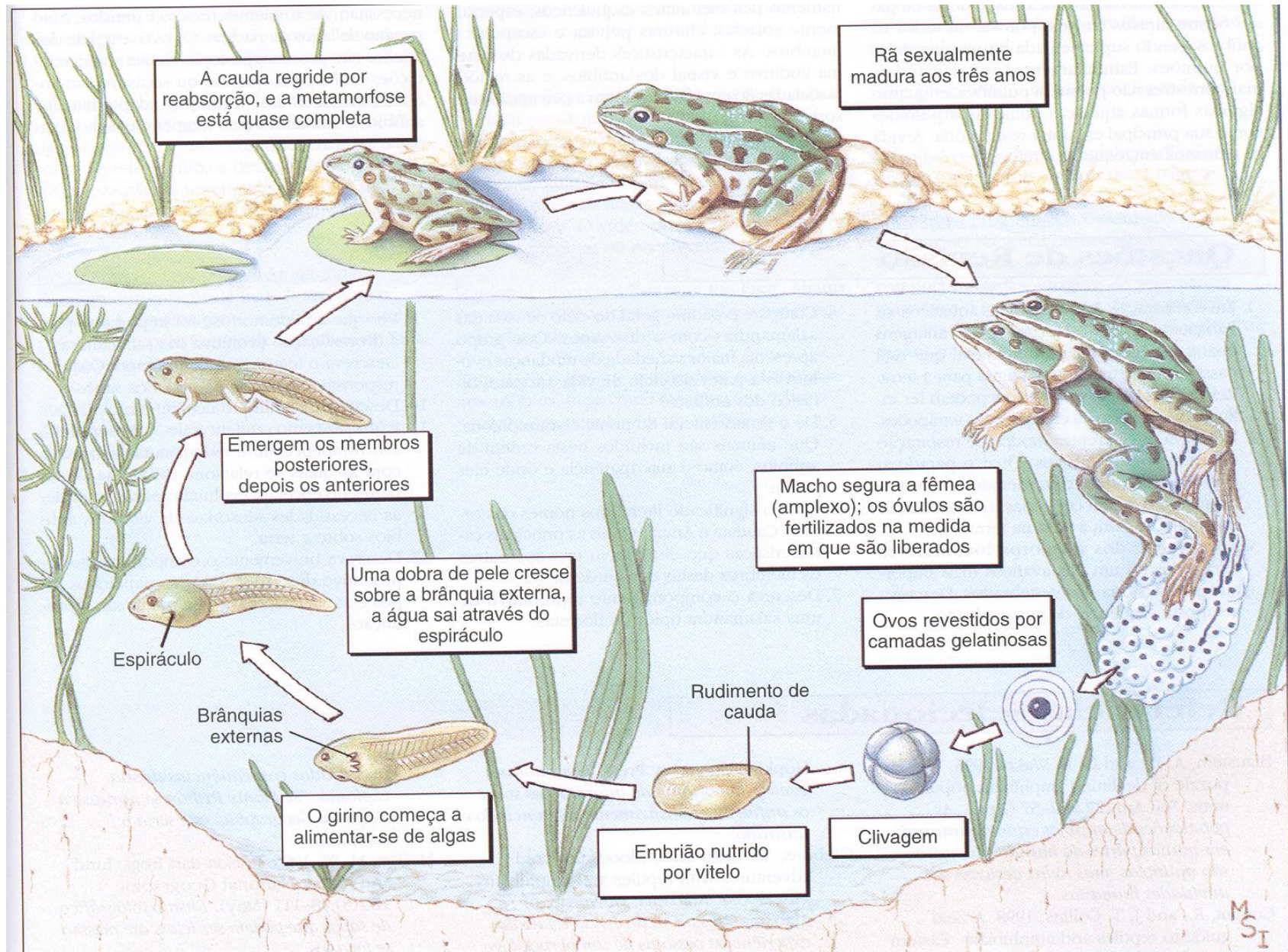


- **Larva (girino)** possui cabeça e corpo com longa cauda, boca ventral e respiração branquial.
- Na **metamorfose**: aparecem os membros (primeiro os posteriores), a cauda é reabsorvida, ocorre transformação da boca, reabsorção das brânquias e desenvolvimento dos pulmões.

METAMORFOSE DOS ANUROS (RÃ)



Reprodução em Anura



Bibliografia

HICKMAN C.P.; ROBERTS, L.S & LARSON, A. 1995 Integrated Principles of Zoology. WCB Publishers. 983p.

HICKMAN C.P.; ROBERTS, L.S & LARSON, A. 2003 Princípios Integrados de Zoologia. 11a. Edição. Guanabara-Koogan. 846p.

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

POUGH, F.H., HEISER, J.B., Mc FARLAND, W.N. 1999 A vida dos Vertebrados. Ed. Atheneu São Paulo. 2a Edição. 798p

Anatomia interna de anfíbios

Rã

Primeira camada

Fígado
Coração
Estômago
Intestino delgado

Segunda camada

Bexiga
Pulmões
Pâncreas
Mesentério

Terceira camada

Rã macho

Baço
Rins

Testículos

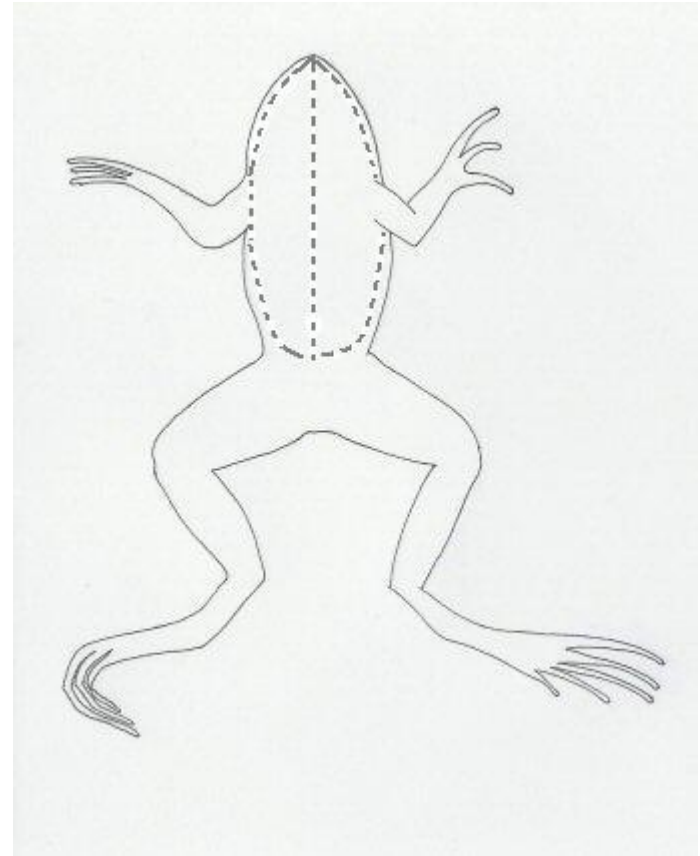
Rã fêmea

Baço
Rins
Ovário
Oviduto

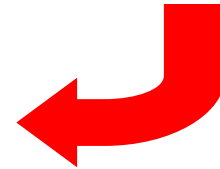
Dissecção (1)



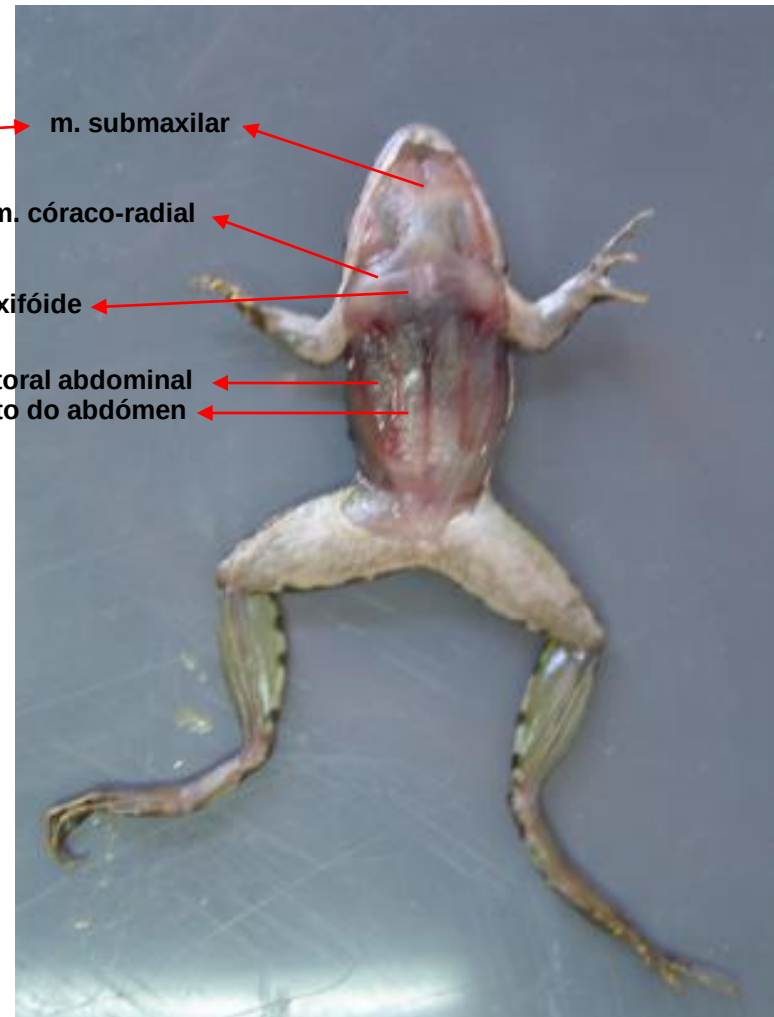
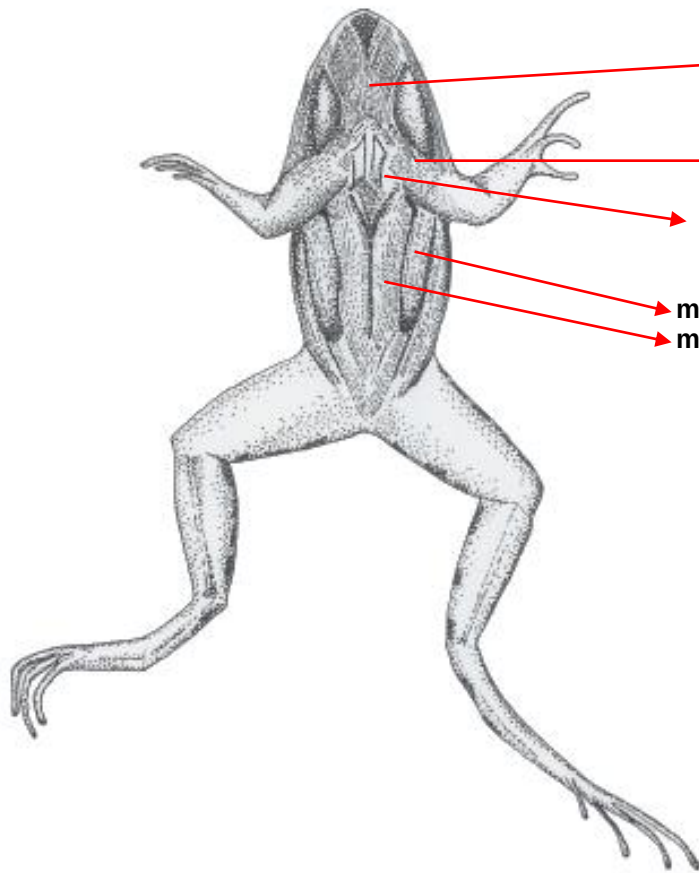
Dissecção (2)



Dissecção (3)



Dissecção (3)



m. submaxilar

m. córaco-radial

Apêndice xifóide

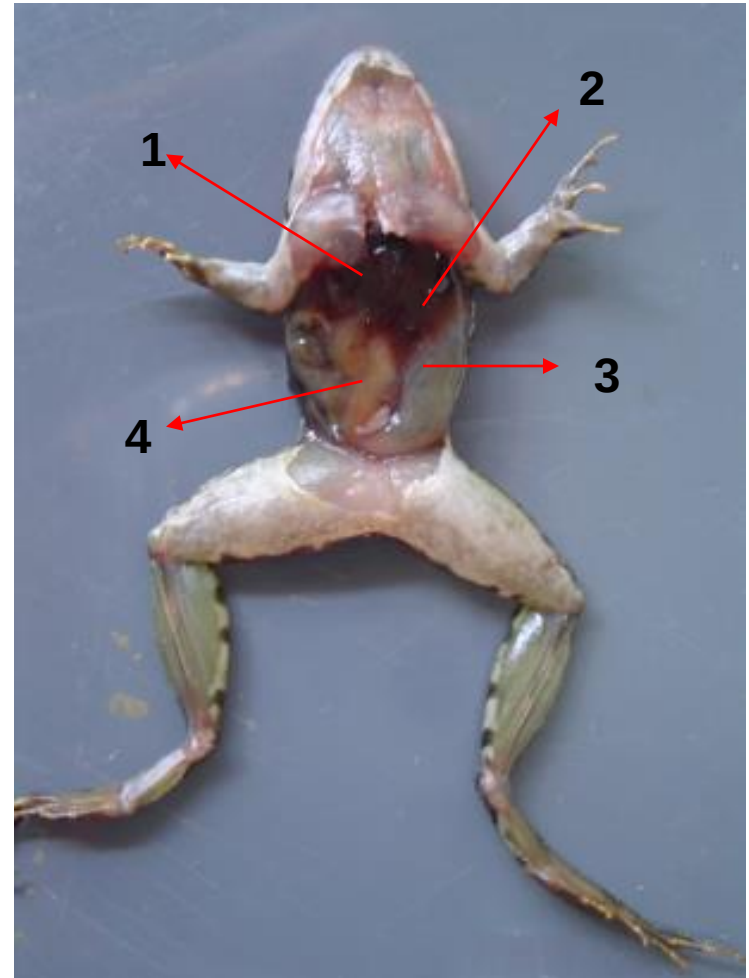
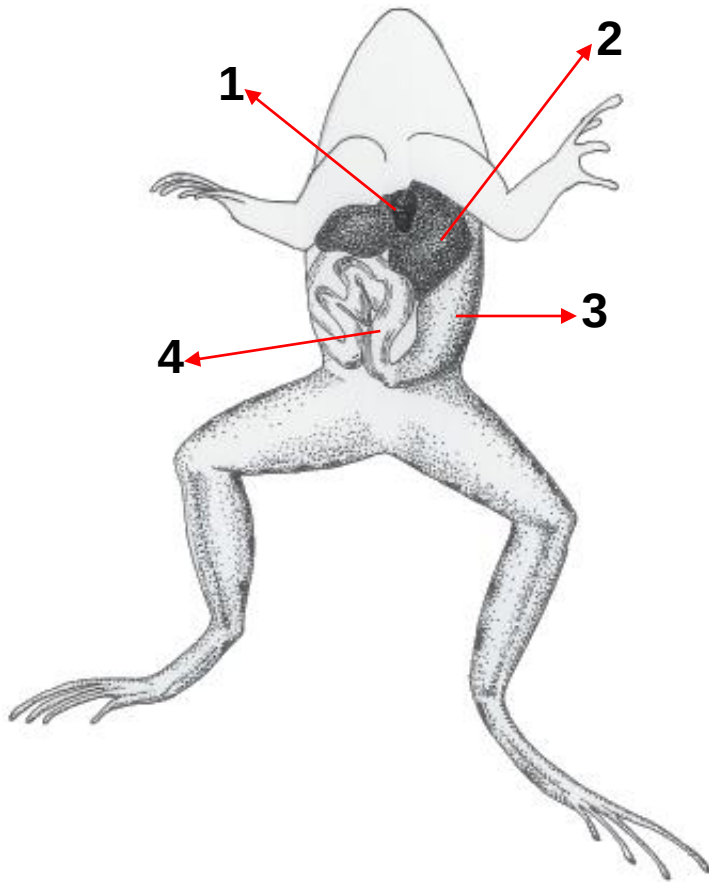
músculo peitoral abdominal

músculo recto do abdômen

Dissecção (4)

Primeira camada

Coração (1); Fígado (2); Estômago (3); Intestino delgado (4)

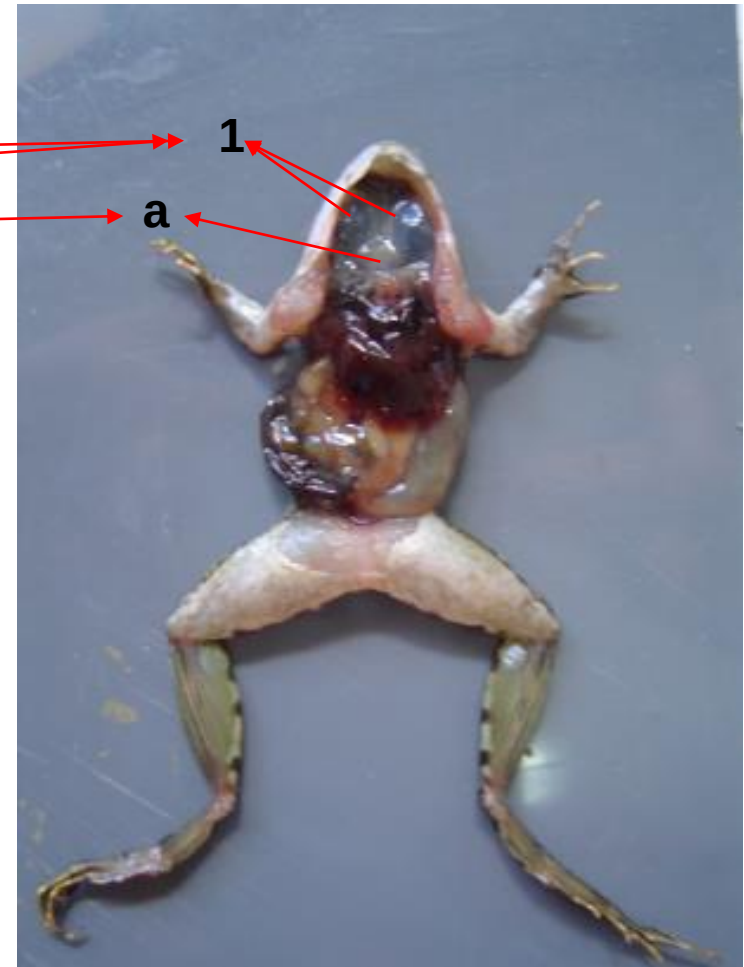


Dissecção (5)

Primeira camada

Coração, Fígado, Estômago, Intestino delgado

Região bucal (a); Capsulas ópticas (1)



Dissecção (6)

Segunda camada

Bexiga (5); Pulmões (6); Pâncreas (7); Mesentério (8)

Terceira camada

Baço (9); Rins (10)

