

ANFÍBIOS

Os anfíbios ocupam uma posição chave na história evolutiva dos vertebrados, figurando como os primeiros tetrapóides (animais dotados de quatro membros) a conquistar o ambiente terrestre seco. Essa transição, ocorrida há aproximadamente 350 a 400 milhões de anos durante o período Devoniano, deu-se a partir de uma linhagem específica de peixes ósseos conhecidos como *Sarcopterygii* (peixes de nadadeiras lobadas).



Esses ancestrais possuíam nadadeiras musculosas sustentadas por elementos ósseos homólogos aos membros dos vertebrados terrestres atuais, permitindo-lhes se arrastar entre poças d'água rasas e habitats pantanosos.

Contudo, a colonização do meio terrestre por este grupo não representou uma independência completa da água. O próprio termo "anfíbio" deriva do grego *amphi* (duplo) e *bios* (vida), fazendo referência direta à sua biologia de "dupla vida". Na maioria das espécies, a fase jovem (larval) ocorre



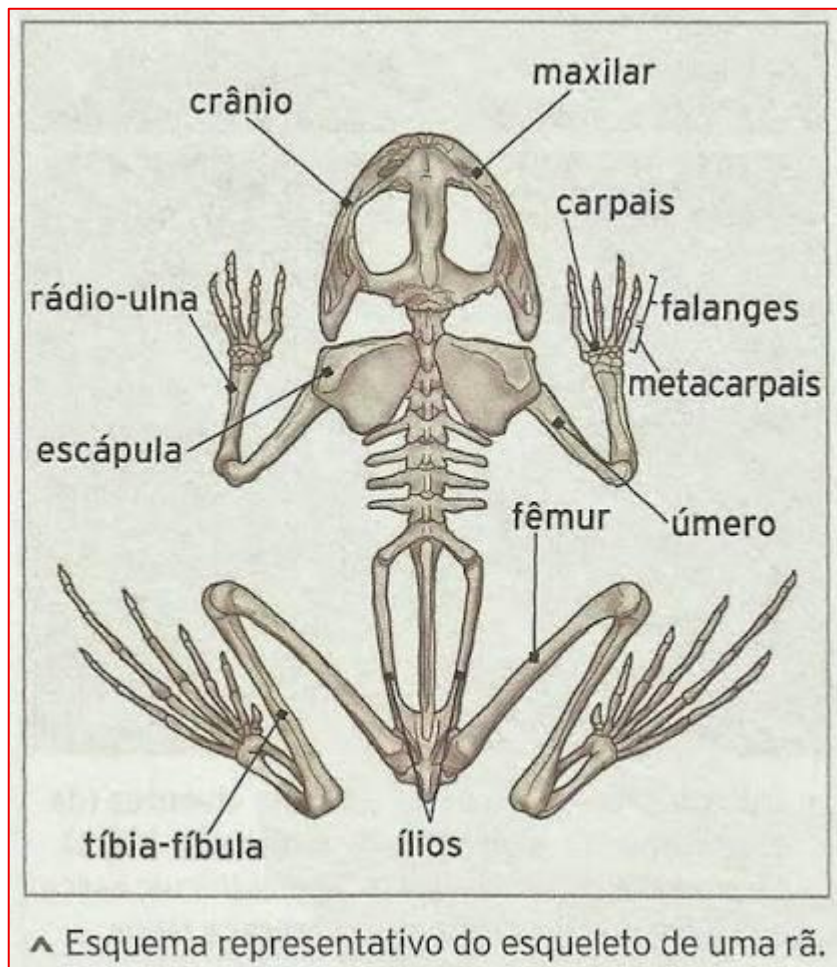
estritamente no meio aquático, enquanto o indivíduo adulto passa a habitar o meio terrestre ou semiaquático. Por carecerem de adaptações fisiológicas contra a dessecação severa, esses animais não conseguem povoar biomas extremamente áridos, como desertos, ficando restritos a microhabitats úmidos e sombreados próximos a fontes de água doce.



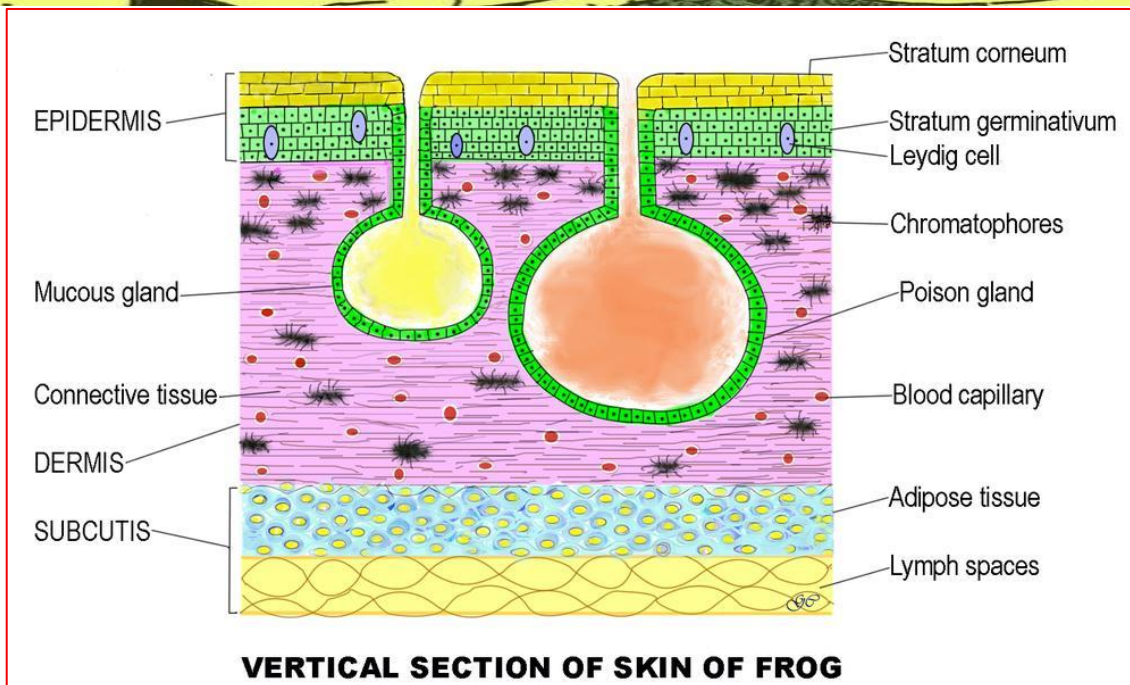
2. Anatomia Corporal, Esqueleto e Tegumento

O esqueleto dos anfíbios é completamente ossificado e articulado para suportar a ação da gravidade no meio terrestre. Ele divide-se anatomicamente em esqueleto axial (composto pelo crânio e pela coluna vertebral) e esqueleto apendicular (integrado pelas cinturas peitoral e pélvica, além dos ossos dos membros anteriores e posteriores). A estrutura cefálica apresenta características sensoriais adaptadas ao ar: possuem aberturas nasais externas conectadas à cavidade bucal por meio das coanas, o que possibilita a passagem de ar para a respiração, além de olhos

bem desenvolvidos protegidos por pálpebras móveis e uma membrana nictitante que previne o ressecamento da córnea.



O tegumento (pele) dos anfíbios é uma das suas estruturas mais complexas e vitais. A pele é extremamente fina, altamente vascularizada, permeável e desprovida de escamas queratinizadas externas (salvo raras exceções vestigiais). Para desempenhar suas funções biológicas, a pele precisa ser mantida constantemente úmida. Essa umidificação é realizada por secreções de glândulas mucosas espalhadas por toda a superfície corporal. Além das glândulas mucosas, todos os anfíbios possuem glândulas serosas (ou de veneno). Embora todos produzam compostos tóxicos em maior ou menor grau, eles **não possuem aparelhos inoculadores ativos** (como dentes inoculadores, presas ou ferrões). A liberação do veneno ocorre de forma passiva, quando o animal é comprimido por um predador. Em sapos do grupo dos bufonídeos, destacam-se as **glândulas paratóides**, localizadas na região pós-orbital (atrás dos olhos), que armazenam uma grande quantidade de toxinas que são expelidas sob pressão mecânica.



3. Fisiologia Integrada: Respiração, Circulação e Excreção

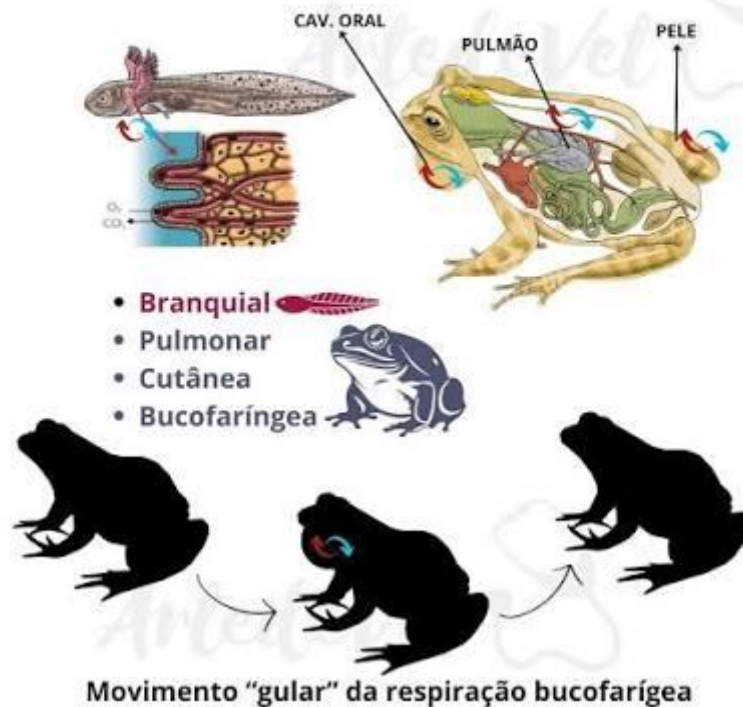
A. Trocas Gasosas e Adaptações Respiratórias

A respiração dos anfíbios varia drasticamente ao longo do seu ciclo de vida:

- **Fase Larval (Girino):** Sendo animais aquáticos, realizam a respiração por meio de brânquias (inicialmente externas e, posteriormente, cobertas por um opérculo membranoso).
- **Fase Adulta:** Os indivíduos adultos utilizam uma combinação de **respiração pulmonar** e **respiração cutânea**. Os pulmões dos anfíbios são estruturas saculiformes simples, com pouca septação interna e superfície de troca gasosa reduzida, sendo considerados pouco eficientes para suprir toda a demanda metabólica do animal. Como complemento obrigatório, a respiração cutânea responde por uma parcela significativa da absorção de oxigênio e eliminação de gás carbônico. Caso a pele do anfíbio seque, a troca gasosa por difusão cutânea é interrompida, levando o animal à asfixia. Algumas salamandras adultas da família Plethodontidae perderam completamente os pulmões, dependendo exclusivamente da respiração cutânea e buofaringea.

RESPIRAÇÃO

Anfíbios :ANFÍBIOS apresentam
4 mecanismos respiratórios



IMPORTANTE

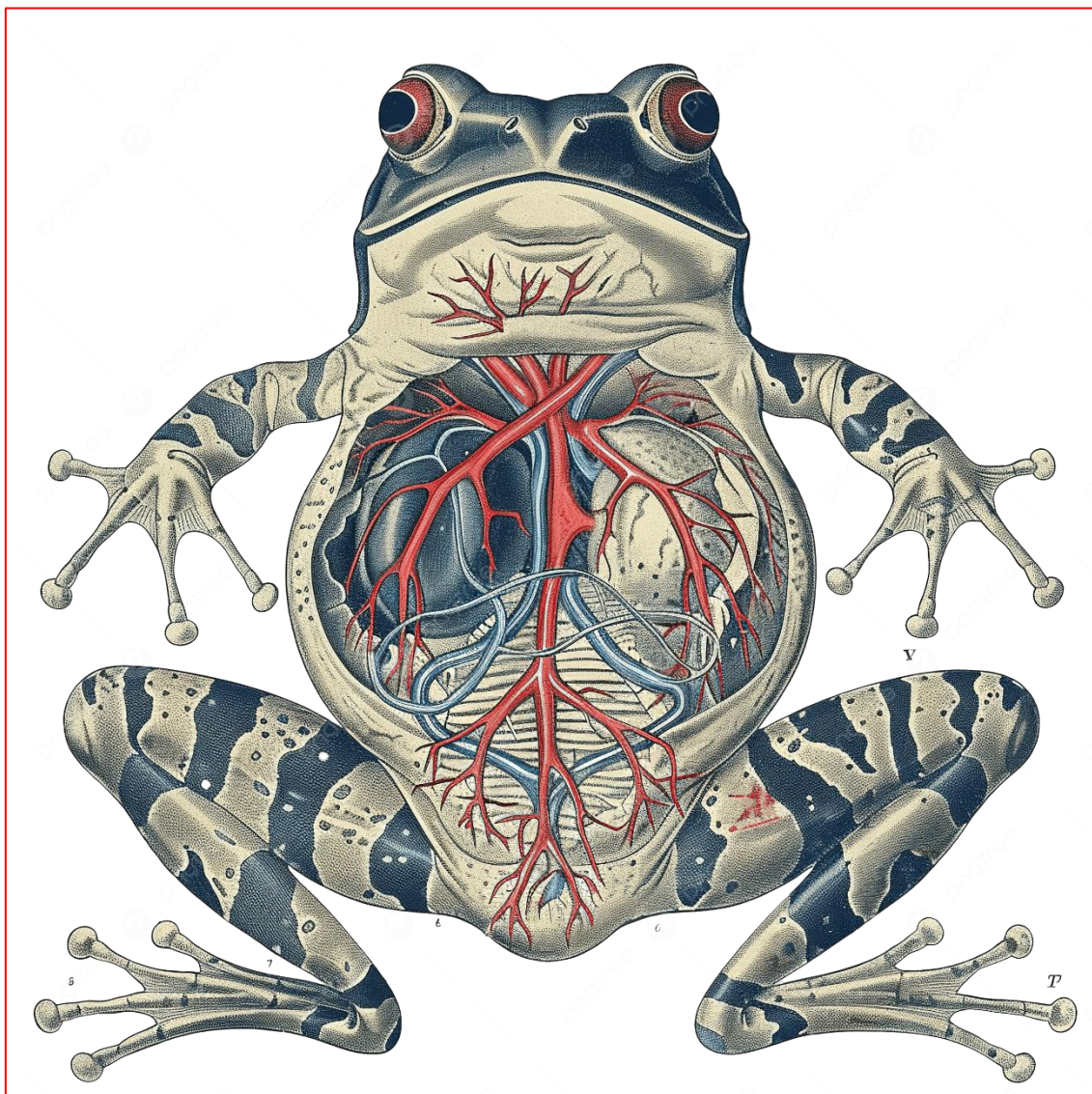
- Anfíbios **não possuem caixa torácica expansível nem músculo diafragma** para puxar o ar (como fazem os mamíferos).
- A respiração pulmonar ocorre por meio de uma **bomba de pressão positiva (bomba bucal)**:
 1. O anfíbio rebaixa o soalho da cavidade bucal com as narinas abertas, inspirando ar para a boca.
 2. Ele fecha as narinas e eleva o soalho da boca, "empurrando" (forçando) o ar para dentro dos pulmões.
 3. A expiração ocorre principalmente pelo relaxamento elástico do corpo e pela contração dos músculos abdominais.

B. Dinâmica da Circulação Sanguínea

O sistema circulatório dos anfíbios é do tipo **fechado** (o sangue corre inteiramente dentro de vasos), **duplo** (o sangue passa duas vezes pelo coração a cada ciclo completo, percorrendo o circuito pulmonar/cutâneo e

o circuito sistêmico) e **incompleto** (ocorre a mistura de sangue arterial e venoso).

- **No Girino:** O coração possui apenas **duas cavidades** (um átrio e um ventrículo), padrão semelhante ao dos peixes.
- **No Adulto:** O coração sofre reestruturação morfológica e passa a apresentar **três cavidades**: dois átrios (direito e esquerdo) e um único ventrículo. O átrio direito recebe o sangue venoso vindo de todo o corpo, enquanto o átrio esquerdo recebe o sangue arterial vindo dos pulmões e da pele. Ao entrarem no ventrículo único, esses dois fluxos sanguíneos se misturam parcialmente antes de serem bombeados novamente para o corpo e para as superfícies respiratórias.





C. Excreção e Osmorregulação

A natureza das escórias nitrogenadas excretadas pelos anfíbios está diretamente ligada ao seu habitat e à disponibilidade de água:

- **Girinos:** Sendo organismos aquáticos com grande fluxo de água corporal, são **amoniotélicos**, excretando amônia. A amônia é uma substância extremamente tóxica que exige grande volume de água para ser diluída e eliminada sem causar danos aos tecidos.
- **Adultos:** Ao passarem para a vida terrestre, tornam-se **ureotélicos**, sintetizando e excretando ureia. A ureia é consideravelmente menos tóxica que a amônia e pode ser concentrada e armazenada temporariamente na bexiga urinária, permitindo a retenção e conservação de água no organismo.

Detalhes importantes:

- Os anfíbios são **ectotérmicos** (dependem de fontes externas de calor para regular a temperatura corporal) e **poiquilotérmicos** (a temperatura do corpo varia com a do ambiente).
- Seu metabolismo é baixo em comparação ao de aves e mamíferos.
- **Estivação e Hibernação:** Em períodos de seca extrema ou frio severo, muitos anuros e cecílias se enterram no solo úmido e entram em estado de torpor (estivação no calor/seca ou hibernação no frio), reduzindo os batimentos cardíacos e a taxa metabólica até que as condições voltem a ser favoráveis.

4. Alimentação, Órgãos dos Sentidos e Reprodução

A. Dieta e Estratégia Alimentar

Enquanto as larvas (girinos) são predominantemente herbívoras ou detritívoras, alimentando-se de microalgas, bactérias e matéria orgânica em decomposição na água, os anfíbios adultos são predadores **carnívoros estritos**. Eles se alimentam de uma vasta gama de invertebrados (insetos, aranha, moluscos) e até mesmo de pequenos vertebrados.

Para capturar suas presas, muitos anuros utilizam uma **língua protátil**, presa na parte anterior do soalho da boca (e solta na parte posterior). Essa língua é altamente muscular, irrigada e coberta por uma secreção mucosa viscosa. Quando o anfíbio avista uma presa, a língua é lançada rapidamente para fora da boca, aderindo ao corpo do inseto e trazendo-o para a cavidade

oral. A visão dos anfíbios é especialmente ajustada para detectar estímulos em movimento; objetos estáticos muitas vezes passam despercebidos por esses animais.



B. Comunicação Sonora e Audição

A audição desempenha um papel crucial na reprodução dos anuros. Eles possuem um sistema auditivo bem desenvolvido com membrana timpânica externa exposta. Os machos emitem sons característicos — processo chamado de **vocalização** ou coaxar —, impulsionados pela passagem do ar dos pulmões para a cavidade bucal através dos **sacos vocais**, que atuam como caixas de ressonância. A vocalização é espécie-específica e serve principalmente para atrair fêmeas receptivas e delimitar territórios contra machos rivais.

Detalhes importantes:

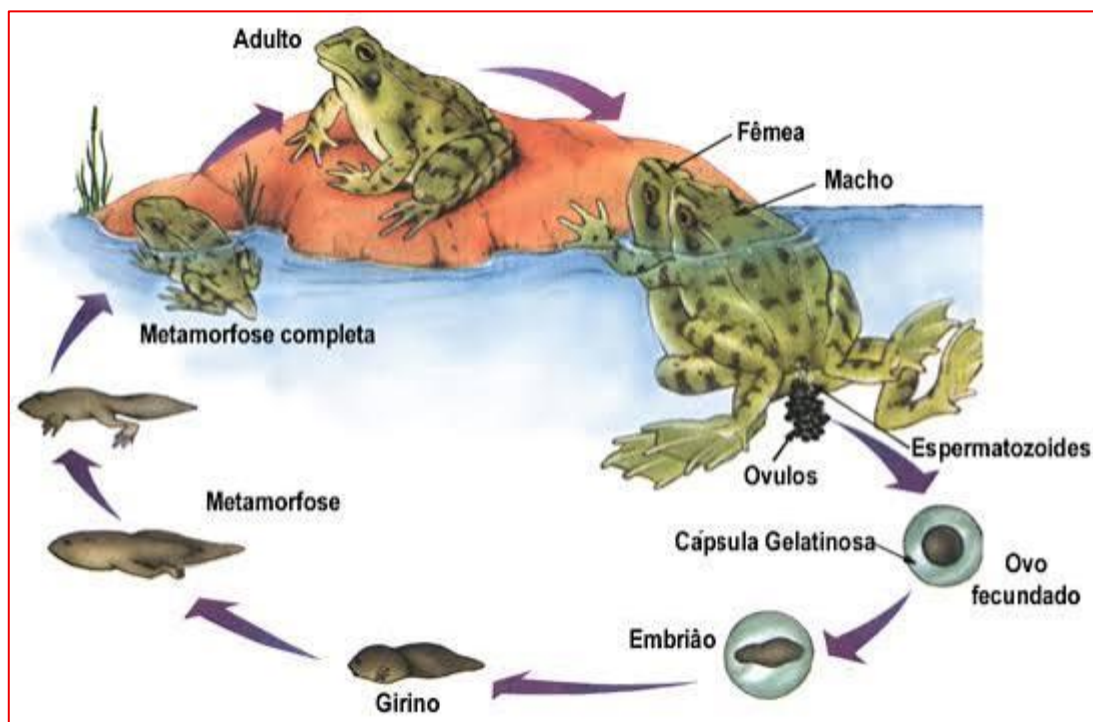
- O sistema nervoso dos anfíbios é bem mais desenvolvido que o dos peixes, contando com 10 pares de nervos cranianos.
- Além da visão e da audição, eles possuem o **órgão vomeronasal (ou órgão de Jacobson)** na cavidade nasal. Esse órgão é responsável por checar substâncias químicas (quimiorrecepção) presentes no ar ou na água, auxiliando na identificação de presas, parceiros e predadores.
- **Linha lateral:** Presente nos girinos e em alguns anfíbios adultos estritamente aquáticos (como o sapo-da-suriname, *Pipa pipa*), servindo para detectar vibrações na água — assim como nos peixes.



C. Ciclo Reprodutivo e Metamorfose

A reprodução da maioria dos anfíbios é sexuada, com espécies predominantemente **dióicas** e **ovulíparas** (botam ovos sem casca rígida).

1. **Amplexo Nupcial:** O macho abraça a fêmea por trás (abraço reprodutivo) em ambiente aquático.
2. **Fecundação Externa:** À medida que a fêmea elimina os ovócitos envoltos por uma cápsula gelatinosa, o macho lança seus espermatozoides sobre eles na água.
3. **Desenvolvimento Indireto:** Dos ovos eclodem larvas (girinos) dotadas de cauda e brânquias.
4. **Metamorfose:** Sob rigoroso controle hormonal (especialmente pelos hormônios da tireoide, como a tiroxina), o girino passa por uma profunda transformação morfológica e fisiológica. Durante a metamorfose, a cauda é reabsorvida por apoptose (em anuros), os membros surgem, as brânquias involuem, os pulmões se desenvolvem, o tubo digestório se encurta para adaptar-se à dieta carnívora e o coração desenvolve a terceira cavidade.



REPRODUÇÃO ALTERNATIVA:

Embora a fertilização externa e o abandono dos ovos na água sejam a regra geral, há diversas exceções com **cuidado parental avançado**:



- **Rãs da família Dendrobatidae:** O pai ou a mãe transporta os girinos nas costas até pequenas acumulações de água nas axilas de bromélias.
- ***Pipa pipa* (Sapo-da-suriname):** Os ovos fecundados são incubados na própria pele do dorso da fêmea, de onde os filhotes já saem totalmente formados (desenvolvimento direto).



- **Desenvolvimento Direto:** Algumas espécies de anuros terrestres (como as do gênero *Eleutherodactylus*) não possuem fase larval aquática de girino; dos ovos colocados em terra úmida já eclodem pequenos sapos em miniatura.

5. Taxonomia e Ordens dos Anfíbios Modernos (Lissamphibia)

Os anfíbios vivos estão divididos em três ordens monofiléticos bem distintos:

a. Anura (Anuros: Sapos, Rãs e Pererecas)

É a ordem mais numerosa e diversificada. Caracterizam-se pela **ausência de cauda no estágio adulto** e pela presença de membros posteriores bastante desenvolvidos e adaptados ao salto.

- **Sapos:** Apresentam corpo robusto, pele seca, espessa e com verrugas; hábitos prioritariamente terrestres e glândulas paratóides proeminentes.



- **Rãs:** Possuem pele lisa, úmida e delgada, pernas traseiras muito longas e **membranas interdigitais** nas patas posteriores, que funcionam como nadadeiras para locomoção aquática eficiente.
- **Pererecas:** São animais predominantemente arborícolas que possuem **discos adesivos (ventosas)** nas extremidades dos dedos, permitindo-lhes escalar vegetações, árvores e superfícies verticais lisas.



SAPO



RÃ



PERERECA

b. Urodela ou Caudata (Urodelos: Salamandras e Tritões)

Animais que **mantêm a cauda durante toda a vida adulta**. Possuem corpo alongado e quatro membros curtos de tamanho similar dispostos lateralmente ao corpo. Sua caminhada lembra o movimento ondulatório dos répteis. São encontrados predominantemente em regiões temperadas do Hemisfério Norte.





c. **Gymnophiona ou Apoda (Gimnofionos ou Ápodes: Cobras-cegas e Cecílias)**

Anfíbios completamente **desprovidos de membros (ápodes)**, com corpo cilíndrico, alongado e anelado, assemelhando-se a grandes minhocas ou serpentes. Possuem hábitos fossoriais (vivem enterrados no solo). Devido ao modo de vida subterrâneo, seus olhos são vestigiais ou atrofiados, muitas vezes cobertos por pele ou osso, orientando-se principalmente por quimiorrecepção e tentáculos sensoriais localizados na cabeça.



6. Aspectos Ecológicos:

- **Bioindicadores da Qualidade Ambiental:** Devido à alta permeabilidade de sua pele e à dependência dupla de habitats aquáticos e terrestres, os anfíbios são extremamente sensíveis a poluentes químicos, pesticidas, radiação UV e variações de umidade e temperatura. O declínio populacional de anfíbios em uma região é um sinal precoce de degradação ambiental.
- **Aposematismo e Mimetismo:** Algumas espécies de anuros (como as rãs da família *Dendrobatidae*) ostentam padrões de cores vivas e contrastantes (vermelho, amarelo, azul elétrico). Essa coloração de advertência é chamada de **aposematismo** e sinaliza aos predadores potenciais a presença de neurotoxinas letais em sua pele.



- **Neotenia:** Fenômeno evolutivo observado em certas salamandras (como o Axolote, *Ambystoma mexicanum*), no qual o animal alcança a maturidade sexual mantendo suas características morfológicas larvais, como a presença de brânquias externas ramificadas e hábito de vida estritamente aquático.
- **O Fungo Quitrídio (*Batrachochytrium dendrobatidis*):**
 - A quitridiomicose é uma doença infecciosa causada pelo fungo quitridiomiceto *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd).
 - Esse fungo ataca a queratina presente na pele dos anfíbios adultos (e nos dentes dos girinos). Como a pele é vital para a respiração cutânea, absorção de água e equilíbrio eletrolítico (trocas de sais como potássio e sódio), a infecção compromete a função da pele e leva o animal à parada cardíaca.
 - É considerada uma das maiores causas do declínio global e extinção de várias espécies de anfíbios nas últimas décadas.



LINKS ÚTEIS

<https://www.todamateria.com.br/anfibios/>

<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/anfibios.htm>

<https://www.youtube.com/watch?v=kiC-SOpVli0>

<https://www.ufrgs.br/herpetologia/anfibios-2/anfibios/>

<https://www.youtube.com/watch?v=L893-jyEirU>

<https://www.assis.unesp.br/#!/departamentos/ciencias-biologicas/museu-cbi/acervo/fosseis/animal/anfibios/>

<https://www.anfibiosdasaraucarias.com.br/anfibios.html>

<https://conexaociencia.com.br/os-anfibios-sao-os-primeiros-a-sentir-o-desequilibrio/>

<https://www.embrapa.br/web/territorial/fauna-campinas/anfibios>

<https://www.gov.br/inma/pt-br/assuntos/noticias/anfibios-representam-os-vertebrados-mais-ameacados-do-mundo>

<https://www.biologianet.com/zoologia/anfibios.htm>

<https://www.uesb.br/noticias/anfibios-pequenos-guardioes-da-biodiversidade/>

<https://cursinhoparamedicina.com.br/blog/biologia/classe-dos-anfibios/>