

Zoologia

Tema B: Diversidade de Vertebrados

5 Os dinossauros estão vivos!



1 Início de Conversa

Um dos aspectos mais interessantes no estudo dos vertebrados é o de que, de maneira geral, é um estudo sobre nós mesmos. Muitas das características morfológicas e comportamentais dos demais vertebrados nos são familiares e intuitivamente compreensíveis (e talvez por isso sejam tão comuns como animais de estimação ou tão presentes em manifestações artísticas), porque com todos eles compartilhamos uma história, um arcabouço evolutivo, de quase 3 bilhões de anos, se considerarmos que a vida tenha surgido há 3,5 bilhões de anos e que as primeiras linhagens de vertebrados tenham se divergido há mais de 0,5 bilhão de anos. E claro, essa sensação de “proximidade” e de “próprio” tende a aumentar conforme analisamos táxons cada vez menos inclusivos (*i.e.*, mais restritivos) dos quais fazemos parte. Em determinado ponto, conforme se reduz a abrangência temporal, percebe-se que o estudo da evolução humana se imiscui à dos demais primatas.

Essas noções de continuidade e pertinência (atrelada a teorias simples dos conjuntos) muitas vezes não são abordadas em ambiente escolar tão enfaticamente quanto deveriam. Os motivos para isso podem incluir o excesso de subjetividade que permeia alguns estudos evolutivos, ou mesmo a trivialidade com a qual são tratadas as tantas homologies que temos com os demais vertebrados, ou as dificuldades em reconhecer e interpretar essas mesmas homologies.

Muitas vezes, até os especialistas titubeiam ao comparar determinadas estruturas, dado o grau de discrepância morfológica entre alguns táxons atuais, como a existente entre os cetáceos e os demais mamíferos.

Como auxílios indisputáveis nesses estudos vêm os dados paleontológicos, que muitas vezes preenchem um grande intervalo entre as linhagens remanescentes. A pesquisa paleontológica é muito explorada pela mídia e tende a despertar grande interesse no estudante; contudo, essa mesma mídia gera muita informação que diverge do conhecimento de referência. O professor, na sala de aula, tem uma oportunidade ímpar de selecionar criteriosamente os conhecimentos a serem assimilados por seus alunos, e o mesmo se aplica nessa situação.

O grande interesse suscitado por temas como “dinossauros”, “tigres-dentes-de-sabre”, “evolução humana” e “tectônica de placas” tem de ser aproveitado de qualquer maneira, e o estudo dos vertebrados é um dos melhores momentos para isso.

É válido lembrar o aluno constantemente de quão valiosa foi a aquisição do esqueleto ósseo pelos osteíctes (grupo no qual se incluem todos os vertebrados terrestres) adultos. Os principais componentes do osso são uma matriz de colágeno e fosfato de cálcio, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; no caso dos grandes condrictes, também há deposição, ainda que acelular, de carbonato de cálcio no esqueleto cartilaginoso (um processo que não pode ser considerado como ossificação). A rigidez dessa estrutura elaborada lhes confere uma estrutura corpórea bastante adequada à fossilização, e altamente suscetível à ação da seleção natural, devido ao seu elevado valor adaptativo: não só como proteção e sustentação, mas como alavancas e pontos de ancoragem de músculos; tudo isso permitiu uma força de mordida (na extremidade distal) superior a 10 kN nos **terópodes** (Erickson et al., 1996) e superior a 1 kN em hienídeos e **tilacoleonídeos** (Wroe et al., 2005).

Esse rico registro fossilífero deve ser salientado durante uma abordagem evolutiva dos grupos animais, na qual alguns fósseis-chave (como *Ichthyostega* para os Tetrapoda, *Archaeopteryx* para as Aves e *Dimetrodon* para os Mammalia) devem ser usados para a compreensão do surgimento dos diversos grupos. Em vez de tratar os grupos como meras compilações de características, o ideal seria tratá-los num contexto temporal e espacial, com ênfase em um cenário maior. O próprio cenário brasileiro pode ser explorado com esse intuito, seja através de visitas a sítios e parques paleontológicos (tal qual o **Parque do Varvito**, em Itu, SP) ou a museus de história natural (como o **Museu de Zoologia da USP** ou o **Museu de História Natural de Taubaté**). O aluno deve adquirir a noção de que a paleontologia é um ramo ativo de pesquisas no Brasil, rompendo com o senso comum de que apenas é feita no exterior.

Um dos maiores obstáculos a essa postura evolutiva no ensino de vertebrados nos livros didáticos é a contraditória desvinculação dos conceitos evolutivos (que costumam ser ensinados à parte e isoladamente), quando estes deveriam ser o eixo estruturador em todos os estudos de biodiversidade, inclusive o dos vertebrados. Assim, de acordo com a Figura 5.1, o professor poderia recorrer a alguns táxons fósseis que ilustrassem, de forma instigante, uma parte representativa da fauna de vertebrados extinta - uma parte que explicasse, resumidamente, a existência da fauna atual. Se o aluno chegar ao ponto de compreender o impacto que os processos acelerados de mudança ambiental desencadeados atualmente podem causar em toda a biota, tanto melhor: nesse momento, estará sendo desenvolvida uma ponte entre a Zoologia, a Evolução e a Ecologia.

 Acessando a atividade interativa no ambiente virtual, você conhecerá uma amostra da diversidade de animais fósseis (todos já extintos) tidos como importantes na evolução dos vertebrados (sem proporção de escala), com preferência à fauna brasileira.

01 <i>Pikaia</i>	02 <i>Pteráspido</i>	03 <i>Placoderme</i>	04 <i>Cladoselaco</i>
05 <i>Cheirolepis</i>	06 <i>Ichthyostega</i>	07 <i>Triadobatrachus</i>	08 <i>Westlothiana</i>
09 <i>Multituberculado</i>	10 <i>Proganochelys</i>	11 <i>Protosuchus</i>	12 <i>Anahnguera</i>
13 <i>Sacissauro</i>	14 <i>Saturália</i>	15 <i>Esaturicossauro</i>	16 <i>Arqueoptérix</i>
17 <i>Alossauro</i>	18 <i>Oxalaia</i>	19 <i>Utatsussauro</i>	20 <i>Tilossauro</i>

Figura 5.1 Interface da Atividade Interativa. / Fonte: CEPA

Segure sua ansiedade: alguns detalhes sobre a evolução dos vertebrados serão contemplados no próximo tópico! Mesmo assim, anteciparemos alguns pontos.



1.1 Como iniciar o estudo do Subfilo Vertebrata

Normalmente, inicia-se o estudo dos vertebrados apresentando-se as características comuns a todos eles, e depois se abordando as tradicionais classes, uma a uma, através da compilação de características, sendo algumas bastante questionáveis; quando sobra algum tempo, dá-se um ou outro exemplo de animal integrante. Entretanto, essa não é a forma como o próprio conhecimento foi desenvolvido: o que cativou e incitou o homem a estudar os vertebrados foi a vontade de entender a diversidade estonteante de animais ao seu redor. Da mesma forma, o professor pode apresentar primeiramente a diversidade de formas, e, atuando como mediador, solicitar aos alunos que ali tentem reconhecer e organizar padrões.



Figura 5.2 Gavial, crocodiliano que apresenta um grande estreitamento lateral em seu focinho, sendo uma espécie vivente na atualidade. / Fonte: Thinkstock

Com esse intuito, a aula inicial pode exibir formas atuais e fósseis de alguns vertebrados (como as acima apresentadas), mesmo que sejam apenas imagens, mas idealmente daqueles que amostressem sucintamente a plasticidade morfológica criada em meio bilhão de anos. Uma sugestão seria o uso de dez ou onze animais: uma feiticeira, um placoderme, um peixe-escorpião, uma piramboia, um sapo pipídeo, um tatu, um jabuti, um pterossauro, um gavial (Figura 5.2), um tricerátopo e uma diátrima, por exemplo. Ao fim da atividade, todos esses animais devem ser reconhecidos como craniados, sendo que a maioria (da lista acima, os últimos nove) seria de vertebrados, todos descendentes de um ancestral comum, único e exclusivo.

As aulas seguintes poderiam focar-se em grupos menores. O planejamento depende do tempo disponível, mas deveriam ser tratados apenas grupos naturais, para não romper o eixo estruturador do curso. Assim, seguindo a mesma estratégia proposta acima, poderiam ser contemplados os seguintes grupos apresentados no próximo subtópico.



1.2 Subfilo Vertebrata



Figura 5.3 Trilobito – fóssil articulado e completo que, segundo os pesquisadores atuais, ocorreu na época do Cambriano. / Fonte: Thinkstock

As quase 60.000 espécies conhecidas de vertebrados devem ter destacadas duas principais características, entre muitas outras (como detalhes em órgãos sensoriais, musculatura radial nas nadadeiras etc.): a primeira, claro, é a coluna vertebral, desenvolvida a partir de células mesodérmicas; a segunda, olhos complexos (musculatura ocular extrínseca), derivada em grande parte a partir de células ectodérmicas. Decisiva foi a importância dessas estruturas no padrão de vida dos primeiros vertebrados (que datam do Cambriano), ainda marinhos e de pequena dimensão, mas que conviviam com outros animais bastante complexos e eficientes, como trilobitos (Figura 5.3) e braquiópodes. Vale frisar que, aparentemente, o surgimento da coluna vertebral não foi simultâneo ao do crânio (que surgiu antes) nem ao das mandíbulas (que surgiram depois, como transformações dos primeiros arcos viscerais).



1.3 Representantes do Subfilo Vertebrata: não Amniotas

Grupo de vertebrados tetrápodes que não inclui os répteis, aves e mamíferos, que se caracterizam pela presença de um anexo embrionário: o âmnio.

LAMPREIAS (HYPEROARTRIA)

No estudo desses seres, seria ideal que fossem valorizadas as aquisições dessa linhagem (boca circular sugadora, narina mediana dorsal) em detrimento de suas ausências (como “sem mandíbulas”; perceba que, se fôssemos elencar tudo que um organismo não tem, a lista seria interminável!). O termo “Agnatha” (que inclui as feiticeiras, que não são vertebrados) deve ser evitado, assim como todos os grupos não naturais, para que a classificação pareça ao aluno mais objetiva e metódica. Três gêneros de lampreias poderiam ser usados para mostrar o padrão corporal desses animais: *Petromyzon marinus* (marinha; observe a boca repleta de dentículos e os 7 orifícios faríngeos), *Lampetra planeri* (dulcícola) e *Hardistiella* sp. (extinta). Finalmente, é interessante frisar o hábito parasita desses animais, já que muitos alunos não veem nos vertebrados a possibilidade de parasitismo (que ocorre inclusive nos mamíferos).

PEIXES CARTILAGINOSOS (CHONDRICHTHYES)

Esta é uma das duas únicas linhagens atuais de gnatostomados, vertebrados com mandíbulas e dentes. (Figura 5.4) Esse ramo sofreu três grandes irradiações, a partir do Devoniense, mas todas são caracterizadas por apresentarem clássper nos machos (modificação nas nadadeiras importantes na cópula), escamas placoides (semelhantes a dentes) e um esqueleto de estrutura cartilaginosa calcificada (não pode ser considerado feito de osso, órgão especial presente apenas nos osteíctes). A última irradiação é mesozoica, e a partir dela são encontrados animais com capacidade protrátil da maxila, tal qual a vista num tubarão (p. ex.: *Carcharodon carcharias*). Alguns gêneros sugeridos (quicá presentes em

aquários públicos ou museus, aos quais visitas seriam atividades úteis ao aprendizado de Zoologia como um todo): *Chimera monstrosa*, *Prionace glauca*, *Carcharodon megalodon*†, *Sphyrna spp.* e *Manta birostris*.

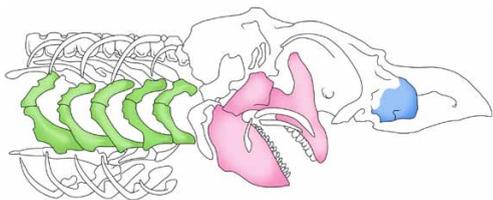


Figura 5.4 Esquema ilustrando a estrutura mandibular de um gnatostomado (no caso, um condricte). Em verde, os arcos branquiais (dos quais se teriam diferenciado as mandíbulas e maxilas); em rosa, a maxila (condricte, com articulação anterior extra) e a mandíbula. O bulbo olfatório é representado em azul. / Fonte: CEPA

PEIXES ÓSSEOS (OSTEICHTHYES)

Os jovens costumam dizer que as baleias são peixes, instantes antes de serem corrigidos por alguém. Mas não deveria ser assim: atualmente, inclusive, seria mais aceitável que fosse a criança a repreender! Não só as baleias, mas todos os demais gnatostomados não condrictes (desconsiderando as linhagens extintas de *Acanthodii*† e *Placodermi*†) são osteíctes. Esses animais possuem ossificação endocondral (aquela na qual os tecidos ósseos crescem usando uma matriz conjuntiva de molde) e ossos dérmicos no opérculo, entre outras características mandibulares e das nadadeiras. Algo marcante nesse grupo é a bexiga natatória: em alguns peixes ósseos derivados, ela perdeu a ligação com o trato digestório (condição fisóclista), mas nos demais, não (condição fisóstoma); em todo caso, aparentemente, a bexiga não aparenta estar relacionada ao surgimento de pulmões, que devem ter aparecido mais de uma vez na evolução dos peixes ósseos.

Desse grande grupo fazem parte os actinoptérgios (de nadadeiras raiadas: são mais de 20.000 espécies viventes conhecidas) e os sarcopterígio (de nadadeiras carnosas). Para amostrar um pouco da diversidade de osteíctes, são interessantes peixes como uma piranha (*Serrasalmus sp.*), um pirarucu (*Arapaima gigas*), um atum (*Thunnus sp.*), um cascudo (*Loricaria sp.*), uma piramboia (*Lepidosiren paradoxa*), e *Acanthostega sp.†*. Também uma atividade que envolva a manutenção de um aquário na escola (desses simples, de residência) pode ser muito interessante. Veja um exemplo de *nadadeira raiada* (actinoptérgio) e um exemplo de *nadadeira carnosa* (sarcopterígio).

TETRÁPODES (TETRAPODA)

Os processos macroevolutivos (aqueles produtores dos grandes saltos adaptativos, como o existente entre os dipnoicos, peixes pulmonados e os anfíbios) podem ser entendidos tanto por equilíbrio pontuado (mudanças bruscas em termos de tempo geológico) quanto por gradualismo (mudanças sutis e progressivas, cumulativas). Talvez o desconhecimento de alguns fósseis e a desconsideração completa da teoria do equilíbrio pontuado (segundo a qual, simplificando, as populações poderiam sofrer mudanças bruscas, nem sempre graduais, ao longo do tempo geológico) estimularam o pensamento de que peixes não-tetrápodes e tetrápodes fossem grupos muito distantes. Romper com essa pré-concepção é fundamental para a compreensão de conceitos sistemáticos, evolutivos e paleontológicos: eis uma boa chance. Os tetrápodes (sobre os quais, aliás, existe certa dissensão na literatura quanto à sua definição, se o grupo inclui poucos ou muitos ancestrais) apresentam um conjunto de novidades evolutivas adquiridas entre o Permiano e o Devoniano, das quais podem ser destacadas a presença de membros com dedos, a camada de células mortas na epiderme, a língua complexa, glândulas diversas, e a perda de fendas branquiais em período pós-embriônico.

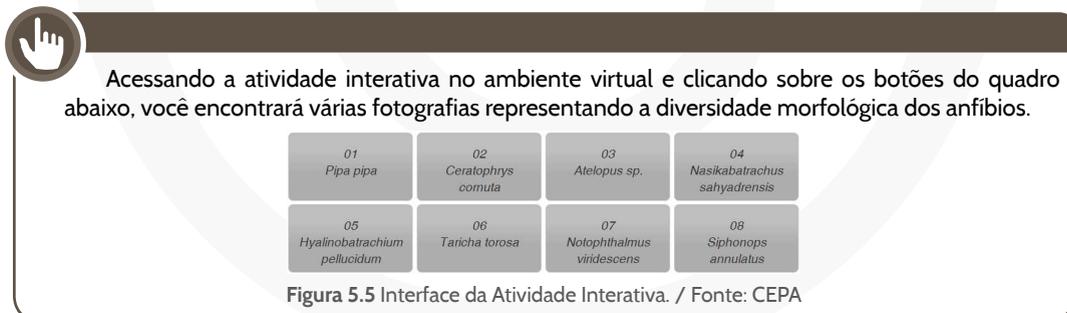
As teorias sobre a sequência e a ordem em que se sucederam tais eventos são bastante diversas, mas restam poucas dúvidas quanto ao impacto que tais traços trouxeram aos tetrápodes, que passaram a interagir com e explorar novos ambientes, e de novas maneiras.

Os momentos nos quais se abordam os anfíbios deveriam ser precedidos (ainda que durante uma mesma aula) por uma exposição enfática e sumarizada dos tetrápodes como um grupo natural. Imagens de animais fósseis considerados intermediários entre os dipnóicos e os anfíbios são muito bem-vindas: *Panderichthys* †, *Acanthostega* †, *Ichthyostega* † e *Tulerpeton* † são boas escolhas.

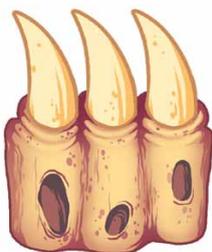
ANFÍBIOS (AMPHIBIA)

Os anfíbios, com pouco mais de 6.000 espécies descritas ainda viventes, possuem algumas características particulares, entre as quais a estrutura da pele (glandular, capaz de trocas gasosas) e do ouvido interno.

Três linhagens principais compõem o grupo: Gymnophiona (cecílias: sem pernas, com crânio fechado e compacto. Atente para o fato de que muitos alunos julgam que esses animais sejam anelídeos ou miriápodes, algo que se percebe que é absurdo após simples observação!) e os batráquios Salientia (sapos, rãs e pererecas: geralmente, capazes de vocalizar e dotados de pernas posteriores saltatorias) e Caudata (salamandras: crânio mais aberto, com ossos perdidos ou fundidos). A diversidade desse grupo – que pode ter se originado no Permiano – é algo que pode ser muito bem explorado em sala de aula: as variações notáveis de forma, cor, desenvolvimento (lembra-se de uma pequena amostra quando falamos do desenvolvimento de vertebrados?), reprodução (com fecundação que pode até ser interna via espermatóforos, no caso das salamandras), e comportamento (inclusive o sexual – Figura 5.5 – cópula em *Taricha torosa* (dois machos, uma fêmea)) mostram que há mais nesses animais do que apenas sapos-montanha (Figura 5.5).



LABIRINTODONTE



PEDICELADO

Figura 5.6 Esquemas de tipos de dentes. / Fonte: CEPA

Enquanto os ancestrais dos anfíbios modernos (*Ichthyostega* (tetrápode)) apresentavam dentes mais complexos e numerosos (dente labirintodonte, Figura 5.6), uma das características marcantes dos atuais (chamados lissanfíbios) é ter em seus dentes uma parte diferenciada, com tecido conjuntivo, próxima à região de seus soquetes na maxila e na mandíbula (dente pedicelado, Figura 5.6).

A metamorfose presente nos anfíbios é tida como exemplo entre os animais, mas não pode ser considerada a mais severa: basta comparar a metamorfose pós-embrionária de um inseto holometábolo¹ com a de um anuro².



1 inseto holometábolo
2 anuro



1.4 Representantes do Subfilo Vertebrata: Amniotas

AMNIADOS (AMNIOTA)

Por “amniado” (ou amniota) entendem-se os animais dotados de membranas extraembrionárias, que formam o **ovo amniótico**. Tais membranas (ou anexos) são o cório (membrana mais externa, que garante isolamento térmico e microbiológico, além de auxiliar nas trocas gasosas), o âmnio (envoltório com água, responsável pela proteção mecânica e contra a desidratação), o alantoide (extensão da porção final do trato digestório responsável pela excreção e, não raro, pelas trocas gasosas) e o saco vitelínico (bolsa presente na porção médio-anterior do trato digestório que armazena vitelo, substância nutritiva que serve de alimento ao embrião durante seu crescimento; essa estrutura, todavia, não é exclusiva dos amniados, e está presente em muitos outros vertebrados).

Além disso, esses animais contam com outras características derivadas, tais como: peles mais resistentes à desidratação, regiões externas altamente queratinizadas (escamas, unhas, cornos, bicos), esqueletos diferenciados (com mais de um par de costelas sacrais, osso astrágalo nos pés etc.) e incorporação de mais dois pares de nervos ao crânio em relação aos demais tetrápodes, que possuem dez. Também é muito claro o maior distanciamento entre a cintura escapular e o crânio (separados por uma vértebra cervical nos anfíbios), conferindo-lhes um pescoço com maior motilidade, e assim um campo maior de percepção e ação mandibular.

O valor adaptativo que todas essas mudanças trouxeram aos amniados permitiu que eles, já por volta do Carbonífero (há mais de 330 milhões de anos), obtivessem sucesso em extrair recursos de ambientes mais secos, ainda com pouca competição, e colonizassem boa parte da superfície terrestre em pouco mais de 50 milhões de anos (M.a.), ainda no Permiano.

A este ponto você já conseguiu perceber de que animais estamos falando? Pense numa hipótese sobre quais seriam estes animais, e veja um pouco à frente se ela será rejeitada.

TARTARUGAS (TESTUDINES)

As aproximadamente 300 espécies de tartarugas, cágados e jabutis estão entre os animais mais marcantes e distinguíveis entre todos. Sua anatomia é tão particular que mesmo uma criança é capaz de reconhecê-los prontamente. Mas... Por que existe esse intervalo morfológico tão pronunciado em relação aos demais “répteis”? Duas explicações possíveis são:

- i. as linhagens intermediárias entre o ancestral dos amniados e os quelônios não têm representantes atuais;
- ii. os quelônios sofreram o efeito de um possível fenômeno evolutivo (ainda muito debatido) chamado equilíbrio pontuado, no qual, em resumo, mutações se acumulam rapidamente ao longo do tempo geológico, o que faz surgir poucas linhagens “intermediárias”.

Esses animais estão presentes na Terra há pelo menos 200 M.a., desde o Triássico, e apresentam uma característica muito marcante: suas costelas, fundidas e externas às cinturas, formando o casco (Figura 5.5). Essa estrutura, embora importantíssima na proteção mecânica, impõe grandes limitações no modo de vida desses animais, que possuem um espaço interno não expansível (causando dificuldades nos movimentos respiratórios e na contenção das vísceras e dos ovos) e locomoção reduzida, principalmente a terrestre.

Entre outras peculiaridades, apresentam também uma placa córnea na boca, em vez de dentes, e crânio suboval, sem reentrâncias além da abertura ocular (Figura 5.7).

É importante enfatizar, para os alunos, a natureza desse casco, pois muitos deles tendem a imaginar que as tartarugas podem sair de suas “casas”. Aqui se percebem dois erros graves: o casco é a fusão das costelas com a coluna vertebral e queratina dérmica; portanto, faz parte do corpo do animal (não se trata de seu refúgio) e não pode ser abandonado nem virado (ao contrário do que se vê em alguns desenhos animados).

Como fonte interessante de pesquisa a ser realizada por estudantes do ensino médio está o comportamento reprodutivo (**observe**³ e tente descrever como ele se dá), os efeitos ambientais sobre o desenvolvimento do ovo e estímulos usados para orientação e navegação (que podem incluir luz, magnetismo e sentido das ondas oceânicas, como é também o caso de muitas aves e baleias).



Figura 5.7 Fotografia de um esqueleto de uma tartaruga-das-galápagos. Repare na posição da cintura escapular, interna às costelas, e no crânio, cuja única abertura é a orbital. / Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9a/Galapagos_Turtle_skeleton.jpg/800px-Galapagos_Turtle_skeleton.jpg

ESCAMADOS (SQUAMATA)

Eis um grupo a ser abordado cuidadosamente com os alunos. Cobras e lagartos tendem a causar ojeriza em muitas pessoas, o que acontece, geralmente, porque não conseguem entendê-los. Um ponto principal a ser atacado é sua importância ecológica, pois esses animais são fundamentais na manutenção das cadeias alimentares tropicais e subtropicais.

Com quase 6.000 espécies atuais, esses animais (Figura 5.8) são encontrados no registro fóssil desde o Jurássico (há mais de 150 M.a.), o que não indica com precisão a sua idade, dada a geralmente frágil constituição de seus esqueletos. Possuem diversas características cranianas exclusivas a eles, como os ossos do focinho.

Outro detalhe marcante do crânio (mas não exclusivo, pois assim também são os dinossauros e crocodilianos) é a presença de duas fenestras (aberturas) temporais além da cavidade ocular, o que aumenta a motilidade e favorece o **cinetismo craniano**⁴ (haja vista a capacidade apresentada por algumas serpentes ao engolir algum alimento, auxiliada pelas perdas da sínfise mandibular e da cintura escapular. Outro fato interessante, não relacionado ao esqueleto craniano, mas sim à ingestão de grandes presas, é a abertura traqueal, localizada no assoalho bucal, que contribui para que o animal não engasgue).

Os lagartos formam um grupo muito comum e diverso: a imagem de teiús, calangos, iguanas, lagartixas, camaleões e dragões-de-komodo logo vêm à mente da maioria das pessoas. E dentre todos esses, podem ser usadas as imagens de alguns deles em salas de aula para cativar e encantar os alunos como, por exemplo, os *Anolis* (que apresentam apêndices gulares - “papos” - coloridos na época do acasalamento). Pesquisas sobre o funcionamento das mudanças de cores dos camaleões (relacionadas aos cromatóforos: esse tema, aliás, pode ser facilmente relacionado à citologia e à fisiologia) ou sobre o possível comportamento de caça (se o lagarto é de espera ou ativamente móvel) tendem a

entreter os alunos mais do que qualquer aula. Afinal, volta e meia estes jovens estão assistindo a programas sobre a vida selvagem na TV! Deve-se, portanto, oferecer aos estudantes a oportunidade de exhibir os conhecimentos válidos que eles têm e de discuti-los.



3 comportamento reprodutivo de Testudo Marginata
4 cinetismo craniano

Uma das modalidades didáticas por vezes menosprezada é a aula expositiva, mas ela pode ser muito útil no ensino de zoologia se aproveitar o fascínio geral que a vida animal provoca nos alunos, fazendo as aulas parecerem um safári ou um show de curiosidades. Temas como mitologia (basilisco mitológico, homem-lagarto, dragão, medusa), o “lagarto-que-corre-n’água” (*Basiliscus* sp.), ou então coisas como um livro dos recordes do mundo animal (“qual o mais venenoso?”, “qual o maior?” etc.) podem muito bem permeiar o cerne da aula, e o professor pode aproveitar quaisquer ganchos para se aprofundar em aspectos evolutivos, fisiológicos ou morfológicos, e até outros, uma vez que a atenção tenha sido obtida e a curiosidade, despertada.

Em relação às serpentes (termo mais correto que “cobras”, que originalmente deveria se referir às serpentes pertencentes à família das corais), dois temas transversais podem ser abordados: um em relação ao meio ambiente (educação ambiental; não confunda com ecologia!) e outro em relação à saúde.

No primeiro caso, é bom o professor entender um pouco as possíveis bases evolutivas da ofiofobia (aversão às serpentes): muitos de nós herdamos uma sensação de repúdio à presença de serpentes, aranhas e larvas. Evolutivamente, esse comportamento deve ter sido muito positivo na história do homem: afinal, os ancestrais que evitavam tais animais tinham mais chances de sobreviver e deixar descendentes! Esse sentimento instintivo, portanto, não pode ser destruído em uma aula. No entanto, um efeito positivo pode ocorrer se o indivíduo passar a entender as funções insubstituíveis desses seres no equilíbrio dos ecossistemas: basta lembrar que as serpentes são predadoras eficientes de muitos animais vetores de doenças, bem como de algumas outras serpentes!

Já em relação à saúde, comentários sobre os diversos mecanismos de ação dos venenos (quer sejam os proteolíticos das jararacas ou os neurotóxicos das cobras-corais), ou então sobre a anatomia dos dentes (Figura 5.9), talvez devam receber tanta ênfase quanto às instruções sobre a prevenção, procedimentos em caso de acidente (jamais usar o torniquete ou chupar a ferida; se possível, fotografar ou coletar a serpente etc.) e o mecanismo básico de atuação dos soros (e pergunta s como “por que não é uma vacina?”) podem educar o cidadão e - por que não? - salvar uma vida.

Um dos fatos curiosos é o de que nem todos os escamados são ovíparos. Cerca de 100 espécies de clima mais frio são vivíparas. Você consegue imaginar o motivo? Além disso, o professor também pode abordar em sala o potencial desses predadores através de seus órgãos dos sentidos: será que utilizam os mesmos que os nossos para caçar? Dá até para bolar um jogo, no qual os participantes usem (ou simulem) apenas órgãos sensoriais de uma serpente.

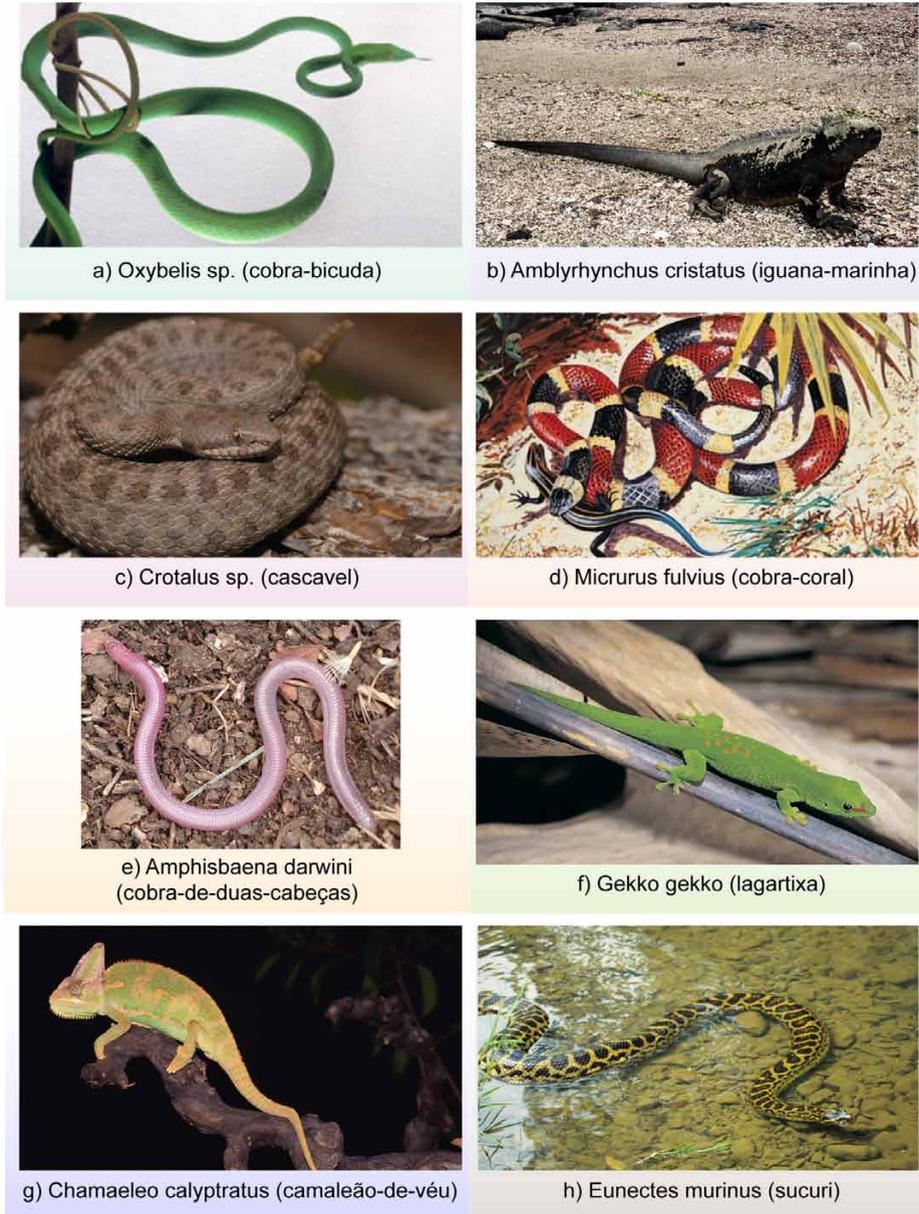


Figura 5.8 Fotografias de escamados. / Fonte: CEPA

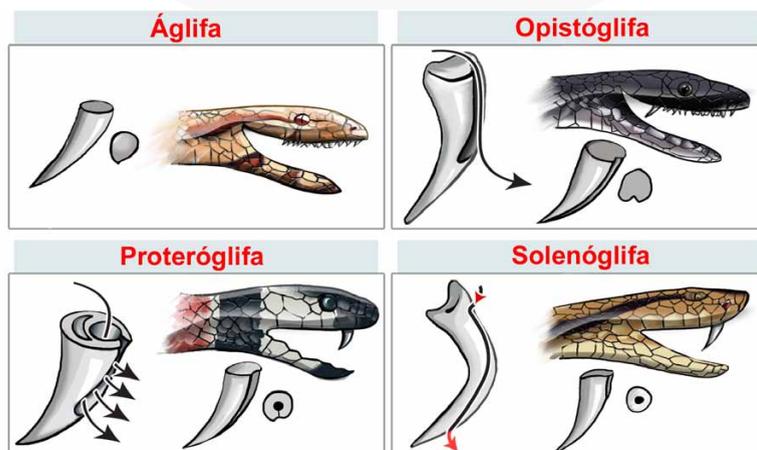


Figura 5.9 Esquemas de dentição de serpentes e exemplos comuns, entre parênteses. a) áglifa (jiboia) b) opistóglifa (falsa-coral) c) proteróglifa (coral-verdadeira) d) solenóglifa (urutu-cruzeiro). / Fonte: CEPA

CROCODILIANOS (CROCODYLIA)

Alguns dos predadores mais atrozes que já existiram são os crocodilos, e todo esse poderio tem um grande potencial em sala de aula. Embora muito variáveis em tamanho (de pouco mais de 1 metro para o [crocodilo-anão](#) até mais de 7 metros para o [crocodilo-poroso](#); todavia, *Sarcosuchus imperator*, do Cretáceo, ultrapassava os 12 m), todos eles se destacam pelo corpo alongado, atarracado, cilíndrico e musculoso, com focinho longo e repleto de dentes afiados. Exceto em situações inusitadas, são animais de tocaia, que [atacam](#)⁵ com violência e rapidez (tentando, submersos, arrastar a presa enquanto a mordem, se ela for grande o bastante para resistir à investida inicial).

Os crocodilianos são comuns no registro fóssil no final do Triássico, há cerca de 210 M.a. Aparentemente, ocorreu um leve aumento da diversidade do grupo, para um total de apenas 23 espécies atuais, que incluem o [gavial](#), [jacarés](#) e [crocodilos](#) (perceba os dentes superiores alinhados com os inferiores, assim como o 4º dente inferior hipertrofiado). As principais características morfológicas do grupo estão no coração (com quatro cavidades, mas com mistura de sangue arterial e venoso nos vasos — o que contribui para que sejam ectotermos), no crânio (têm a abertura das narinas que se comunica com o fundo da boca e dentição tecodonte – Figura 5.10), nos quadris etc. A pele desses animais é revestida por placas córneas e, por isso, não sofre muda.

Outros detalhes curiosos, como o [cuidado à prole](#)⁶, a [vocalização](#)⁷, a determinação sexual influenciada pela temperatura do meio externo, [sua capacidade de correr sem rastejar](#)⁸ (algo que deve ter sido mais comum nos ancestrais dos crocodilianos modernos) etc. podem ser apresentados à classe e discutidos considerando os cenários evolutivos.

DINOSAURÓS (DINOSAURIA)

É impressionante como esse assunto chama a atenção dos jovens. Há poucas oportunidades como essa, em sala de aula, para encantar o público. O motivo desse interesse pode variar, mas quase sempre está relacionado à curiosidade e ao espanto, já que muitas dessas formas enormes não encontram semelhantes na fauna atual.

Os dinossauros aparecem no registro fóssil desde o fim do Triássico, há mais de 200 M.a., e em grande parte foram mortos na penúltima (pois estamos passando por mais uma, antropogênica) extinção em massa, a do Cretáceo-Terciário - K-T, que marcou a passagem para a Era Cenozoica (~70 M.a.) –, que possivelmente extinguiu mais de 50 % das espécies terrestres.

Entretanto... Ainda vivem quase 10.000 espécies de dinossauros. “Como assim?”, responderão seus alunos. Você, que recentemente terá refrescado sua memória, deverá tentar retomar e reforçar a classificação baseada na ancestralidade (Figuras 5.11 e 5.12). Nesse momento não importa, nem de longe, saber quais são os grupos de dinossauros; talvez um mero relance de sua diversidade já bastará, como uma sequência de fotos, diapositivos (é possível que o professor se surpreenda com alguns alunos!), ou vídeos curtos, como os da série “[Andando com os Dinossauros](#)”⁹ (BBS). Ah... E as espécies ainda viventes de dinossauros são... as aves!

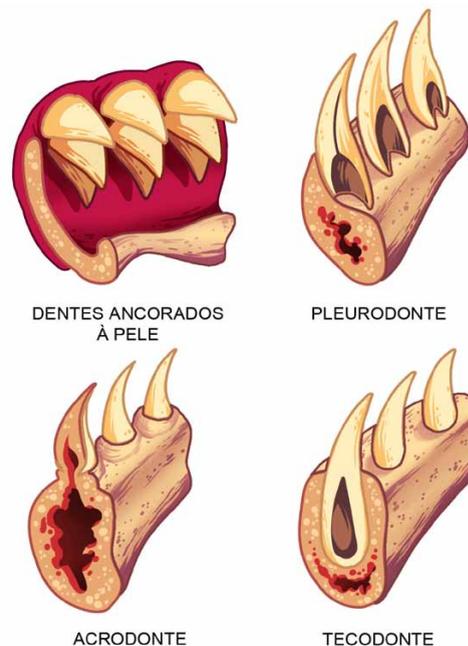


Figura 5.10 Tipos de dentição nos gnatostomados. A última, tecodonte, corresponde à dos crocodilianos. / Fonte: CEPA



5 ataque à capivara
6 vocalização

7 cuidado à prole

8 capacidade de correr sem rastejar

9 Andando com os Dinossauros

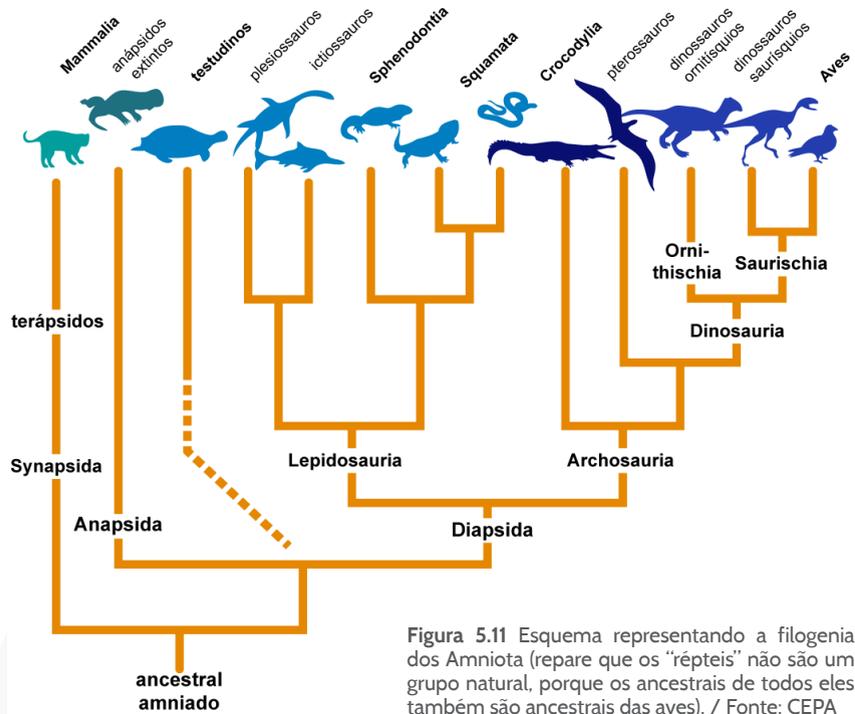


Figura 5.11 Esquema representando a filogenia dos Amniota (repare que os “répteis” não são um grupo natural, porque os ancestrais de todos eles também são ancestrais das aves). / Fonte: CEPA

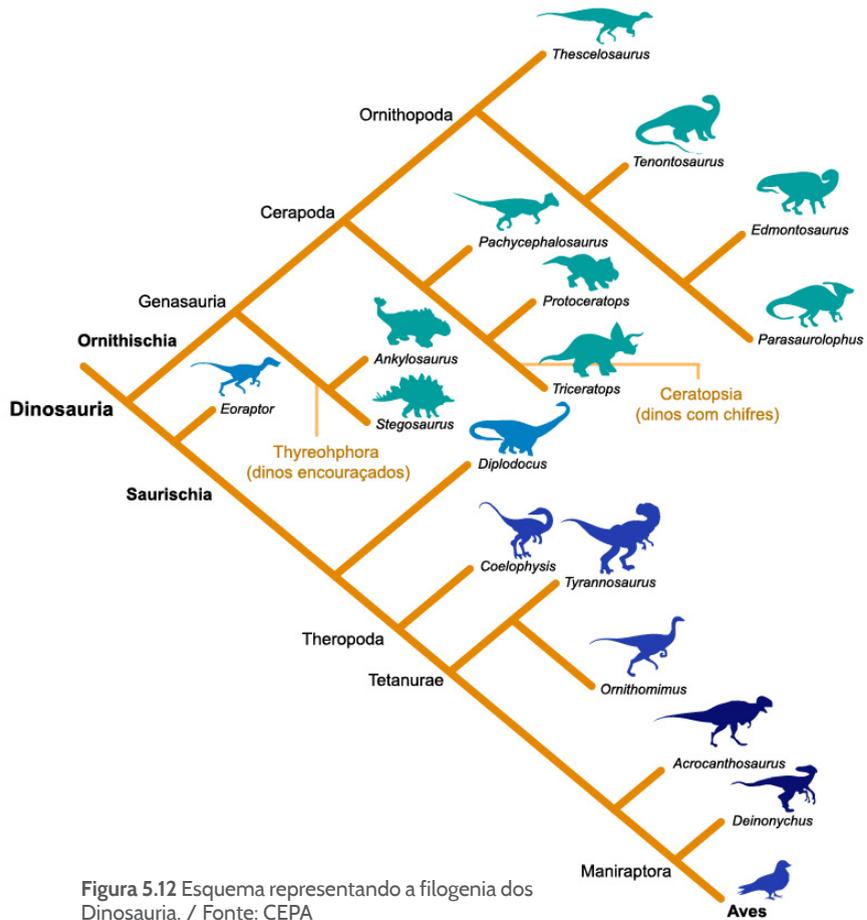


Figura 5.12 Esquema representando a filogenia dos Dinosauria. / Fonte: CEPA

Durante o estudo desses animais, o professor deve retomar conceitos evolutivos e paleontológicos (como ao retratar o **ambiente cretáceo** – clímax dos dinossauros, ao contrário do que sugerem os nomes de alguns filmes por aí –, com florestas de gimnospermas e angiospermas, insetos etc. – uma excelente atividade, inclusive, pode ser pedir que a sala construa um diorama de algum período do Mesozoico, de algum local específico), e enfatizar as características das aves, tanto as compartilhadas com outros dinossauros quanto as exclusivas (que incluem as aves extintas, como a **protoave** e as **diatrimas**): muitas das tradicionais (como ossos pneumáticos, quilha no esterno, bico, pescoço, fúrcula, ossos da perna, pigostílio...), na verdade, são compartilhadas com outros dinossauros ou apenas algumas aves extintas (ou há fortes indícios de que o sejam).

Uma das poucas características exclusivas das Aves (*lato sensu*) é a presença de penas assimétricas. Na verdade, o valor adaptativo que as penas representaram para esse grupo diverso de dinossauros talvez não seja superado por nenhuma outra encontrada nos vertebrados: não só possibilitaram o voo, mas também a endotermia, coisas que expandem de maneira brutal o campo de atuação desses organismos.

Às vezes, os alunos ficam intrigados com as conclusões da Paleontologia. Mas é importante que isso fique claro: muitas vezes, a Ciência trabalha com dados e indícios, na tentativa de entender eventos inobserváveis ou inacessíveis: assim foi com o átomo, com os genes (Mendel entendeu seu funcionamento mais de meio século antes da visualização do DNA), com as filogenias... Até na solução de um crime, às vezes! Para tentar compreender as espécies extintas, a Paleontologia lança mão de vários princípios que frequentemente são debatidos, como o uniformismo (segundo o qual, simplificando, as leis físicas e naturais de hoje se aplicam ao passado, mas não necessariamente com a mesma intensidade). Dessa forma pode ficar mais claro o motivo do uso de aves, mamíferos, crocodilos e tartarugas atuais como modelos – algumas vezes pelo tamanho, outras pela suposta proximidade evolutiva, outras ainda apenas para comparação e busca de padrões – nas tentativas de se compreender a ecologia, a fisiologia, a morfologia e o comportamento de linhagens extintas (às vezes, a partir de um único dente!). Como muitas vezes as estruturas preservadas nos fósseis são do esqueleto, o estudo sobre ele adquire dupla importância.

MAMÍFEROS (MAMMALIA)

Estudar os mamíferos é entender um pouco mais de nossa origem, assim como quando estudamos os vertebrados... Mas aqui o processo fica ainda mais evidente.

Para começar, o professor pode sugerir aos alunos que tentem compilar características exclusivas dos mamíferos. Ao final da relação, várias mais podem ser sugeridas, como: crânio sinápsido (Fig. 13); mandíbula com osso único; duas dentições, com dentes diferenciados; dois côndilos occipitais; três ossículos no ouvido médio; ossos longos com epífises ósseas (crescimento limitado); esqueleto pós-craniano diferenciado regionalmente; pele com glândulas e pelos; orelhas; neocórtex desenvolvido; arco aórtico esquerdo; diafragma; posição das pernas na locomoção.

De todas as características citadas, como muitas não são preservadas pelos fósseis, é difícil saber quais realmente se restringem aos mamíferos como um todo — mas, de qualquer forma, estão presentes nos atuais. Um dos mais antigos mamíferos é o *Adelobasileus*, do Triássico superior (225 M.a.).

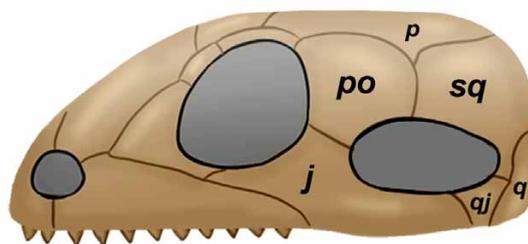


Figura 5.13 Crânio sinápsido. Repare que só há uma abertura craniana além da orbital e da nasal. Legenda: j) jugal qj) quadrado-jugal sq) esquamosal po) pré-orbital p) parietal. / Fonte: CEPA

Muitas vezes, as pessoas pensam que “dinossauro” é algo como qualquer grande vertebrado extinto, mas você sabe que isso não confere; na verdade, os mamíferos são descendentes de uma linhagem que tem outros amniados extintos, não dinossauros, como o **dimetrodonte**. Para ilustrar a expressiva fauna extinta de mamíferos, animais como o **indricotério**, o **mamute** (não é ancestral dos elefantes), o **dentes-de-sabre** (que não é ancestral dos felídeos), o **gliptodonte** (não é ancestral dos tatus) e o **megatério** (não é ancestral das preguiças) são bastante impressionantes.

Todas as características anatômicas e fisiológicas dos mamíferos, aliadas à brusca interrupção da vida de muitos dinossauros, permitiram a proliferação das mais diversas formas desses animais, que podem ser tão pequenos quanto um *Batodonoides vanhouteni* (~0,0013 kg) ou tão gigantescos quanto uma **baleia-azul** (~170.000 kg), alvo incansável dos baleeiros. A diversidade desses animais pode ser verificada em mais de 4.500 espécies



10 ornitorrinco
11 gambá-de-orelha-branca
12 urso-polar

viventes distribuídas em quase 30 ordens, as quais são agrupadas em três grupos: monotremados (ovíparos; ex.: **ornitorrinco**¹⁰), marsupiais (com marsúpio; ex.: **gambá-de-orelha-branca**¹¹) e placentários (com placenta complexa; ex.: **urso-polar**¹²).



2 Mãos à obra

Questionário ATIVIDADE 1

Suponha que você testemunhe uma aluna sua, na fila da cantina do colégio, conversando com um colega:

[...]
 –O pterodátilo é um ancestral das aves, né?
 –É mesmo. Mas ele ainda é um dinossauro... Ou seja, um lagarto gigante.
 –Hum-hum... [respira profundamente] Que pena que os dinossauros estão extintos.
 –Pena, nada! Que sorte! Imagine o quanto nossos antepassados sofreram! Já pensou? Tiranossauros, tricerátopes... Todos querendo te comer?!
 –Rarrarrá! É mesmo! Pensando por esse lado...

- O que você faria (e como faria), considerando o aprendizado dos jovens e o contexto atual da zoologia? Consulte a figura 5.12, se julgar necessário.
- As aves e os mamíferos são animais endotérmicos, e por isso são muitas vezes considerados animais com parentesco muito próximo. Levante algumas evidências contrárias a essa hipótese.

Vamos postar a [Atividade 1](#)?



3 Finalizando

Pudemos observar nesta semana que os recursos multimidiáticos e a valorização da fauna brasileira, são excelentes recursos para chamar a atenção dos alunos do Ensino Médio. Portanto, tais recursos devem ser explorados pelos professores na atualidade, acompanhando o desenvolvimento tecnológico. Apresentamos uma série de imagens e vídeos, muitos em hiperlinks na apostila online, que podem ser usados se vocês desejarem.

Conforme o desenrolar das aulas, e caso seja possível, podem ser feitas algumas considerações sobre a **evolução humana**, com o intuito de explorar um pouco mais a ideia de que nós somos apenas mais uma espécie – ainda que bastante derivada – de mamíferos; e podemos tentar traçar nossa origem evolutiva até nossos supostos ancestrais e saber quais linhagens, fósseis ou viventes, são nossos parentes mais próximos. Para esse contexto, as espécies-chave são *Pan troglodytes*, *Australopithecus afarensis*, *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* e *Homo sapiens*. O tema precisa ser tratado com muito cuidado, pois a ideia da “**marcha para o progresso**” é bem arraigada na sabedoria popular: o epítome disso é a frase “o homem veio do macaco”, tão imprecisa (qual macaco?) quanto equivocada (o homem, assim como os macacos, é um primata). A ideia darwinista considera a evolução como uma série de **bifurcações**, em vez de uma linha transformista.

E, mesmo entre aqueles que aceitam, existem os que relutam em aceitar que a evolução ocorra também no homem... De qualquer forma, discussões sobre o contexto ambiental no qual algumas características foram selecionadas (ex.: bipedalismo, postura ereta, posição do polegar, tamanho do crânio, estatura, tamanho da caixa torácica, forma da bacia pélvica, tamanho da mandíbula...) podem servir de motivação para debates e pesquisas.



4 Ampliando os Conhecimentos

AGÊNCIA FAPESP, 2010. *Ainda mais velhos*. <<http://www.agencia.fapesp.br/materia/11845/divulgacao-cientifica/ainda-mais-velhos.htm>>, acesso em 02/2011. [discute a origem dos dinossauros]

LONG, J.A., 2011. *Ato Ancestral*. Scientific American Brasil, 105: 29–33. [relata sobre a origem da fecundação nos vertebrados, que pode ter se dado há mais tempo do que se pensava, 350 M.a.]

ZIMMER, C., 2011. *A evolução da pena, a mais elegante invenção da natureza*. <http://viajaequi.abril.com.br/national-geographic/edicao-131/evolucao-das-penas-616558.shtml?utm_source=homeng&utm_content=fototopo2>, acesso em 02/2011. [discute a origem das penas]



5 Sugestão de Atividades

Fórum ATIVIDADE 2 - FÓRUM DE PERGUNTAS E RESPOSTAS - AVENTURA-SOLO

Uma proveitosa atividade a ser desenvolvida em relação aos vertebrados é um jogo similar a um RPG, só que mais simples, chamado “aventura-solo”. Para isso, os alunos precisam de um tempo-limite, que tende a aumentar a emoção da experiência.

Você fará atividade similar: [acesse as instruções para a atividade](#). Realize a atividade em 30 minutos. Vá anotando os resultados.

Coloque no fórum, o resultado final da sua ficha de evolução, descrevendo brevemente seu percurso. Perceba que você não terá acesso à atividade dos colegas até que coloque a sua, mas após isso poderá discutir os resultados. Essa atividade não valerá nota, apenas participação e frequência.

Vamos postar a Atividade 2?



6 Bibliografia

Existem muitos livros sobre os vertebrados que podem ser consultados, mas nesta semana foi utilizado especialmente a obra “A vida dos Vertebrados”.

POUGH, F.H., C.M. JANIS & J.B. HEISER, 2003. *A Vida dos Vertebrados*. Editora Atheneu.



7 Anexos

A ciência tem uma natureza dinâmica, e por isso deve estar em constante questionamento. Portanto, existem ideias diferentes compartilhadas por pesquisadores, que não são veiculadas e aceitas pela maioria dos cientistas da comunidade científica, assim como foi na época de Galileu, Mendel, e tantos outros que não tiveram espaço para discutir suas hipóteses, que foram mais tarde consideradas corretas. O olhar crítico objetivo é essencial para a análise de fatos e evidências em qualquer área da ciência. Portanto, se desejar, faça uma leitura crítica do artigo em PDF abaixo, disponibilizado para download na página inicial da semana.

Artigo em PDF: *Cardio-Pulmonary Anatomy in Theropod Dinosaurs: Implications From Extant Archosaurs*.