
CNPq Edital PRP/IFSP n° 09/2024

Iniciação Científica

RELATÓRIO PARCIAL

Título

Paleoartes: subsídios para ensino e aprendizagem de Paleontologia

Bolsista:

Igor Alves da Silva

Orientador:

Prof. Dr. Fernando Santiago dos Santos

Data de entrega do relatório:

07 de fevereiro de 2025

Resumo

Tal como a fauna atual, a fauna pré-histórica foi fascinante e importante para a Terra. Sabemos da existência da grande diversidade biológica que esteve presente em nosso planeta devido aos estudos paleontológicos das evidências fósseis e comparações anatômicas com animais vivos atualmente, sendo possível, assim, traçar um caminho percorrido pela evolução e história da vida terrestre. Este projeto busca contribuir para a disseminação e conhecimento dos estudos científicos da vida no passado terrestre (área da Paleontologia), especificamente do estudo dos dinossauros (Dinosauria), por meio da criação e disponibilização de materiais e modelos didáticos feitos com base em investigações sobre dinossauros não-avianos que habitaram a Terra durante a Era Mesozoica (entre 233 e 65 milhões de anos atrás). Com a confecção e publicação dos materiais, busca-se fornecer subsídios para o ensino e a aprendizagem de paleontologia para educadores e educandos da educação básica e para outras pessoas interessadas no assunto.

Palavras-chave: paleobotânica; paleozoologia; material didático; evolução; cladística.

❶ INTRODUÇÃO

Paleoarte é qualquer produção original e de cunho artístico feita com o objetivo de representar a vida extinta de acordo com as evidências científicas e suas interpretações mais recentes (Anson; Fernández; Ramos, 2015). As paleoartes, além de contribuírem para o entendimento da vida no passado, ajudam a despertar o interesse das pessoas para com a Paleontologia e os organismos pré-históricos.

De acordo com Moro, Hohemberger e Paniz (2021), a combinação entre a arte e ciência demonstra ser efetiva para os processos de ensino e aprendizagem, tendo em vista os conceitos, a história e a importância da ilustração científica, especialmente para divulgação dos resultados das pesquisas paleontológicas, e a forma de refletir sobre a diversidade biológica em cada período na Terra a partir de um viés evolutivo; isso também está ligado a como essa diversidade foi e ainda é afetada pela intervenção humana, adequando-se, igualmente, como uma forma de se atingir uma educação ambiental crítica e sensibilizadora. Além disso, a paleoarte pode facilitar discussões sobre a importância da preservação do meio ambiente e dos fósseis, instigando reflexões sobre a história da Terra, os desafios atuais enfrentados pela biodiversidade devido à ação antrópica e a exploração de recursos naturais como os combustíveis fósseis (Moro; Hohemberger; Paniz, 2021). Ao integrar a paleoarte nas aulas, os educadores podem criar experiências de aprendizado mais dinâmicas e memoráveis, que não só informam, mas também inspiram as novas gerações a explorar e valorizar a ciência. Afinal, a partir do estudo do passado, podemos antecipar medidas condutivas para futuras dificuldades.

Tendo em vista a importância e contextualização da paleoarte, é imprescindível a utilização de uma abordagem paleontológica utilizando esses tipos de reconstruções em vida dos organismos extintos, especialmente no âmbito da educação básica, pois aproxima o educando, desde cedo, aos conceitos científicos de maneira visual, acessível e envolvente. Ao apresentar representações artísticas de ecossistemas antigos, faunas e floras fósseis, a paleoarte capta a atenção dos educandos, estimulando sua curiosidade e interesse pela paleontologia e pela ciência em geral. Esse tipo de arte não só aproxima o aluno dos conceitos e descobertas científicas, mas também serve como um recurso didático eficaz. Ao ilustrar a diversidade da vida pré-histórica, a paleoarte ajuda os alunos a compreenderem melhor a evolução das espécies, a interconexão dos ecossistemas e as mudanças ambientais ao longo do tempo.

Com isso em mente, é notório que a paleoarte é um campo integrador entre arte e ciência com uma história e influência bastante consolidadas; atualmente, sua abordagem no ensino de Paleontologia é fundamental. Partindo do pressuposto de que a Paleontologia é uma área tratada de forma superficial e infrequente na Educação Básica no Brasil, com livros didáticos sendo, na maioria das vezes, os únicos instrumentos utilizados nesse processo (Santos; Santos; Geroto, 2024), é de grande importância que ferramentas como as paleoartes sejam utilizadas para auxiliar a mitigar essa abordagem. E para auxiliar numa melhor abordagem e abrangência de conteúdo ligado à paleontologia, urge-se criar e aplicar materiais e métodos didáticos que facilitem a aprendizagem e a transposição didática desta área científica.

Considerando-se a falta de utilização e criação de materiais com caráter visual e gráfico que abordam os conteúdos paleontológicos, este trabalho justifica-se como uma proposta inovadora que possa facilitar a compreensão de aspectos relacionados à paleontologia e evolução para educandos e educadores; portanto, para contribuir com o processo de ensino-aprendizagem de Paleontologia, busca-se produzir, aplicar e disponibilizar material didático em formato de paleoartes e material auxiliar para o ensino de Paleontologia por meio de representações de elementos de paleozoologia e paleobotânica da Era Mesozoica, com enfoque no grupo dos dinossauros (Dinosauria), levando também em consideração a escassez de materiais didáticos do tipo disponíveis ao público. Vale destacar que dentro dos materiais em produção, constam: chave dicotômica intitulada “Chave Dicotômica: Sistemática, Evolução e Biologia dos dinossauros e seus semelhantes”, manual do professor para a chave dicotômica mencionada, reconstruções paleoartísticas e criação de site para publicação desses materiais intitulado “Sauroarchive”.

❶ MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Reconstruções paleoartísticas

Para as reconstruções paleoartísticas, foram escolhidas as reconstruções digitais 2D, sendo necessários e utilizados um computador Desktop, uma mesa digitalizadora específica para desenhos digitais e programas especializados em design e ilustração, como o Krita® e Photoshop®. Neste material, foram reconstruídas formações geológicas que remetem ao paleoambiente correspondente, levando em consideração a geologia, flora e fauna desses ambientes. Logo, foram representados espécies e grupos de plantas e animais do período respectivo às formações geológicas pesquisadas. Para as pesquisas que envolvem os elementos citados para as reconstruções paleoartísticas, foram utilizadas bases de dados como Google Scholar, enfatizando estudos e artigos revisados que abordem a estratigrafia das formações geológicas consultadas, e, principalmente a ocorrência estratigráfica das plantas e animais representados

Além dos materiais e ferramentas utilizados, foram aplicadas diversas técnicas de ilustração digital nas reconstruções, tais como técnicas de luz e sombra, pinceis digitais com texturas específicas, efeitos fotográficos e diversas técnicas de edição de elementos digitais. Com relação aos táxons representados, foram utilizados diagramas esqueléticos, anatômicos, e ilustrações científicas relacionados aos táxons como referências, tais como os conceituados diagramas esqueléticos de Hartman (2011) e Folkes (2019). Trabalhos e estudos escritos também foram utilizados para as reconstruções, como o trabalho descritivo de métodos paleoartísticos de Martine, Ricardi-Branco e Beloto (2017).

2.2 Chave Dicotômica: Sistemática, Evolução e Biologia dos dinossauros e seus semelhantes

Para o desenvolvimento do material didático intitulado “Chave Dicotômica: Sistemática, Evolução e Biologia dos dinossauros e seus semelhantes” e do manual do professor, aplicativos gratuitos como o Canva® estão sendo utilizados. Sendo assim, para a construção da chave dicotômica e a organização cladística e sistemática dos grupos estudados, foi realizada uma revisão bibliográfica focada em fontes acadêmicas relevantes. A busca incluiu artigos revisados por pares e capítulos de livros especializados nas áreas de cladística e sistemática, com foco nos critérios e características morfológicas essenciais para a elaboração da chave. As principais fontes foram localizadas em bases de dados como Scopus, Web of Science e Google Scholar, utilizando-se termos específicos para garantir a cobertura dos principais grupos taxonômicos e dos caracteres distintivos mais frequentemente usados em estudos filogenéticos. Os artigos selecionados passaram por uma triagem inicial com base nos títulos e resumos, priorizando aqueles com descrições detalhadas de características morfológicas que pudessem ser convertidas em passos dicotômicos claros. Em seguida, procedeu-se à leitura completa dos materiais que continham descrições anatômicas, dados sobre relações filogenéticas e análises comparativas que pudessem fornecer os parâmetros necessários para a estruturação lógica da chave.

Os dados foram então sintetizados com o objetivo de identificar padrões morfológicos consistentes e caracteres derivados compartilhados entre os grupos taxonômicos. Com base nesses achados, foi possível definir as divisões iniciais e os pontos de ramificação subsequentes, fundamentando cada etapa da chave dicotômica em características robustas e verificáveis, de modo a garantir precisão e aplicabilidade no contexto da sistemática do grupo de animais estudado.

Sendo assim, a chave dicotômica em questão foi montada com o objetivo de sintetizar a filogenia dos dinossauros e seus semelhantes. Vale ressaltar que foi necessário incluir outros grupos semelhantes e filogeneticamente próximos ao grupo dos dinossauros com o intuito de visualizar a ancestralidade em comum, grupos coronais e ramificações, bem como estabelecer uma linha do tempo que demonstrasse quais e quando os grupos presentes na chave foram extintos.

A partir de um design ilimitado (quadro branco), a classificação foi criada de forma resumida e mais compacta possível, partindo dos clados gerais dentro do grupo coronal Sauria; utilizando imagens de espécies representantes de cada clado e cores para diferenciar as classificações e características morfológicas dos mesmos, a fim de tornar o material mais chamativo, didático e atrativo. Logo no slide principal, onde se localiza a chave dicotômica, há à esquerda algumas dicas de navegação para a chave para os outros slides que indicam a função das imagens e dos botões presentes na chave, assim como dicas para uma melhor observação do material. Os grupos estão dispostos a uma altura diferente entre si na chave, na qual representa o período em que aquele grupo foi extinto, sendo necessária consulta à escala geológica para mais informações. Sendo

assim, o símbolo de uma caveira representa um grupo que não há mais representantes viventes, e portanto, já extinto, como a família Spinosauridae, enquanto o símbolo de três pontos (...) representa grupos nos quais ainda há representantes viventes, como Crocodilia e Avialae. Ao lado direito da chave, há uma escala temporal em milhões de anos e algumas figuras que representam alguns momentos marcantes da Era Mesozoica.

As imagens presentes na chave dicotômica foram selecionadas a partir de paleoartistas, que reconstruíram os animais em questão através de evidências científicas mais recentes para o contexto de produção de cada ilustração. Em cada slide respectivo da família ou grupo abordado, há um botão na parte superior esquerda do slide, no qual permite o regresso ao slide principal, a chave dicotômica em si.

Vale ressaltar que em virtude do material necessitar ser compacto e resumido por se tratar de um material didático, alguns conceitos e a própria classificação pode não ser a mais adequada e atualizada do ponto de vista da paleontologia atual. No entanto, o material em questão pode auxiliar na educação acerca de conhecimentos de Sistemática, Filogenética, Paleontologia, Zoologia etc., dando ao educador uma alternativa muito completa, de certa forma atualizada e visual sobre os estudos principalmente de dinossauros, assim como de outros grupos relacionados filogeneticamente.

2.3 Manual do professor

O manual do professor é um guia de orientações e informações básicas sobre a chave dicotômica e sobre os grupos biológicos presentes neste material, com a finalidade de enriquecer e contribuir para o conhecimento do educador que utilizará o mesmo. Também está sendo confeccionado utilizando a plataforma Canva®, a partir de um design de livreto. Para compor o manual, estão sendo utilizadas as mesmas referências bibliográficas utilizadas para a confecção da chave dicotômica e alguns recortes da mesma para exemplificação no manual do professor, além de algumas reconstruções paleoartísticas e imagens externas não utilizadas na chave.

O manual visa auxiliar o aplicador(a), fazendo com que o mesmo(a) se aproprie de alguns conceitos e orientações de como usar a chave dicotômica, já que o material se trata de um campo do conhecimento específico. Assim como a chave dicotômica, o manual do professor será disponibilizado de forma gratuita no site para publicação. Sendo assim, espera-se que a chave seja usada em conjunto com o manual do professor disponibilizado para uma aplicação mais completa e bem-sucedida.

2.4 Site para publicações: Sauroarchive

Para a produção do site intitulado “Sauroarchive” para publicação dos materiais didáticos, serão utilizadas plataformas gratuitas de criação e armazenamento de sites, tais como WixSite (<https://pt.wix.com/>) e Web.com (<https://www.web.com/>). Além do site, que armazenará o material didático e o guia do professor “Chave Dicotômica: Sistemática, Evolução e Biologia dos dinossauros e seus semelhantes”, aplicativos de redes sociais como o Instagram® poderão ser utilizados para auxiliar na divulgação do sítio eletrônico. O site para a publicação do material multimídia e do manual do professor será construído em linguagens HTML5 e Mobile, autoexplicativas, intuitivas e que não demandam conhecimentos prévios em linguagens de programação ou design.

❶ RESULTADOS PARCIAIS

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados parciais obtidos com a criação dos materiais didáticos, incluindo as reconstruções paleoartísticas e a chave dicotômica.

3.1 Reconstruções paleoartísticas

As reconstruções paleoartísticas em formato de reconstruções digitais 2D foram confeccionadas de forma satisfatória. Foram representados ambientes com elementos faunísticos e florísticos pré-históricos e de acordo com o contexto e registro fóssil de cada um.

Totalizando seis reconstruções paleoartísticas, foram representados paleoambientes levando em consideração o registro fóssil das seguintes formações:

3.1.1 Formação Santa Maria

Localizada atualmente no Brasil, registra paleoambientes do Carniano do período Triássico encontrados no Rio Grande do Sul. Conhecida por preservar fósseis de sinapsídeos dicinodontes como *Stahleckeria*, dinossauros muito antigos como *Staurikosaurus* e *Buriolestes*, proterocampsídeos como *Proterochampsia* e pseudosuchianos como *Rauisuchus* e *Aetosauroides*. Além disso, a formação registra fósseis de plantas pteridospermatófitas como *Dicroidium* e *Thinnfeldia*, cavalinhas (Equisetales) como *Neocalamites* e coníferas como *Podozamites*, nas quais indicam um ambiente predominantemente terrestre, semiárido e com vegetação composta por plantas adaptadas a condições secas e um clima predominantemente quente (Figura 1).

Figura 1 - Representação paleoartística da Formação Santa Maria - período Triássico do Brasil.



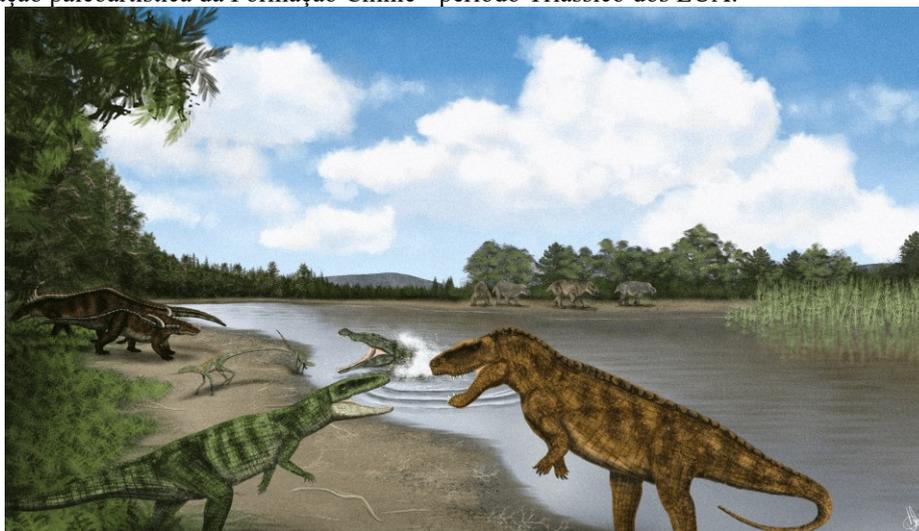
Fonte: do autor (2024).

A Formação Santa Maria é de grande importância para entender a evolução dos primeiros dinossauros e os ecossistemas do Triássico Superior, além de reconstruir um ambiente terrestre primitivo e a transição para as faunas dominantes do Mesozoico, sendo essencial para a paleontologia brasileira e mundial, além de contribuir para a compreensão das origens dos dinossauros e de outros grupos de organismos.

3.1.2 Formação Chinle

Localizada atualmente nos EUA, registra paleoambientes do Noriano ao Reciano do período Triássico Superior. Conhecida por preservar fósseis de fitossauros como *Smilosuchus*, súquios como *Desmotosuchus*, *Hesperosuchus*, *Poposaurus* e *Postosuchus*, além de dicinodontes como *Placerias*. Além disso, a formação registra fósseis de plantas coníferas como *Araucarioxylon*, *Podozamites* e *Brachyphyllum*, ginkgoáceas como *Ginkgoites*, bennettitales como *Otozamites* e samambaias, nas quais indicam um ambiente diversificado, com áreas fluviais, lacustres, pantanosas e um clima quente e sazonalmente úmido (Figura 2).

Figura 2 - Representação paleoartística da Formação Chinle - período Triássico dos EUA.



Fonte: do autor (2024).

3.1.3 Formação Shaximiao

Localizada atualmente na China, mais especificamente na província de Sichuan, registra paleoambientes do período Jurássico Médio a Superior. Ela é conhecida principalmente pelos fósseis de dinossauros, incluindo *Yangchuanosaurus*, *Mamenchisaurus*, *Tuojiangosaurus* e *Yandusaurus*, além de outros répteis como pterossauros, representados pelo gênero *Angustinaripterus*. Além disso, a formação registra fósseis de plantas como cicadófitas, samambaias e coníferas. O ambiente da formação era caracterizado por áreas fluviais e planícies aluviais, com um clima quente e úmido (Figura 3).

Figura 3 - Representação paleoartística da Formação Shaximiao - período Jurássico da China.



Fonte: do autor (2024).

3.1.4 Formação Morrison

Localizada atualmente nos EUA, registra paleoambientes do Kimeridgiano ao Titoniano do Jurássico Superior, com fósseis encontrados principalmente em estados como Colorado, Wyoming e Utah. Muito famosa por preservar fósseis de dinossauros icônicos como *Apatosaurus*, *Brachiosaurus*, *Allosaurus*, *Ceratosaurus*, *Torvosaurus*, *Camptosaurus* e *Stegosaurus* além de répteis como pterossauros, representados por gêneros como *Kepodactylus* e *Mesadactylus*. Além disso, fósseis de mamaliformes também são registrados nessa formação, como dos gêneros *Docodon* e *Comodon*. A formação também apresenta fósseis de plantas como coníferas e cicadófitas, indicando um ambiente terrestre com florestas ricas em vegetação adaptada a um clima quente e úmido, com grandes rios e planícies aluviais (Figura 4).

A Formação Morrison é fundamental para compreender a evolução dos dinossauros do Jurássico Superior e a diversidade dos ecossistemas dessa época, sendo um dos mais importantes registros paleontológicos da América do Norte. Ela também contribuiu significativamente para o entendimento das transições ecológicas e das faunas que dominaram o Mesozoico, sendo essencial para a paleontologia mundial e uma das formações geológicas mais conhecidas do planeta.

Figura 4 - Representação paleoartística da Formação Morrison- período Jurássico dos EUA.

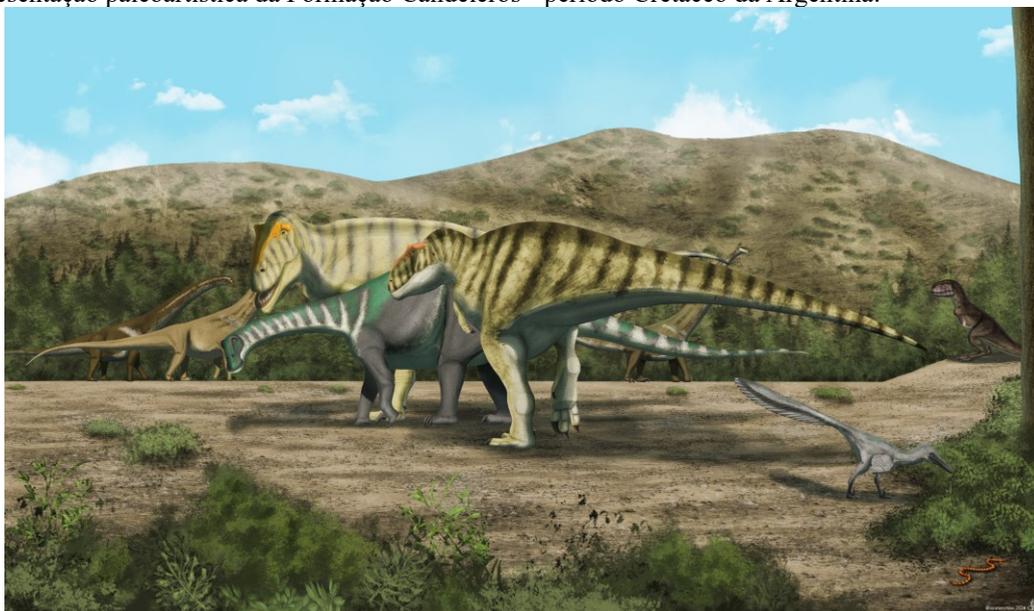


Fonte: do autor (2024).

3.1.5 Formação Candeleros

Localizada atualmente na Argentina, registra paleoambientes do Cenomaniano do Cretáceo Superior, com fósseis encontrados principalmente nas províncias de Mendoza, Neuquén e Río Negro. É conhecida por preservar fósseis de dinossauros terópodes como *Giganotosaurus*, *Ekrixinatosaurus*, *Buitreraptor* e saurópodes rebbachissaurídeos como *Limaysaurus* e grandes titanossauros. A vegetação, composta principalmente por coníferas, samambaias e cicadófitas, era adaptada a um clima árido e semiárido, com grandes áreas de desertos, ambientes montanhosos e sistemas fluviais, indicando um ambiente de grandes variações climáticas (Figura 5).

Figura 5 - Representação paleoartística da Formação Candeleros - período Cretáceo da Argentina.



Fonte: do autor (2024).

3.1.6 Formação Hell Creek

Localizada atualmente nos EUA, registra paleoambientes do final do Cretáceo e início do Paleoceno, com fósseis encontrados principalmente em estados como Montana, Dakota do Norte e Dakota do Sul. Ela é famosa por preservar fósseis de dinossauros icônicos como *Tyrannosaurus rex*, *Triceratops* e *Edmontosaurus*, além de répteis pterossauros como *Quetzalcoatlus*, anfíbios e mamíferos primitivos. A vegetação da formação era composta por angiospermas, coníferas e samambaias, indicando um ambiente com clima quente e úmido, com períodos secos e estações chuvosas (Figura 6).

A Formação Hell Creek é essencial para entender a transição entre os períodos Cretáceo e Paleogeno, sendo crucial para o estudo da evolução dos dinossauros e das faunas que dominaram o final do Cretáceo.

Figura 6 - Representação paleoartística da Formação Hell Creek - período Cretáceo dos EUA.

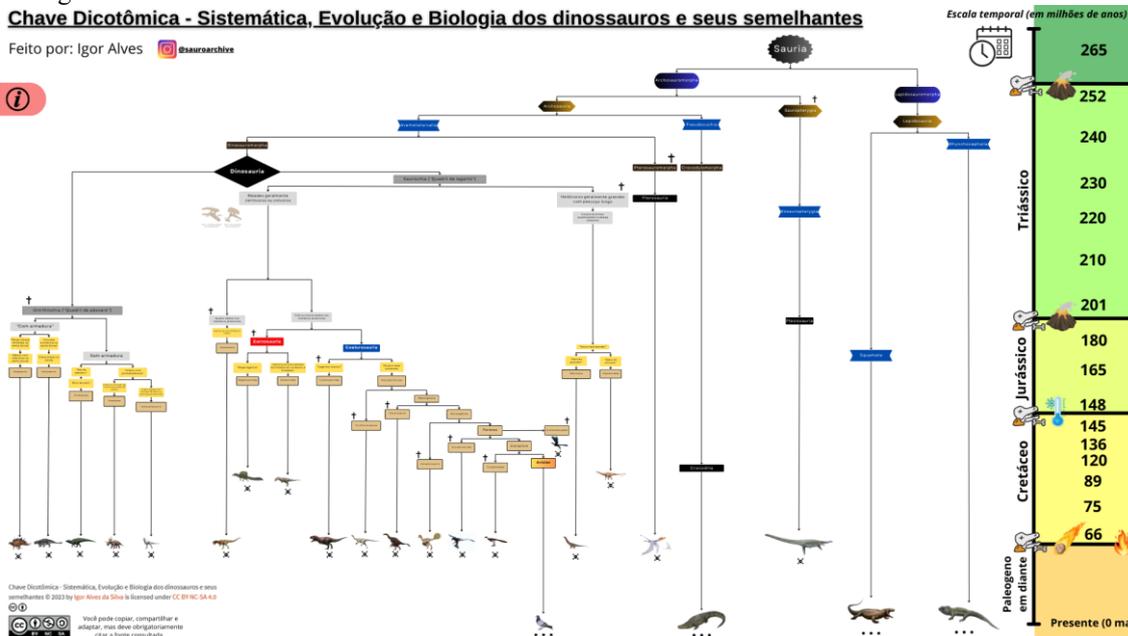


Fonte: do autor (2024).

3.2 Chave Dicotômica: Sistemática, Evolução e Biologia dos dinossauros e seus semelhantes

A chave dicotômica (Figura 7) demandou vários dias para ser produzida e segue sendo atualizada e reformulada constantemente para se adequar à novos estudos e descobertas, podendo sofrer contínuos aperfeiçoamentos para refletir a filogenia mais aceita até o momento.

Figura 7 - Visão geral da chave dicotômica do material didático.



Na chave foi possível incluir uma grande quantidade de grupos dentro do grupo coroa Sauria, embora uma quantidade ainda ínfima se comparada com a quantidade real de grupos dentro de Sauria. No entanto, com o objetivo de montar um esquema resumido e mais focado no grupo dos dinossauros (Dinosauria), foi possível atingir uma quantidade satisfatória de informações e representações dos mais diversos dinossauros e sauropsídeos relacionados a eles

Sendo assim, embora extenso, o material didático agrupa, de forma atualizada e simplificada, diversos grupos de “répteis” ou sauropsídeos, com um detalhamento e destrinchamento a mais do grupo dos dinossauros não-avianos.

Um aspecto importante da chave dicotômica é a sua natureza interativa, com alguns botões que ao serem clicados, direcionam o leitor a outras páginas do material. Por exemplo, ao clicar na imagem do representante do clado Tyrannosauroidae, o *Tyrannosaurus rex*, direciona-se à página do clado dos tiranossauróideos, com várias outras imagens e representações de outros táxons representantes do grupo (Figura 8).

Figura 8 - Página do clado Tyrannosauroidae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

Quanto ao conteúdo da chave dicotômica em si, foi possível incluir uma grande quantidade de grupos dentro do grupo coroa Sauria, nos quais serão discutidos e abordados na próxima seção, embora uma quantidade ainda ínfima se comparada com a quantidade real de grupos dentro de Sauria. No entanto, com o objetivo de montar um esquema resumido e mais focado no grupo dos dinossauros (Dinosauria), foi possível atingir uma quantidade satisfatória de informações e representações dos mais diversos dinossauros e sauropsídeos relacionados a eles.

3.2.1 Sauria

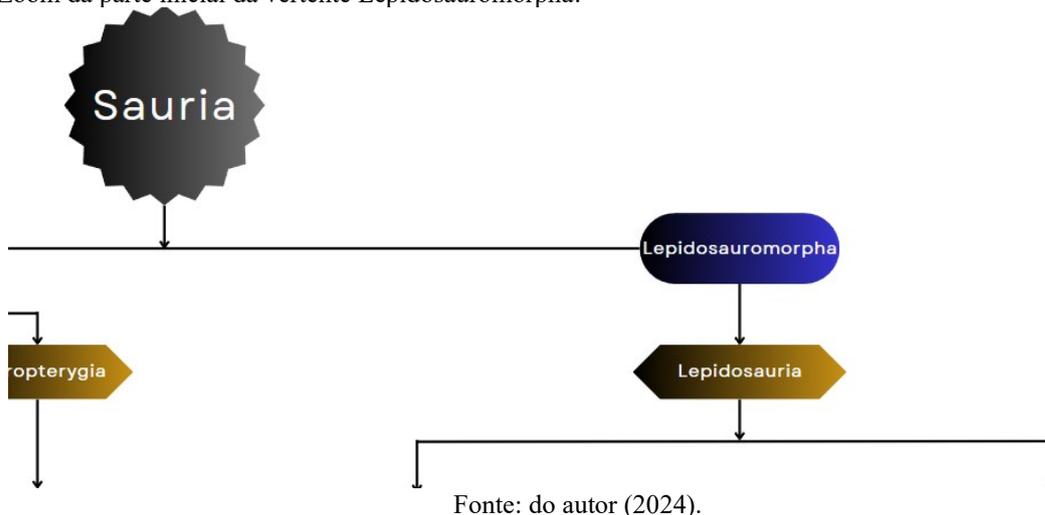
Embora extenso, o material didático agrupa, de forma atualizada e simplificada, diversos grupos de “répteis” ou sauropsídeos, com um detalhamento e destrinchamento a mais do grupo dos dinossauros não-avianos (Figura 23). O material didático se inicia com uma divisão do grande clado Sauria, no qual agrupa os ancestrais comuns mais recentes de Archosauria, Lepidosauria e todos os seus descendentes (Li *et al.*, 2018, p.3; Simões *et al.*, 2022).

3.2.2. Lepidosauromorpha

Seguindo a classificação proposta por Simões *et al.* (2022), a divisão do grande clado Sauria abre duas vertentes na chave, sendo a primeira ao clado Archelosauria e a outra ao clado Lepidosauromorpha. Nesse último, é agrupado todos os diapsídeos (Diapsida) mais relacionados aos lagartos do que aos arcossauros (Archosauromorpha). Dentro do clado Lepidosauromorpha, está o grupo dos lepidossauros (Lepidosauria) no qual abre para mais dois rumos, sendo esses os grupos dos escamados (Squamata) e rincocéfalos

(Rhynchocephalia). Vale destacar que há outros táxons inseridos no clado Lepidosauromorpha além dos citados, mas na chave foram colocados apenas Squamata e Rhynchocephalia com o intuito de facilitar e resumir a classificação, já que o enfoque é no clado Dinosauria, além do fato de que esses são os grupos mais conhecidos na classificação geral dos lepidossauromorfos (Figura 9).

Figura 9 - Zoom da parte inicial da vertente Lepidosauromorpha.

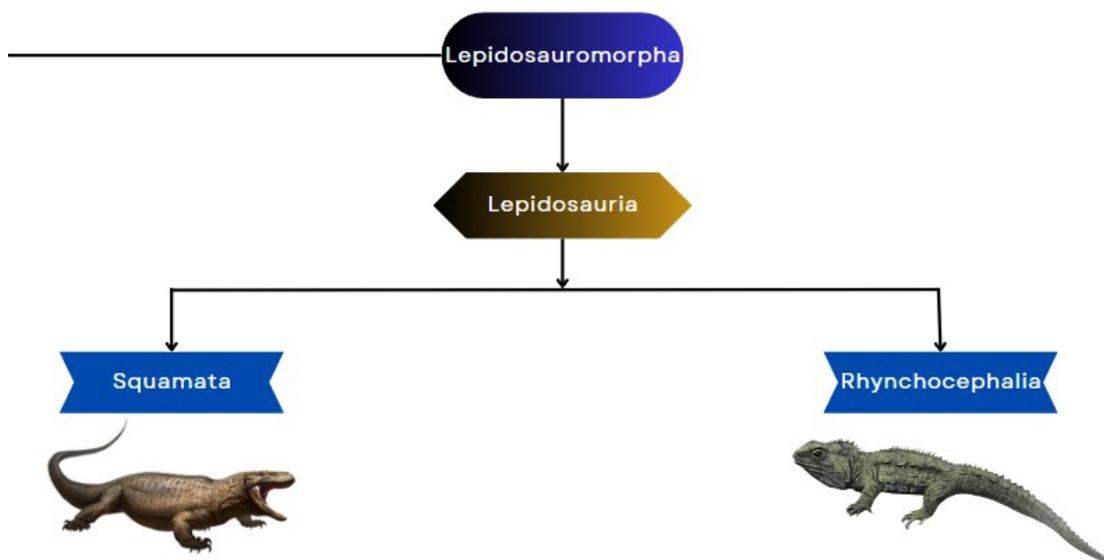


Fonte: do autor (2024).

3.2.3. Lepidosauria

Entre as divisões desse clado, o grupo Lepidosauria resulta em mais duas distribuições, sendo essas os clados Squamata e Rhynchocephalia. Squamata é o maior táxon de répteis, agrupando os lagartos, cobras, e as cobra-de-duas-cabeças (*Amphisbaena*), conhecidos como “squamados” ou “répteis escamados”. Já os Rhynchocephalia é um clado no qual inclui diversas famílias e répteis já extintos, mas que também inclui o tuatara (*Sphenodon punctatus*), seu único representante vivo, endêmico da Nova Zelândia (Figura 10).

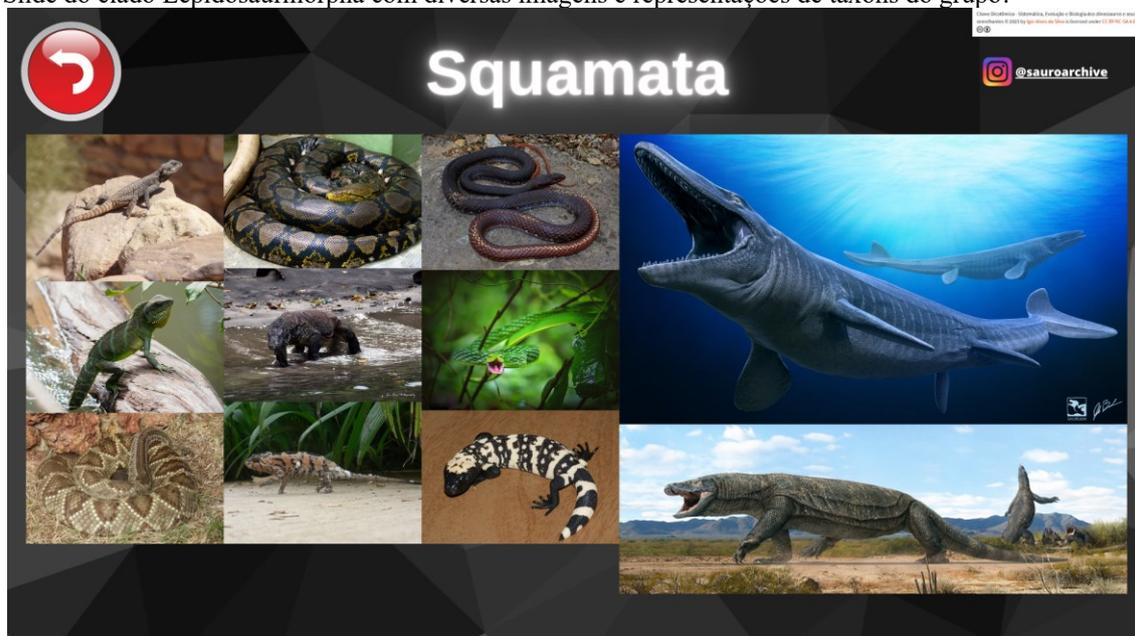
Figura 10 - Zoom da organização do clado Lepidosauria, com imagens dos representantes *Varanus priscus*, de Squamata e *Sphenodon punctatus*, de Rhynchocephalia.



Fonte: do autor (2024).

Recordando, ao clicar na imagem de um representante que está inserida logo abaixo do nome do clado, direciona-se a um slide no qual contém mais imagens de representantes desse clado (Figura 11).

Figura 11- Slide do clado Lepidosauromorpha com diversas imagens e representações de táxons do grupo.

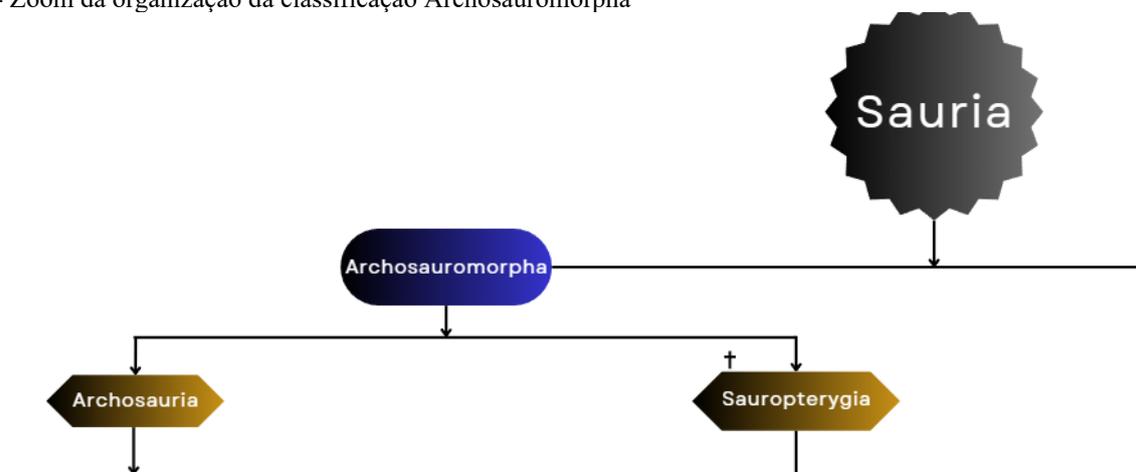


Fonte: do autor (2024).

3.2.4 Archosauromorpha

Saindo da classificação dos Lepidosauromorpha, o outro rumo inicial da chave é a do clado Archosauromorpha, na qual agrupa todos os répteis diapsídeos mais relacionados aos arcossauros (como as crocodilianos e os dinossauros) do que aos lepidossauros (Ezcurra, 2016). Sendo assim, o clado Archosauromorpha é o clado no qual os arcossauros (Archosauria) estão inseridos (Figura 12). No grupo dos arcossauros (Archosauromorpha), estão inseridos diversos clados conhecidos de saurípsidos, como os clados Ichthyosauromorpha, Sauropterygia, Thalattosauria, Protorosauria, Allokotosauria, Rhynchosauria e o grupo dos Archosauriformes (no qual os dinossauros estão inseridos) (Simões *et al.*, 2022), mas foram selecionados, para serem inseridos na chave dicotômica, apenas os grupos dos Archosauriformes já atribuindo aos Archosauria e o grupo dos Sauropterygia como grupo de comparação.

Figura 12 - Zoom da organização da classificação Archosauromorpha

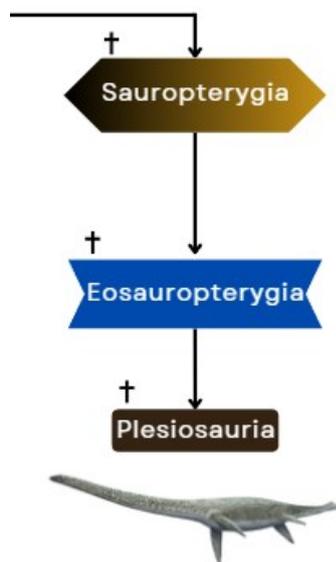


Fonte: do autor (2024).

3.2.5 Sauropterygia

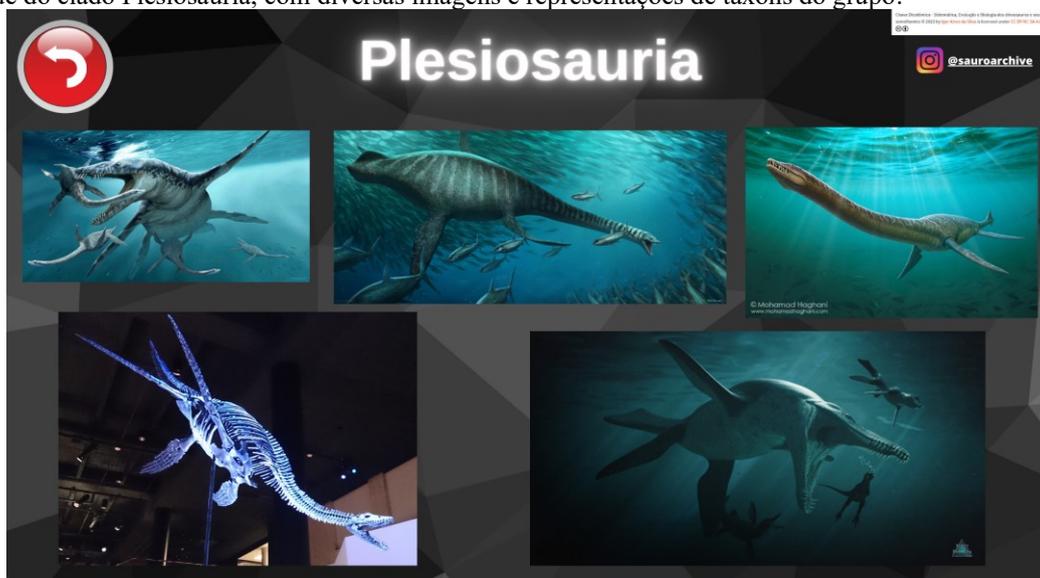
Dentro de Sauropterygia, o clado mais conhecido é o Eosauroptrygia, clado no qual faz parte o grupo mais famoso dos Sauropterígeos, o grupo dos plesiossauros (Plesiosauria) (Figura 13). Os plesiossauros (Plesiosauria) (Figura 14) foram répteis marinhos que viveram entre os Períodos Triássico e Cretáceo, surgindo possivelmente há 203 milhões de anos e tendo desaparecido há 66 milhões de anos, devido ao Evento de extinção Cretáceo-Paleogeno. Tiveram uma distribuição global nos oceanos do Mesozóico e algumas espécies até habitaram ambientes de água doce (Bunker *et al.*, 2022).

Figura 13 - Zoom da organização do clado Sauropterygia, com o *Thalassomedon haningtoni* como representante na chave



Fonte: do autor (2024).

Figura 14 - Slide do clado Plesiosauria, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.

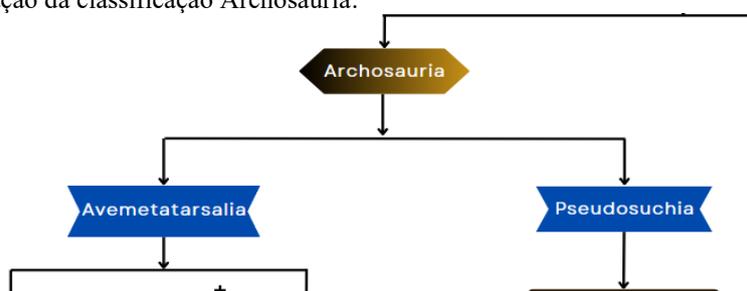


Fonte: do autor (2024).

3.2.6 Archosauria

O clado Archosauria é um grupo coroa no qual inclui os ancestrais comuns mais recentes das aves e dos crocodilianos, assim como todos seus descendentes. As aves e os crocodilianos são os únicos representantes vivos desse grupo e descendem, respectivamente, de arcossauros avemetatarsálios (Avemetatarsalia) e arcossauros pseudosuchianos (Pseudosuchia) (Figura 15). Portanto, dentro do grupo dos arcossauros, estão inseridas duas linhagens: Avemetatarsalia e Pseudosuchia (Nesbitt, 2011).

Figura 15 - Zoom da organização da classificação Archosauria.

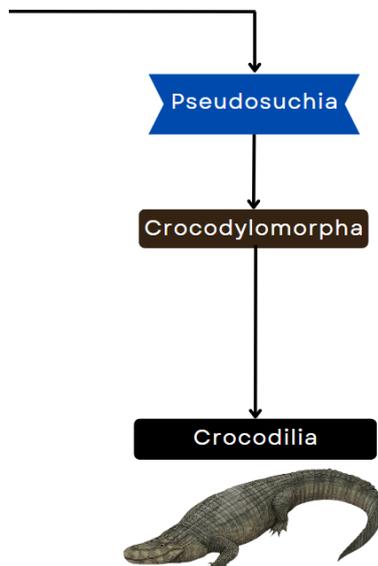


Fonte: do autor (2024).

3.2.7 Pseudosuchia

O clado Pseudosuchia é uma das divisões do grupo dos arcossauros e engloba todos os crocodilianos e todos os arcossauros mais proximamente relacionados aos crocodilianos do que aos dinossauros e às aves (Nesbitt, 2011) (Figura 16). É um grupo muito diverso no qual todos os crocodilianos e seus relativos (Figura 17) estão inseridos. Teve sua origem muito provavelmente no Olenequiano, do Período Triássico, e tem representantes vivos até a atualidade, como os próprios crocodilianos (Crocodylia), que estão inseridos no clado Crocodylomorpha, dentro de Pseudosuchia.

Figura 16 - Zoom da organização do clado Pseudosuchia, com o *Purussaurus brasiliensis*, como representação do grupo Pseudosuchia.



Fonte: do autor (2024).

Figura 17 - Slide do clado Crocodylomorpha, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



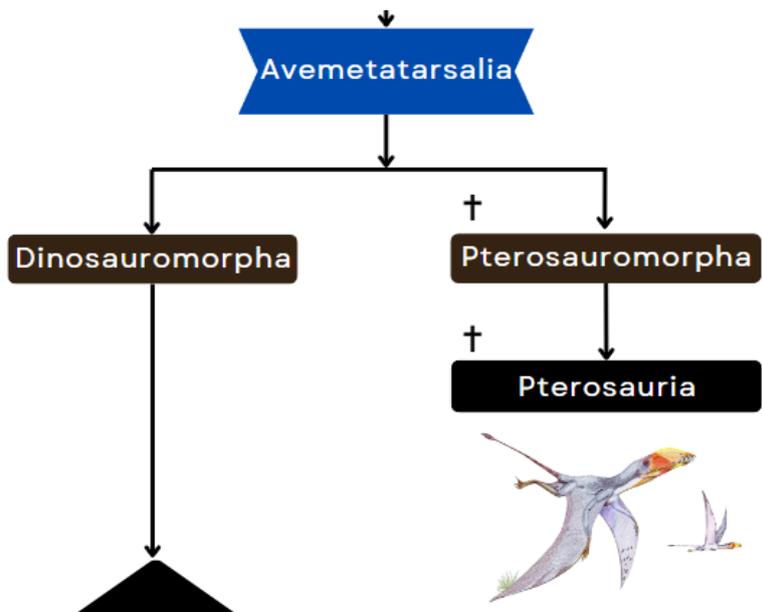
Fonte: do autor (2024).

3.2.8 Avemetatarsalia

O clado Avemetatarsalia é uma das divisões do grupo dos arcossauros e engloba todos os arcossauros mais proximamente relacionados às aves do que aos crocodilos. Basicamente, é o clado que agrupa os pterossauros, os dinossauros e todos os grupos descendentes desses, como os pterossauros, os

dinossauros e as aves (Benton, 1999) (Figuras 18 e 19). Os arcossauros mais proximamente relacionados às aves tem sua origem documentada no registro fóssil por volta de 245 milhões de anos atrás, no Anisiano, do Período Triássico e com representantes vivos até a atualidade, que são as aves (Aves) (Brusatte; Niedźwiedzki; Butler, 2011).

Figura 18 - Zoom da organização do clado Avemetatarsalia, com o *Dimorphodon macronyx*, como representação do grupo Pterosauroomorpha.



Fonte: do autor (2024).

Figura 19 - Slide do clado Pterosauria, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

3.2.9 Dinosauria

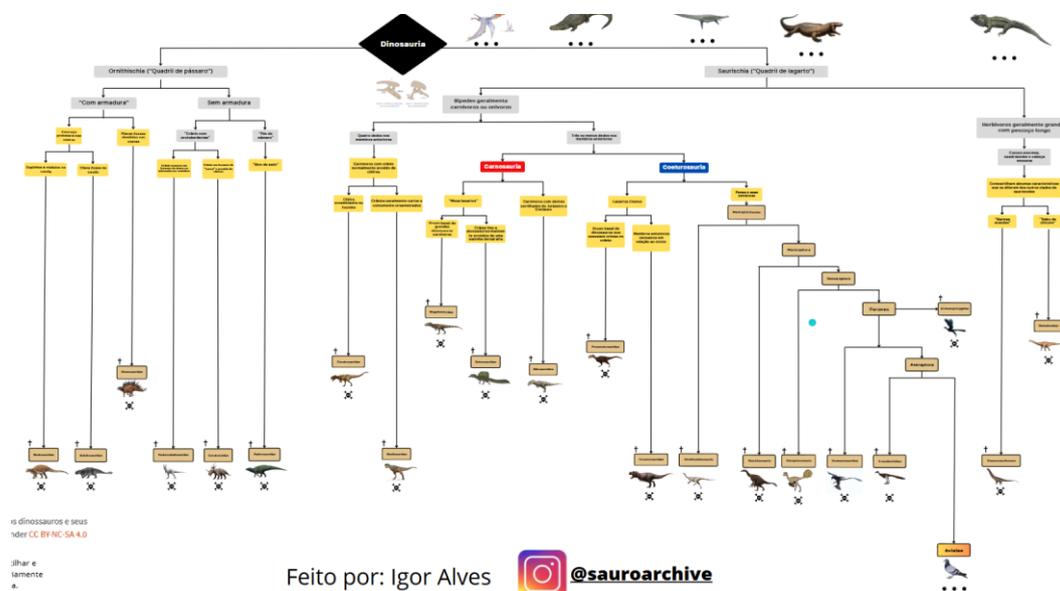
Cunhado pela primeira vez por Richard Owen, em 1842, o termo ‘dinossauro’, composto do termo grego *Deinos* (‘terrível’) e *Sauros* (‘lagarto’), foi a primeira denominação taxonômica e documentada para um grupo de animais extremamente diverso, embora para a denominação do clado, naquele momento, foram utilizadas descrições de apenas três gêneros: *Megalosaurus* (Saurischia, Theropoda), *Iguanodon* (Ornithischia, Ornithopoda) e *Hylaeosaurus* (Ornithischia, Thyreophora) (Ketchum, 2017).

Ademais, é no clado Avemetatarsalia cujo grupo dos dinossauros (Dinosauria) está inserido. Com sua origem no Período Triássico, por volta de 233 milhões de anos atrás, esse grupo de animais é atualmente citado dentro de duas denominações, sendo estas: os dinossauros não-avianos ou não-aviários e os dinossauros

avianos ou aviários. Os dinossauros não-avianos são conhecidos por terem sido o grupo dominante de vertebrados terrestres na Terra em uma faixa de 165 milhões de anos, desde o Período Triássico até o Período Cretáceo, no qual foi o Período em que ocorreu o Evento de extinção Cretáceo-Paleogeno (Evento K-Pg) que acabou por extinguir todos os grupos de dinossauros, com exceção do grupo dos dinossauros avianos, as aves (Figura 20).

O clado Dinosauria foi dividido, em 1887, por Harry Seeley, em dois clados; sendo estes: Ornithischia e Saurischia (Fastovsky; Weishampel, 2021, p. 95).

Figura 20 - Visão geral do clado Dinosauria com diversos grupos e representações.



Fonte: do autor (2024).

3.2.10 Ornithischia

O grupo dos ornitíscios (Ornithischia) (Figura 21), agrupa em sua maioria, dinossauros herbívoros caracterizados pela sua estrutura pélvica semelhante à das aves (Fastovsky; Weishampel, 2021). Embora as aves sejam do grande grupo de dinossauros, como dividido por Harry Seeley, sauríscios - terópodes (Theropoda), o nome Ornithischia, ou “quadril de ave”, reflete a semelhança da estrutura pélvica dos ornitíscios com as aves e é derivado do grego, sendo *ornith-*, significando “ave” e *ischion*’, significando “quadril”. Vale mencionar que o termo *ischia*” é o plural de *ischion*”.

Dentro de Ornithischia, a divisão mais conhecida do grupo consiste entre os ornitíscios com armadura ou “tireóforos” (Thyreophora) e os ornitíscios caracterizados por terem uma camada mais espessa de esmalte assimétrico na parte interna dos dentes inferiores (Neornithischia).

Entre os tireóforos, estão os ornitíscios conhecidos por terem uma camada espessa de osteodermas na região dorsal do corpo, os anquilossauros (Ankylosauria), grupo no qual as famílias Nodosauridae e Ankylosauridae (Figura 22) estão inseridas. Também, dentro de Thyreophora, estão os ornitíscios conhecidos por terem placas ósseas e espinhos divididos em duas fileiras na região dorsal do corpo, os estegossauros (Stegosauria), grupo no qual estão inseridas as famílias Huayangosauridae e Stegosauridae.

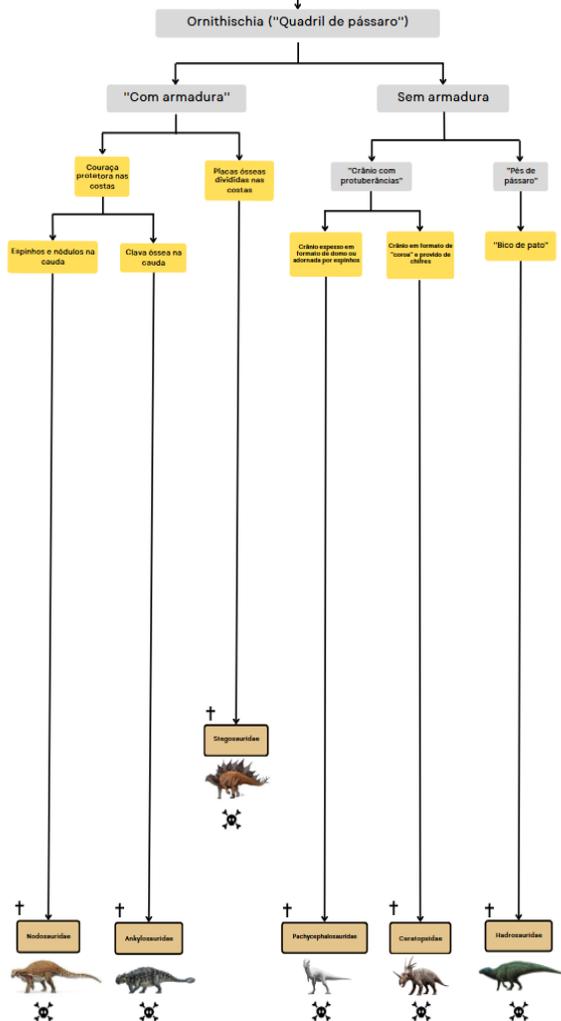
Saindo do grupo dos tireóforos, em Ornithischia, o grupo dos Neornithischia também é dividido em dois outros grupos mais conhecidos, os ornitíscios com um crânio geralmente adornado e com protuberâncias ou “marginocéfalos” (Marginocephalia), e os ornitíscios conhecidos por possuírem pés “parecidos” com o de pássaros ou ornitópodes (Ornithopoda).

Entre os marginocéfalos, estão os paquicefalossauros (Pachycephalosauria) e os ceratopsianos (Ceratopsia), nos quais as famílias Ceratopsidae (Figura 23) e Pachycephalosauridae (Figura 24) estão inseridas, respectivamente. Já entre os ornitópodes, está inserida a família mais famosa desse grupo, a família dos hadrossaurídeos (Hadrosauridae) (Figura 25).

Portanto, em resumo, os ornitíscios são conhecidos por possuírem algumas adaptações anatômicas geralmente relacionadas à defesa, como os Ceratopsianos (Ceratopsia), conhecidos como os dinossauros com “chifres na cabeça”, como por exemplo o gênero *Triceratops*; os paquicefalossauros (Pachycephalosauria),

conhecidos como os dinossauros com a “cabeça espessa ou grossa”; os tireóforos (Thyreophora), como os estegossauros (Stegosauria) e anquilossauros (Ankylosauria), conhecidos por dinossauros “armadurados” e com placas ósseas na região dorsal; e os ornitópodes (Ornihopoda), no qual os dinossauros com “bico de pato” ou hadrossaurídeos estão inseridos.

Figura 21 - Visão geral do clado Ornithischia com diversos grupos e representações.



Fonte: do autor (2024).

Figura 22 - Slide do clado Ankylosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

Figura 23 - Slide do clado Ceratopsidae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



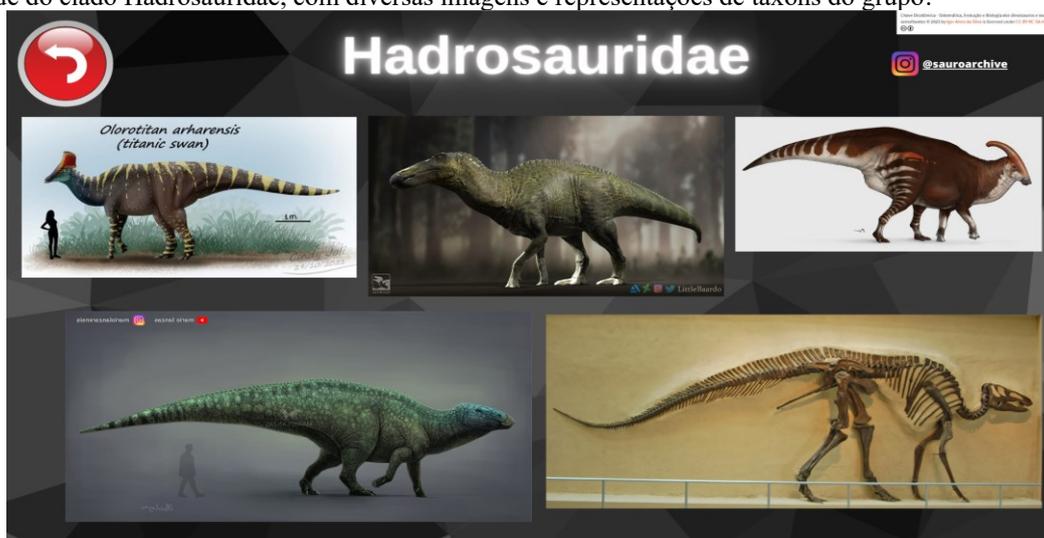
Fonte: do autor (2024).

Figura 24 - Slide do clado Pachycephalosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

Figura 25 - Slide do clado Hadrosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

3.2.11 Saurischia

O grupo dos saurísquios (Saurischia), é caracterizado por agrupar os dinossauros com a estrutura pélvica semelhante à dos lagartos. O nome Saurischia é derivado do grego, com *sauros*, significando "lagarto" ou "réptil" e *ischion*, significando "quadril", como dividido por Harry Seeley, em 1887.

Inseridos no clado Saurischia, estão todos os dinossauros carnívoros, comumente conhecidos como dinossauros terópodes (Theropoda), assim como as aves e uma das primeiras linhagens de dinossauros herbívoros - os sauropodomorfos (Sauropodomorpha) (Figura 26).

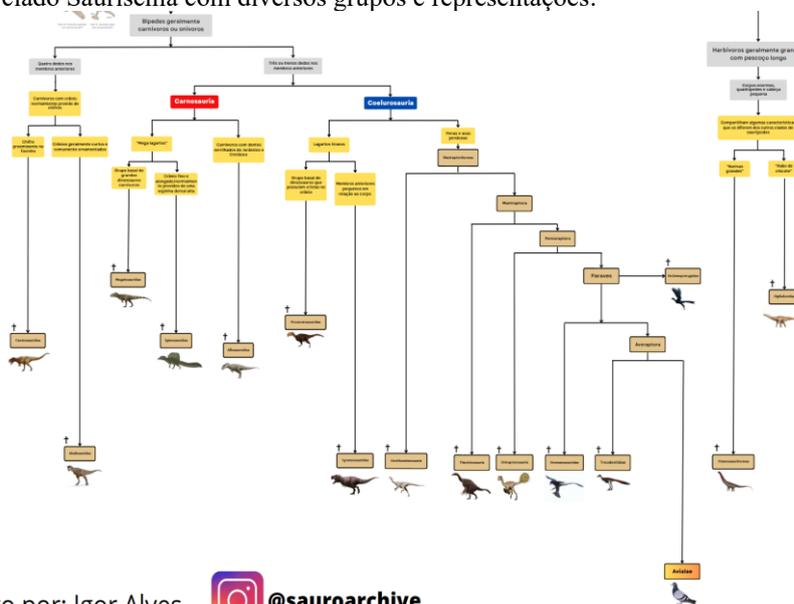
Dentre os grupos inseridos em Saurischia, estão as duas divisões mais conhecidas nos grupos dos terópodes: Ceratosauria e Tetanurae (Gauthier, 1986). No grupo dos ceratossauros (Ceratosauria) estão inseridos os dinossauros com quatro dedos nos membros anteriores e, geralmente, carnívoros com um crânio provido de chifres ou rugosidades na parte superior, como os representantes das famílias Ceratosauridae e Abelisauridae (Figura 27).

Já o Clado Tetanurae, agrupa todos os dinossauros terópodes mais próximos às aves do que aos ceratossauros (Carrano; Sampson; Benson, 2012), portanto, está inserida a maioria dos dinossauros terópodes, caracterizados por terem três ou menos dedos nos membros anteriores. No grupo dos tetanuranos, há uma divisão entre carnossauros (Carnosauria) e celurosauros (Coelurosauria), na qual o grupo dos carnossauros é conhecido por abrigar terópodes carnívoros com uma órbita relativamente grande, um crânio longo e estreito, e modificações nas pernas e na região da pelve, como o alongamento do fêmur em relação à tíbia (Hutchinson, 2005). Estão inseridos, dentro do clado Carnosauria, o grupo dos megalossauróides (Megalosauroida) e dos allossauróides (Allosauroida) (Figura 28), sendo Megalosauridae mais representado por ser uma família de carnívoros basais de médio a grande porte, e Spinosauridae (Figura 29), representado por ser uma família de carnívoros semiaquáticos com um crânio fino e alongado. Já dentro de Allosauroida estão os carnívoros com a extremidade inferior do púbis em formato triangular, conhecidos por possuírem dentes serrilhados e três dedos nos membros anteriores.

Saindo de Carnosauria, há o grupo dos celurosauros (Coelurosauria), no qual agrupa todos os terópodes mais proximamente relacionados às aves do que aos carnossauros. Nesta seção, o clado Coelurosauria foi dividido em Tyrannosauroida e Maniraptoriformes, sendo o grupo dos tiranossauróides conhecido por agrupar predadores que triunfaram durante o Período Cretáceo, como os conhecidos da família dos tiranossaurídeos (Tyrannosauridae) (Figura 30) e diversas formas mais basais; já o grupo dos Maniraptoriformes (Figura 31) agrupa formas mais derivadas e mais relacionadas às aves do que aos tiranossauróides, como os popularmente conhecidos "raptores" ou dromeossaurídeos (Dromaeosauridae).

Dentro de Saurischia, ainda há o grupo no qual os saurópodes (Sauropoda) estão incluídos (Sauropodomorpha), no qual agrupa dinossauros herbívoros geralmente de grande porte, com pescoços e caudas longos. No clado Sauropoda, os mais conhecidos são os neosaurópodes (Neosauropoda), no qual é geralmente dividido entre os macronários (Macronaria), conhecidos pelo grande diâmetro de suas aberturas nasais em seus crânios - grupo no qual os famosos titanossauros (Titanosauria) estão incluídos e o grupo dos diplodocoídeos (Diplodocoidea), nos quais são conhecidos pela maioria possuir pescoços e caudas extremamente longos, como os representantes do grupo dos Titanosauriformes (Figura 32).

Figura 26 - Visão geral do clado Saurischia com diversos grupos e representações.



to por: Igor Alves



Fonte: do autor (2024).

Figura 27 - Slide do clado Abelisauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



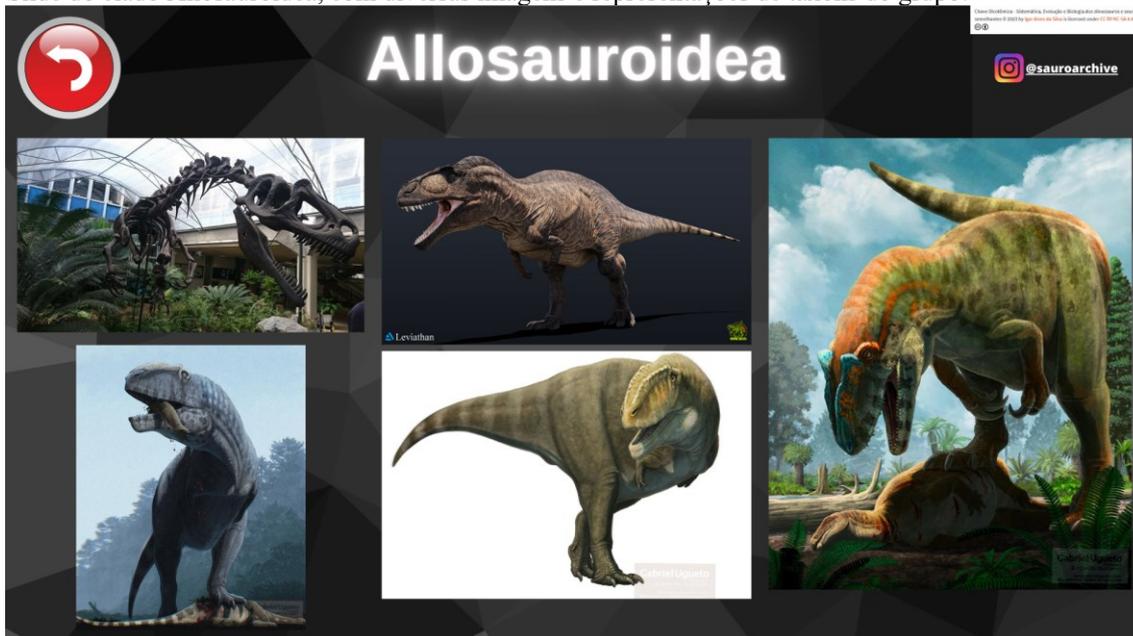
Fonte: do autor (2024).

Figura 28 - Slide do clado Spinosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

Figura 29 - Slide do clado Allosauroidea, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

Figura 30 - Slide do clado Tyrannosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

Figura 31 - Slide do clado Maniraptoriformes, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

Figura 32 - Slide do clado Titanosauriformes, com diversas imagens e representações de táxons do grupo.



Fonte: do autor (2024).

④ RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se, ao final desta pesquisa, concluir o material do manual do professor, intitulado “Manual do professor: Sistemática, Evolução e Biologia dos dinossauros e seus semelhantes”, bem como o site para as devidas publicações e disponibilização dos materiais citados. O site para publicações, por sua vez, será devidamente disponibilizado online, com acesso livre e de forma gratuita posteriormente

Espera-se ainda que esta pesquisa incentive a criação de materiais voltados não apenas à paleontologia, mas também às ciências biológicas em geral, visando contribuir para o avanço do ensino e da aprendizagem em diversas áreas do conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

- ANSÓN, M.; HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, M.; RAMOS, P. A. S. Paleoart: term and conditions (a survey among paleontologists). **Anais e resumos**. XIII Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología (XIII EJP), p. 28 - 34, abr. 2015.
- BENTON, M. J. *Scleromochlus taylori* and the origin of dinosaurs and pterosaurs. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, [S. l.], v. 354, n. 1388, p. 1423–1446, 28 ago. 1999.
- BRUSATTE, S. L.; NIEDŹWIEDZKI, G.; BUTLER, R. J. Footprints pull origin and diversification of dinosaur stem lineage deep into Early Triassic. **Proc Biol Sci**, [S. l.], v. 278, n. 1708, p. 1107–1113, 7 abr. 2011.
- BUNKER, G. *et al.* Plesiosaurs from the fluvial Kem Kem Group (mid-Cretaceous) of eastern Morocco and a review of non-marine plesiosaurs. **Cretaceous Research**, [S. l.], ano 2022, v. 140, n. 105310, 15 dez. 2022.
- CARRANO, M. T.; BENSON, R. BJ; SAMPSON, S. D. The phylogeny of tetanurae (Dinosauria: Theropoda). **Journal of Systematic Palaeontology**, v. 10, n. 2, p. 211-300, 2012.
- EZCURRA, M. D. The phylogenetic relationships of basal archosauromorphs, with an emphasis on the systematics of proterosuchian archosauriforms. **PeerJ**, [S. l.], v. 4, n. e1778, p. 1-385, 28 abr. 2016.
- FASTOVSKY, D.; WEISHAMPEL, D. B. **Dinosaurs A Concise Natural History**. 4. ed. [S. l.]: Cambridge University Press, 2021. 540 p. ISBN 978-1-108-47594-5.
- FOLKES, D. **Thecodontia**, 2019. Disponível em: <<https://www.thecodontia.com/>>. Acesso em: 27 outubro 2024.
- GAUTHIER, J. Saurischian monophyly and the origin of birds. **Memoirs of the California Academy of Sciences**, [S. l.], v. 8, p. 1-55, 19 maio 1986.
- HARTMAN, S. **Dr. Scott Hartman's skeletal drawing.com**, 24 maio 2011. Disponível em: <<https://www.skeletaldrawing.com/>>. Acesso em: 21 maio 2024.
- HUTCHINSON, J. R. Tremble Before the Carnosauria!: Big flesh-eating machines. *In: University of California Museum of Paleontology*. [S. l.]: Dave Smith, 7 nov. 2005.
- KETCHUM, H. The 'birth' of dinosaurs. *In: More than a Dodo: Oxford University Museum of Natural History Blog*. [S. l.], 28 abr. 2017.
- LI, C. *et al.* A Triassic stem turtle with an edentulous beak. **Nature**, [S. l.], v. 560, n. 7719, p. 476-479, 23 ago. 2018.
- MARTINE, A. M.; RICARDI-BRANCO, F.; BELOTO, B. Descrição dos métodos paleoartísticos para reconstruções de animais e vegetais fósseis. **Terrae Didactica**, Campinas, SP, v. 13, n. 2, p. 101–112, 2017.
- MORO, D.; HOHEMBERGER, R.; PANIZ, C. M. Paleoarte no ambiente escolar: uma ferramenta para difusão do ensino sobre a paleobiodiversidade da região central do Rio Grande do Sul. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 1-17, 2021.
- NESBITT, S. J. The early evolution of archosaurs : relationships and the origin of major clades. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, [S. l.], n. 352, p. 1-292, 16 maio 2011.

SANTOS, L. S.; SANTOS, F. S. dos; GEROTO, C.F.C. Paleontologia nas escolas brasileiras: análise de livros didáticos de Biologia. **Scientia Vitae**, v.17, n.45, ano 11, p. 01-12, abr./mai./jun. 2024.

SIMÕES, T. R. *et al.* Successive climate crises in the deep past drove the early evolution and radiation of reptiles. **Science Advances**, [S. l.], v. 8, n. 33, p. 1-13, 19 ago. 2022.