

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SÃO PAULO – CAMPUS SÃO ROQUE**

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

IGOR ALVES DA SILVA

Paleoartes: subsídios para ensino e aprendizagem de Paleontologia

**São Roque
2024**

IGOR ALVES DA SILVA

Paleoartes: subsídios para ensino e aprendizagem de Paleontologia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São Roque, para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Santiago dos Santos.

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Pereira.

**São Roque
2024**

AGRADECIMENTOS

Em especial, agradeço e dedico este trabalho à minha família que tanto me apoiou durante toda minha vida e que serviu e segue servindo como combustível para minha força de vontade e busca de meus objetivos. Aos meus pais Israel e Anália, por terem batalhado tanto para que eu conseguisse ingressar numa carreira acadêmica próspera, sempre me apoiando em minhas escolhas e por terem me ensinado a como ser uma pessoa melhor todos os dias. À minha irmã Ana Júlia por tantas conversas, discussões e reflexões acerca do mundo natural, além de todo o apoio. À minha namorada Anna Laura, por ter me mostrado o lado belo da vida, a felicidade de ter e amar alguém tão incrível e por me apoiar diariamente. Amo imensamente todos vocês.

Agradeço ao meu orientador Fernando Santiago dos Santos, pelo apoio, incentivo e tantas oportunidades envolvendo a área que tanto gosto e almejo seguir, pelos ensinamentos envolvendo a ciência e o meio acadêmico e por ter me aceito como orientando em praticamente toda a minha trajetória na graduação. Você é uma das minhas maiores inspirações.

Agradeço também ao meu coorientador Márcio Pereira, por tantos ensinamentos envolvendo a área da Zoologia, da Paleontologia e também pelas inspirações e ensinamentos envolvendo a ciência e o meio acadêmico.

Aos professores do IFSP que participaram da minha trajetória nesta instituição, com tantos ensinamentos, reflexões e inspirações.

Aos meus amigos próximos (“Kleín da Acatísuquí”), que fiz durante a minha trajetória no Ensino Fundamental e Médio, pelo apoio, conversas, reflexões, experiências e descontração diária.

*“The combination of such characters, some, as the sacral ones, altogether peculiar among Reptiles, others borrowed, as it were, from groups now distinct from each other, and all manifested by creatures far surpassing in size the largest of existing reptiles, will, it is presumed, be deemed sufficient ground for establishing a distinct tribe or sub-order of Saurian Reptiles, for which I would propose the name of **Dinosauria.**”*

Sir. Richard Owen, 1842.

RESUMO

O ensino de Paleontologia na Educação Básica no Brasil enfrenta desafios devido à abordagem limitada do tema nos livros didáticos, muitas vezes restrita a curiosidades e conteúdos superficiais. Essa lacuna dificulta o entendimento mais profundo sobre a evolução e a diversidade biológica, fundamentais para a formação científica e crítica dos estudantes. Este Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo criar e disponibilizar ferramentas didáticas inovadoras, utilizando paleoartes como principal abordagem para o ensino de Paleontologia, com ênfase no grupo Dinosauria e em outros organismos da Era Mesozoica. A pesquisa decorrente do trabalho resultou na produção de reconstruções paleoartísticas digitais que retratam paleoambientes e organismos extintos de forma fiel às evidências científicas, uma chave dicotômica interativa intitulada “Sistemática, Evolução e Biologia dos Dinossauros e seus Semelhantes”, um manual do professor e o site “Sauroarchive” para posterior disponibilização dos materiais de forma acessível e gratuita. Além disso, este trabalho contribui para suprir a carência de materiais didáticos voltados ao ensino de Paleontologia, ressaltando a importância de ferramentas educacionais inovadoras para enriquecer o currículo escolar e a metodologia proposta permite ao professor apresentar conceitos complexos de forma acessível, visual e envolvente, incentivando a interdisciplinaridade entre arte, ciência e educação ambiental.

Palavras-chave: Paleontologia, Materiais didáticos, Evolução, Dinossauros, Paleoarte.

ABSTRACT

The teaching of Paleontology in Basic Education in Brazil faces challenges due to the limited approach to the subject in textbooks, often restricted to curiosities and superficial content. This gap hinders a deeper understanding of evolution and biological diversity, which are fundamental for the scientific and critical formation of students. This Undergraduate Thesis aimed to create and provide innovative educational tools, using paleoart as the main approach for teaching Paleontology, with an emphasis on the Dinosauria group and other organisms from the Mesozoic Era. The research carried out for this work resulted in the production of digital paleoartistic reconstructions that faithfully depict paleoenvironmental and extinct organisms based on scientific evidence, an interactive dichotomous key entitled “Systematics, Evolution, and Biology of Dinosaurs and Their Relatives,” a teacher's guide, and the “Sauroarchive” website for the accessible and free distribution of these materials. Furthermore, this work contributes to addressing the lack of educational materials focused on Paleontology, highlighting the importance of innovative educational tools to enrich the school curriculum. The proposed methodology allows teachers to present complex concepts in an accessible, visual, and engaging way, encouraging interdisciplinarity among art, science, and environmental education.

Keywords: Paleontology, Educational materials, Evolution, Dinosaurs, Paleoart.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	8
3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
3.1 Reconstruções paleoartísticas.....	19
3.2 Chave Dicotômica: Sistemática, Evolução e Biologia dos dinossauros e seus semelhantes.....	20
3.3 Manual do professor.....	22
3.4 Site para publicações: Sauroarchive.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Reconstruções paleoartísticas.....	23
4.1.1 Formação Santa Maria.....	23
4.1.2 Formação Chinle.....	24
4.1.3 Formação Shaximiao.....	25
4.1.4 Formação Morrison.....	26
4.1.5 Formação Candeleros.....	27
4.1.6 Formação Hell Creek.....	28
4.2 Chave Dicotômica: Sistemática, Evolução e Biologia dos dinossauros e seus semelhantes.....	29
4.2.1 Sauria.....	31
4.2.2. Lepidosauromorpha.....	31
4.2.3. Lepidosauria.....	32
4.2.4 Archosauromorpha.....	34
4.2.5 Sauropterygia.....	34
4.2.6 Archosauria.....	35
4.2.7 Pseudosuchia.....	36
4.2.8 Avemetatarsalia.....	37
4.2.9 Dinosauria.....	39
4.2.10 Ornithischia.....	40
4.2.11 Saurischia.....	44
4.3 Manual do professor.....	49
4.4 Site para publicações: Sauroarchive.....	51
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS.....	52

1. 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”.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O período histórico da paleoarte que remete às obras anteriores ao século XIX é conhecido como “Protopaleoarte” e registra possíveis representações a partir da observação de fósseis nos séculos XV e XVI na Europa (Witton, 2018). Embora fosse uma prática quase tão antiga quanto a própria Paleontologia, a ilustração e representação de restos fósseis foi introduzida mais formalmente na literatura por volta dos anos de 1980 (Hallett, 1987).

Desde então, a paleoarte sofreu consideráveis avanços, tanto na precisão quanto nas técnicas artísticas empregadas, o que pode ser observado em renomadas obras paleoartísticas como *Duria antiquior*, criada por Henry De la Beche (1796-1855) (Figura 1). Essa evolução da paleoarte em países como o Reino Unido, no século XIX, estabeleceu as bases para a disseminação global de conceitos paleontológicos e demonstrou uma maior fidelidade aos conhecimentos científicos da época. Figuras marcantes, como Benjamin Waterhouse Hawkins, contribuíram para a popularização da paleoarte, com as ilustres esculturas no Crystal Palace, em Londres, que marcaram o local como um ponto histórico, cultural e turístico (Figura 2).

Figura 1 - Pintura em aquarela *Duria antiquior*



Fonte: Henry De la Beche (1830).

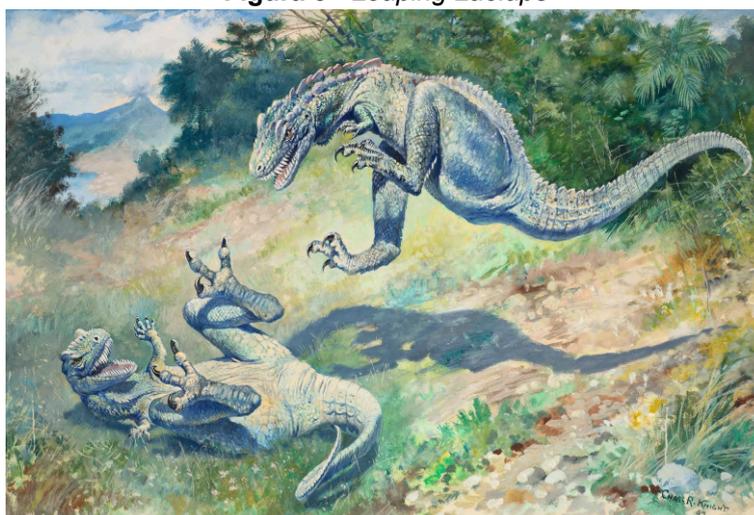
Figura 2 - Esculturas representativas do dinossauro *Iguanodon*, localizadas no Crystal Palace Park, em Londres



Fonte: Benjamin Waterhouse Hawkins (1852).

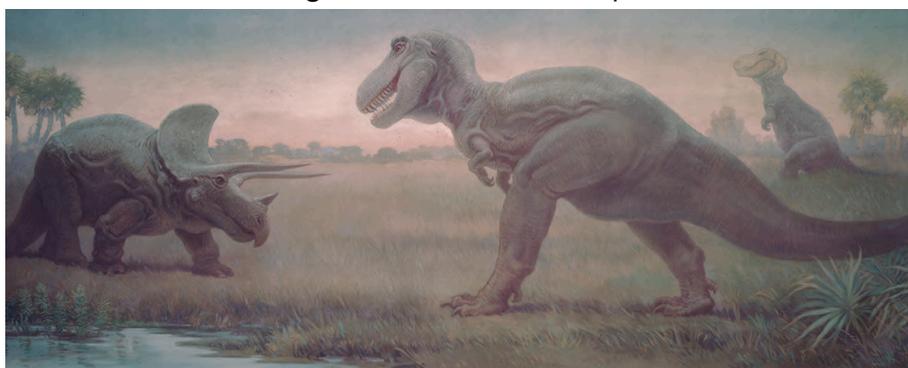
A partir do século XX, a paleoarte, no período histórico então conhecido como “Paleoarte Clássica”, juntou os conhecimentos científicos evolutivos com a anatomia comparada de grupos zoológicos viventes, obtendo, então, representações ainda mais precisas e refinadas. Um dos paleoartistas mais célebres desse período – justamente por apresentar esses elementos em suas obras – é o norte-americano Charles Robert Knight (1874-1953), o qual “imortalizou” obras de arte extremamente avançadas tecnicamente para seu período, como *Leaping Laelaps* (Figura 3) e *T-rex vs Triceratops* (Figura 4).

Figura 3 - *Leaping Laelaps*



Fonte: Charles Robert Knight (1897).

Figura 4 - *T-rex vs Triceratops*



Fonte: Charles Robert Knight (1906).

A partir desse momento, a paleoarte e a Paleontologia passaram por um *boom* em reconhecimento, especialmente com a influência da *Saga Jurassic Park* de Steven Spielberg (década de 1990), dando início ao período da “Paleoarte Moderna” e da “Paleoarte Pós-Moderna”: até os dias atuais, esse período evidencia a

tendência de aperfeiçoar os elementos artísticos e técnicos citados anteriormente (Anson; Fernández; Ramos, 2015; Lescaze, 2017; Witton, 2018).

Representar esses elementos de forma fiel às evidências científicas, além de despertar interesse do público observador à área, permite a conexão das pessoas com o passado geológico de forma inteligível:

Paleoarte é um termo ainda informal constituído pela união das palavras paleontologia e arte e pode ser definida como representações artísticas que reconstróem cientificamente o aspecto em vida de organismos fósseis e/ou ambientes pretéritos (Martine; Ricardi-Branco; Beloto, 2017, p. 101).

Sendo assim, a paleoarte desempenha um papel fundamental na paleontologia, servindo como uma ponte entre a ciência e o público. Através de representações visuais de organismos extintos, a paleoarte ajuda a visualizar e compreender a aparência, o comportamento e os habitats dos seres vivos do passado. Essas ilustrações não apenas capturam a imaginação, mas também comunicam descobertas científicas de maneira acessível. Além disso, a paleoarte estimula o interesse pela paleontologia, atraindo a atenção de estudantes e do público em geral. Artistas paleoartísticos colaboram frequentemente com paleontólogos para garantir que suas obras sejam baseadas em evidências científicas, o que promove uma maior precisão na representação de ecossistemas antigos. Dessa forma, a paleoarte não só embeleza exposições e publicações científicas, mas também desempenha um papel crucial na educação e na divulgação do conhecimento sobre a história da vida na Terra.

Atualmente, reconstruções paleoartísticas geralmente têm como foco principal animais (Figura 5 e 6), elementos vegetais (Figura 7 e 8) ou ambos (Figura 9 e 10). Representações fisiológicas e anatômicas também são bastante disseminadas por paleoartistas em parceria com estudos e descobertas científicas (Figura 11 e 12).

Figura 5 - Reconstrução paleoartística de *Carcharodontosaurus saharicus* predando um saurópode rebbachissaurídeo



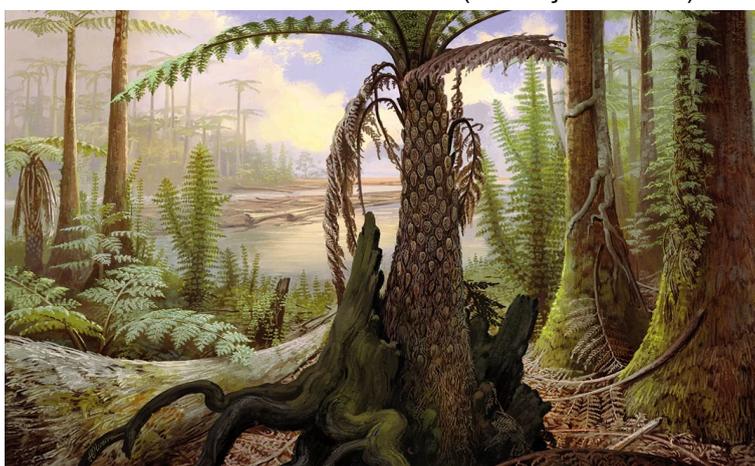
Fonte: Mark Witton (2023).

Figura 6 - Reconstrução paleoartística de *Paraceratherium transouralicum*



Fonte: Gabriel Ugueto (2023).

Figura 7 - Reconstrução paleoartística de *Grammatopteris*, uma samambaia arborescente do Permiano da Bacia do Parnaíba (Formação Motuca)



Fonte: Júlia d'Oliveira (2024).

Figura 8 - Reconstrução paleoartística de *Notocyamus hydrophobus*



Fonte: Rebecca Dart (2023).

Figura 9 - Reconstrução do Triássico do Brasil (Formação Santa Maria)



Fonte: Júlia d'Oliveira (2023).

Figura 10 - Reconstrução paleoartística do dinossauro *Borealopelta markmitchelli* e suas prováveis fontes de alimento



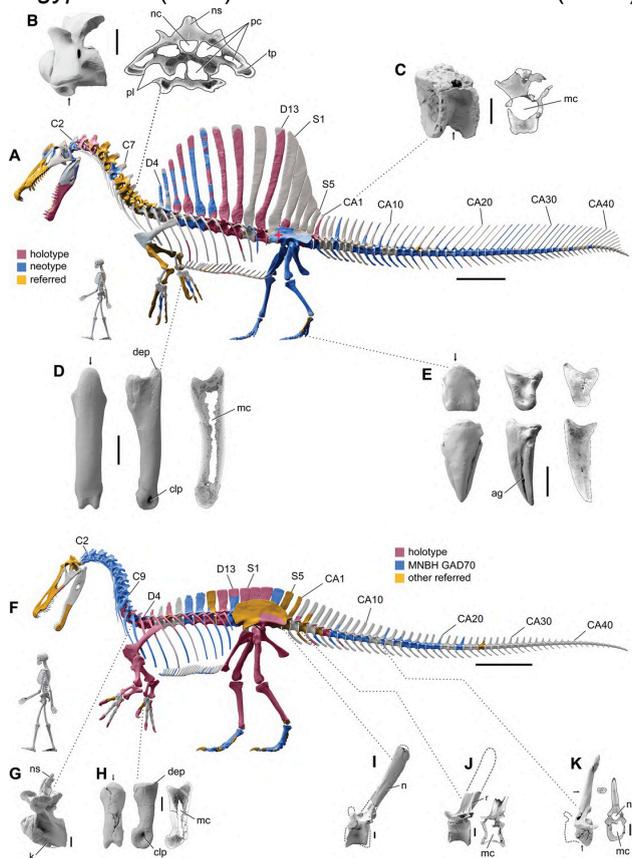
Fonte: Julius Csotonyi (2017).

Figura 11 - Reconstrução paleoartística feita para representar a anatomia respiratória aviana em tiranossauros



Fonte: Hank Sharpe (2023).

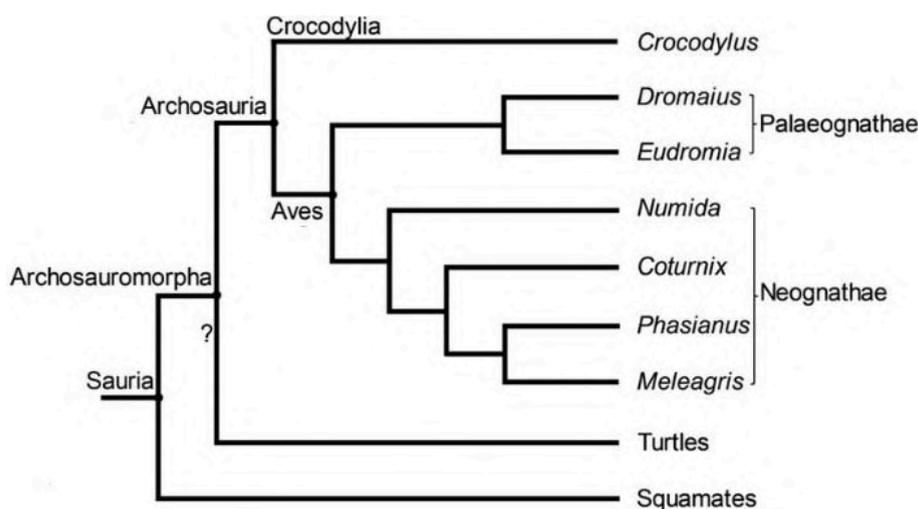
Figura 12 - Reconstrução paleoartística esquelética dos dinossauros espinossaurídeos *Spinosaurus aegyptiacus* (cima) e *Suchomimus tenerensis* (baixo)



Fonte: Sereno *et al.*, 2022.

Quanto ao grupo taxonômico focado na criação dos materiais didáticos, é possível afirmar que o grupo dos dinossauros (Dinosauria) está incluso dentro do clado Sauria (Figura 13), no qual abrange os ancestrais comuns mais recentes dos arcossauros (Archosauria), dos lepidossauros (Lepidosauria) e de todos seus descendentes. Portanto, são inseridos nesse clado os crocodilianos, os dinossauros, os lagartos, serpentes, tuataras e todos os seus descendentes (Gauthier; Klugel; Rowe, 1988; Tolweb, 2023).

Figura 13 - Filogenia de sáurios a partir da reconstrução mais parcimoniosa com uso de diversas técnicas.



Fonte: Cuff *et al.*, 2019.

Dentro de Sauria ainda há grupos com uma posição filogenética incerta, como é o caso do grupo-tronco das tartarugas (“*stem-turtles*”) representado pelo sinal de ? no cladograma acima (Figura 13); essa incerteza se dá por diversas razões, como características morfológicas distintas que dificultam a análise direta com outros grupos de répteis e a escassez de fósseis intermediários, mas que, no contexto do presente trabalho, não influencia diretamente nos objetivos.

Embora os dinossauros estejam agrupados e comumente mencionados como “répteis”, sua biologia conhecida atualmente não corresponde com a definida pela Classe Reptilia (Répteis) descrita na taxonomia lineana (classificação proposta por Carl Linnaeus – Lineu – na qual consistia em animais amniotos de sangue frio e sem pelo ou penas). Esta classificação lineana é considerada obsoleta porque os estudos de Lineu (1707-1778) vieram antes dos conhecimentos sobre evolução e paleontologia; desta maneira, Lineu agrupou seres que possuem características

intermediárias entre grupos diferentes, dentro de grupos predeterminados taxonomicamente:

A taxonomia lineana, em sua origem, só considerava caracteres morfoanatômicos como base para a classificação biológica. Caracteres de origem ecológica e embriológica só passaram a ser utilizados a partir da escola evolutiva no século XIX (Moreira, 2009, p. 32).

No entanto, considerando que o termo Sauropsida é comumente atribuído como sinônimo do termo "Reptilia", é possível afirmar que os dinossauros, incluindo as aves, são sistematicamente saurópsidos ou 'répteis', já que estão incluídos neste grupo. Sendo assim, os dinossauros fazem parte de um clado diverso de répteis, os Archosauria, dos quais existem apenas duas linhagens sobreviventes, os crocodilianos modernos e as aves (Bailleul; O'Connor; Schweitzer, 2019). Assim, diferenciam-se mais apropriadamente os dinossauros não-avianos dos dinossauros avianos (aves) dentro, ainda, do grupo-coroa Sauria.

Surgindo pouco depois da metade do Período Triássico, há aproximadamente 230 milhões de anos, os dinossauros formam um grupo monofilético, isto é, originam-se a partir de um ancestral comum. O clado Dinosauria é originário dos saurópsidos (Sauropsida), um clado de amniotos que deu origem aos arcossauros, uma linhagem que agrupa diversos grupos de animais, incluindo os crocodilianos, os pterossauros e os próprios dinossauros (Anelli, 2022). Ocupando diversos ambientes e nichos ecológicos, os dinossauros não-avianos formaram um grupo com uma gigantesca diversidade anatômica, ecológica e morfológica, sendo o grupo de vertebrados terrestres dominantes por mais de 150 milhões de anos e extintos no final do Período Cretáceo, há aproximadamente 65 milhões de anos, durante o Evento K-Pg (Evento de extinção Cretáceo-Paleogeno). No entanto, dentro deste grupo, sobreviveram os dinossauros avianos (aves), os quais se fazem presentes até a atualidade (Singer, 2015).

Tais noções são consideradas básicas no contexto da paleontologia e biologia histórica dos dinossauros e, se abordadas em conjunto com paleoartes e reconstruções científicas de forma adequada, auxiliam na absorção e fundamentação dos conhecimentos paleontológicos no ensino básico no Brasil.

No entanto, observa-se que a Paleontologia ainda é uma área pouco explorada e superficialmente abordada no ensino básico no Brasil. Embora não seja citada diretamente, a Paleontologia e temas relacionados aparecem indiretamente

em documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Figura 14). Contudo, esses conteúdos são frequentemente tratados de maneira limitada, especialmente na educação infantil, onde costumam ser apresentados apenas como curiosidades, sem um aprofundamento pedagógico que poderia enriquecer significativamente o aprendizado das crianças (Mello; Mello; Torello, 2005). Além disso, Mello, Mello e Torello (2005) aponta que há uma escassez de materiais didáticos específicos e de formação adequada para professores, o que contribui para que a paleontologia seja abordada de forma fragmentada e sem o devido embasamento científico; justificando a criação de materiais didáticos específicos da área e, conseqüentemente, o presente trabalho.

Figura 14 - Distribuição de páginas de livros didáticos (Lx) dedicadas à paleontologia (%).

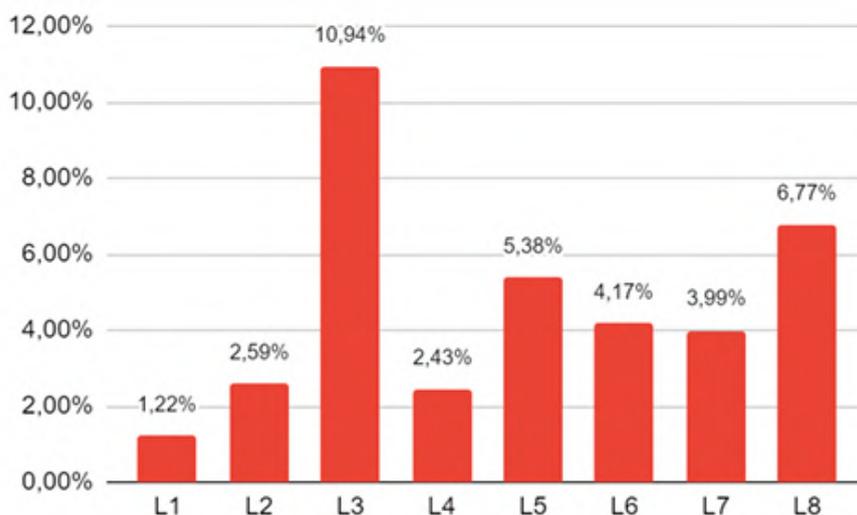
UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO	HABILIDADES BNCC
Terra e Universo	Forma, estrutura e movimentos da Terra	(EF06CL12) Identificar diferentes tipos de rochas, relacionando a formação de fósseis e rochas sedimentares em diferentes períodos geológicos.

Fonte: BRASIL (2018).

Fonte: Costa e Scheid (2022).

Observa-se ainda que a paleontologia vem ganhando cada vez mais destaque no Brasil e no mundo nas últimas décadas, com cada vez mais representações de elementos paleontológicos e paleoartísticos nos meios de divulgação e em pesquisas; isso reforça ainda mais a necessidade de uma abordagem adequada e completa da paleontologia nas escolas (Godoi *et al.*, 2022). Essa abordagem superficial e pouco frequente da Paleontologia na Educação Básica no Brasil pode ser explicada pelo fato de que os livros didáticos costumam ser, na maioria das vezes, os únicos recursos empregados nesse processo (Santos; Santos e Geroto, 2024). Ao analisar oito obras de biologia do PNL D de 2018, Santos, Santos e Geroto (2024) chegaram a uma pobre distribuição de páginas dedicadas aos assuntos paleontológicos (Figura 15), a qual também reflete na forma vaga e dispersa em que a paleontologia é apresentada nos livros didáticos.

Figura 15 - Distribuição de páginas de livros didáticos (Lx) dedicadas à paleontologia (%).



Fonte: Santos; Santos e Geroto (2024).

Em relação à abordagem paleoartística, a inclusão de disciplinas ou módulos específicos sobre ilustração científica em cursos de formação de professores e uma abordagem paleoartística adequada nas disciplinas de paleontologia e geologia nos cursos de graduação, podem ajudar a mitigar a defasagem dessa abordagem no ensino básico, já que essa formação prática permitiria que professores desenvolvessem habilidades básicas de ilustração e visualização científica. Além disso, visitas a museus, oficinas com paleoartistas, ou colaborações com centros de pesquisa paleontológica durante a formação dos professores de biologia para que os educadores possam aprender sobre reconstrução científica e técnicas de ensino visual também seriam eficientes para amenizar o problema.

Sendo assim, em alternativa aos livros didáticos e tendo em vista de quando se trata de conhecimentos científicos específicos e com poucos recursos didáticos do tema disponíveis, estratégias didáticas diversas demonstram ser muito bem-vindas, necessitando uma interposição por parte do educador para aproximar o educando ao meio científico, a partir desses recursos (Neves, 2021 apud Silva *et al.*, 2016). A utilização de materiais diferenciados como chaves dicotômicas mostra-se importante para familiarização de grupos e conceitos de organismos como animais e plantas (Cordeiro, 2014; Carmazio; Santos, 2020) assim como a utilização de dioramas, os quais são uma poderosa ferramenta que desperta autonomia no educando e, principalmente, é uma excelente forma de transposição do conhecimento teórico para uma representação artística, visual e física que, conseqüentemente, favorece o aprendizado de assuntos específicos (Neves, 2021),

além de ser uma forma bastante flexível, adaptável e que coloca a criatividade, tanto do professor quanto do aluno, em primeiro plano (Santos, 2022). Além disso, a utilização desses recursos didáticos diferenciados ao que normalmente é trabalhado com o educando no cotidiano demonstra oferecer ganhos consideráveis no processo de ensino-aprendizagem (Nicola; Paniz, 2016); no ensino de biologia, a aplicação de materiais criativos, inovadores e expressos de modo representativo é um importante fator para abranger uma quantidade maior de alunos e despertar maior interesse pela biologia e suas subáreas (Carvalho *et al.*, 2021).

3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, detalham-se os materiais e métodos aplicados para o desenvolvimento dos recursos didáticos paleontológicos produzidos e em produção, com foco na elaboração de reconstruções paleoartísticas e na criação de uma chave dicotômica ilustrada para o ensino de paleontologia. Esses métodos foram selecionados para criar uma abordagem acessível e visual, alinhada ao objetivo de tornar os conceitos paleontológicos mais interativos e atrativos para o público educacional.

3.1 Reconstruções paleoartísticas

Conforme comentado, um dos elementos produzidos pela pesquisa que remete ao presente trabalho, foram as reconstruções paleoartísticas ou “paleoartes”, nas quais objetivou-se a reconstrução de diferentes ambientes da Era Mesozoica em enfoque na representação dos dinossauros. Sendo assim, foram reconstruídas formações geológicas que remetem ao paleoambiente correspondente, levando em consideração a geologia, flora e fauna desses ambientes. Logo, foram representadas 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.

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®. 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).

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

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.

O material foi criado na plataforma Canva®, a partir de um design ilimitado (quadro branco) e classificando, de forma resumida e mais compacta possível, os 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 e 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 vivos, e portanto, já extinto, como a família Spinosauridae, enquanto que o símbolo de três pontos (...) representa grupos nos quais ainda há representantes vivos, como Crocodylia 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.

3.3 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 foi confeccionado utilizando a plataforma Canva®, a partir de um design de livreto. Para compor o manual, foram 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.

3.4 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.

Da mesma forma que o manual do professor, vale ressaltar que o site para publicação será uma das etapas desenvolvidas para a defesa final deste trabalho de

conclusão de curso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados e discutidos os resultados finais obtidos com a criação dos materiais didáticos, incluindo as reconstruções paleoartísticas, a chave dicotômica, o manual do professor e o site. A análise dos resultados destaca o potencial dessas ferramentas na facilitação do ensino de paleontologia, considerando as primeiras observações sobre a receptividade e aplicabilidade dos materiais no contexto educacional.

4.1 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:

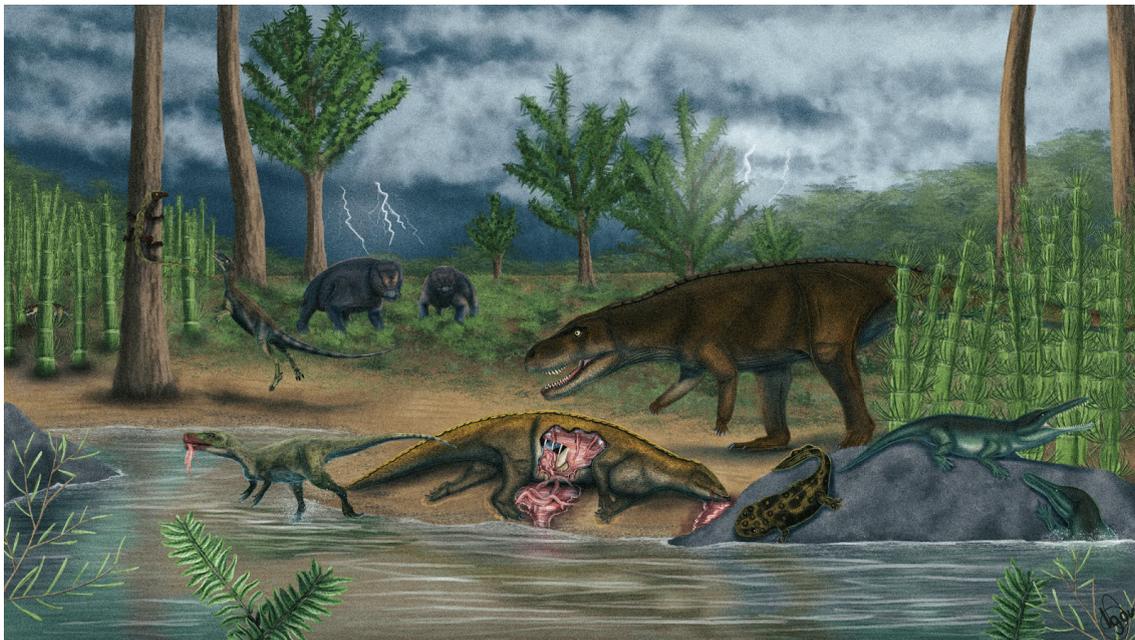
4.1.1 Formação Santa Maria

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 *Proterochampsa* 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 16).

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

para a compreensão das origens dos dinossauros e de outros grupos de organismos.

Figura 16 - Representação paleoartística da Formação Santa Maria - período Triássico do Brasil

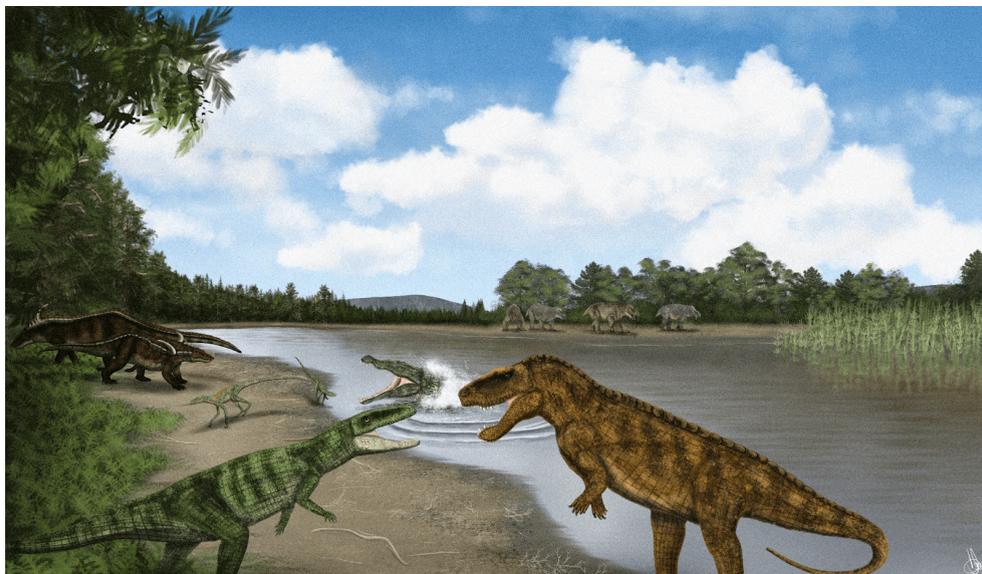


Fonte: do autor (2024).

4.1.2 Formação Chinle

Localizada atualmente nos EUA, registra paleoambientes do Noriano ao Reciano do período Triássico Superior. Conhecida por preservar fósseis de fitossaurus como *Smilosuchus*, súquios como *Desmatosuchus*, *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 17).

Figura 17 - Representação paleoartística da Formação Chinle - período Triássico dos EUA

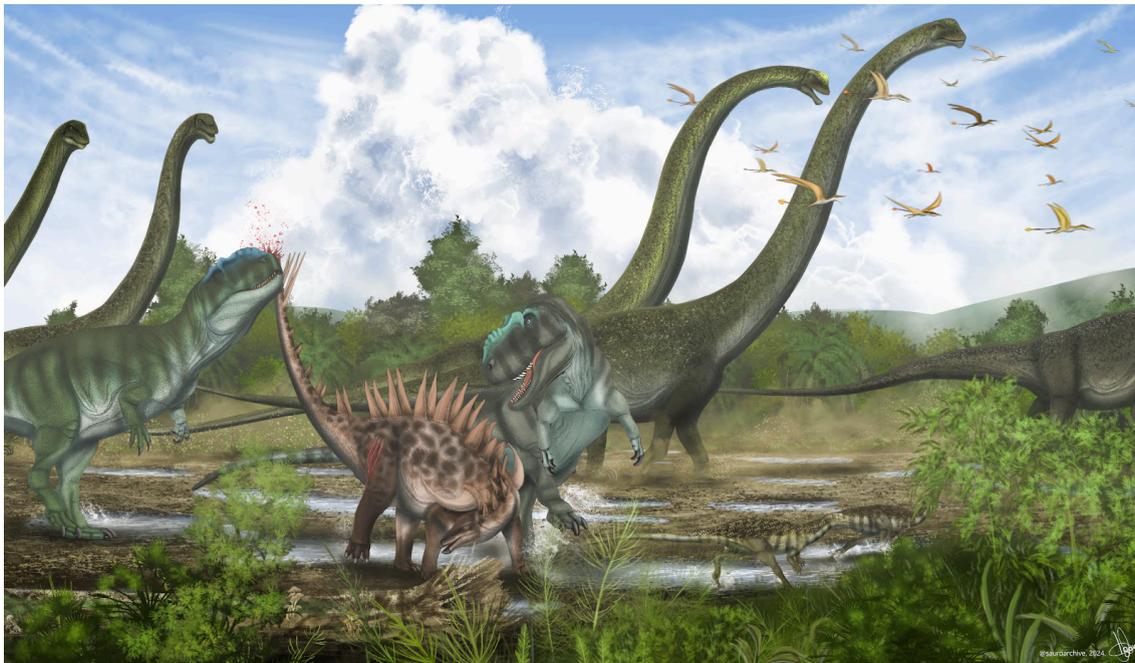


Fonte: do autor (2024).

4.1.3 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 18).

Figura 18 - Representação paleoartística da Formação Shaximiao - período Jurássico da China



Fonte: do autor (2024).

4.1.4 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 19).

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 contribui 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 19 - Representação paleoartística da Formação Morrison- período Jurássico dos EUA



Fonte: do autor (2024).

4.1.5 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 20).

Figura 20 - Representação paleoartística da Formação Candeleros - período Cretáceo da Argentina



Fonte: do autor (2024).

4.1.6 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 21).

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

Figura 21 - Representação paleoartística da Formação Hell Creek - período Cretáceo dos EUA



Fonte: do autor (2024).

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

A chave dicotômica 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. Este material foi apresentado e aplicado durante quatro momentos de aulas presenciais e eventos no IFSP SRQ:

- Primeira aplicação: ocorreu na turma de sétimo período da disciplina de Sistemática e Biogeografia (SISB7), no mês de abril de 2023;
- Segunda aplicação: ocorreu no evento XI Jornada de Produção Científica e Tecnológica e XIV Ciclo de Palestras Tecnológicas (Cipatec), em outubro de 2023;
- Terceira aplicação: aplicada para alunos de segundo período da disciplina de Diversidade Biológica (SRQDIBI), em junho de 2024;
- Quarta aplicação: ocorreu no evento XII Jornada de Produção Científica e Tecnológica, XV Ciclo de Palestras Tecnológicas e IX Semana da Biologia, em novembro de 2024.

Tanto SISB7 quanto SRQDIBI são componentes curriculares obrigatórios constante do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFSP-SRQ. As aplicações do material, nos quatro momentos previamente descritos, foram bem-sucedidas, tendo gerado engajamento e diversas discussões entre os espectadores e o aplicador; desta forma, as chaves dicotômicas foram fundamentais para a compreensão dos estudantes de SRQDIBI e SISB7 e do público da Cipatec sobre o tema e a material. É possível observar as versões aplicadas do material na leitura obrigatória 2 do site: fernandosantiago.com.br/aula12dbib2.htm.

O feedback realizado de forma oral em rodas de conversa após a aplicação das chaves foi importante para refletir sobre a eficácia e acurácia do material produzido. Os participantes relataram maior interesse pelo conteúdo paleontológico e pela compreensão dos processos evolutivos a partir das representações artísticas e científicas presentes nas chaves e o engajamento dos mesmos foi expressivo, principalmente em sua primeira aplicação, havendo encorajamento por parte do público para que o aplicador publicasse posts e suas produções na internet relacionados ao material e à área, dando origem a uma página profissional do primeiro autor na rede social Instagram® denominada Sauroarchive (Figura 22). Esta página conta, atualmente, com mais de 700 seguidores e mais de 70 publicações. Posteriormente, a página Sauroarchive foi criada em diversas outras redes sociais e plataformas, tais como X, Bluesky, Reddit, Deviantart, Artstation e Discord.

Figura 22 - Print de tela (visão inicial) da página do Instagram® citada no texto



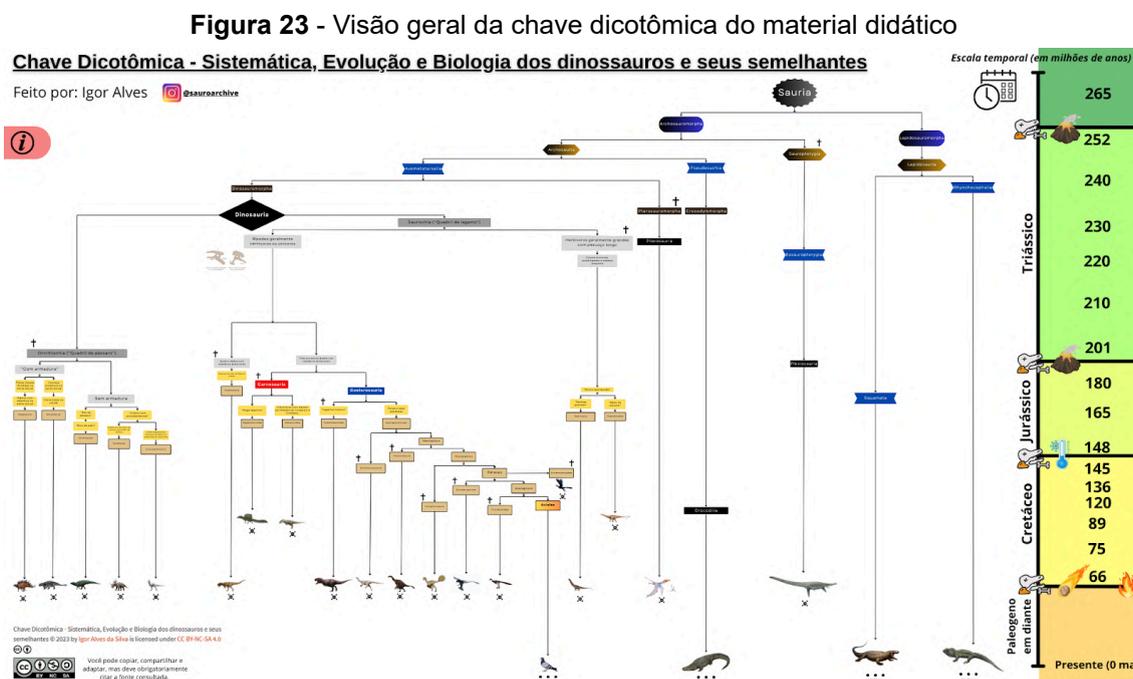
Fonte: <https://www.instagram.com/sauroarchive/> (2024).

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.

4.2.1 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).



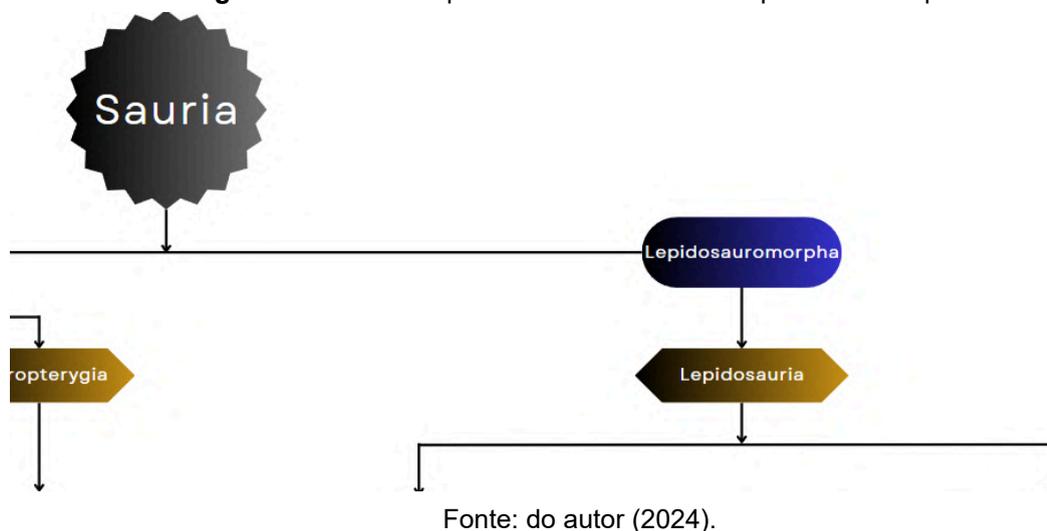
Fonte: do autor (2024).

4.2.2. 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 24).

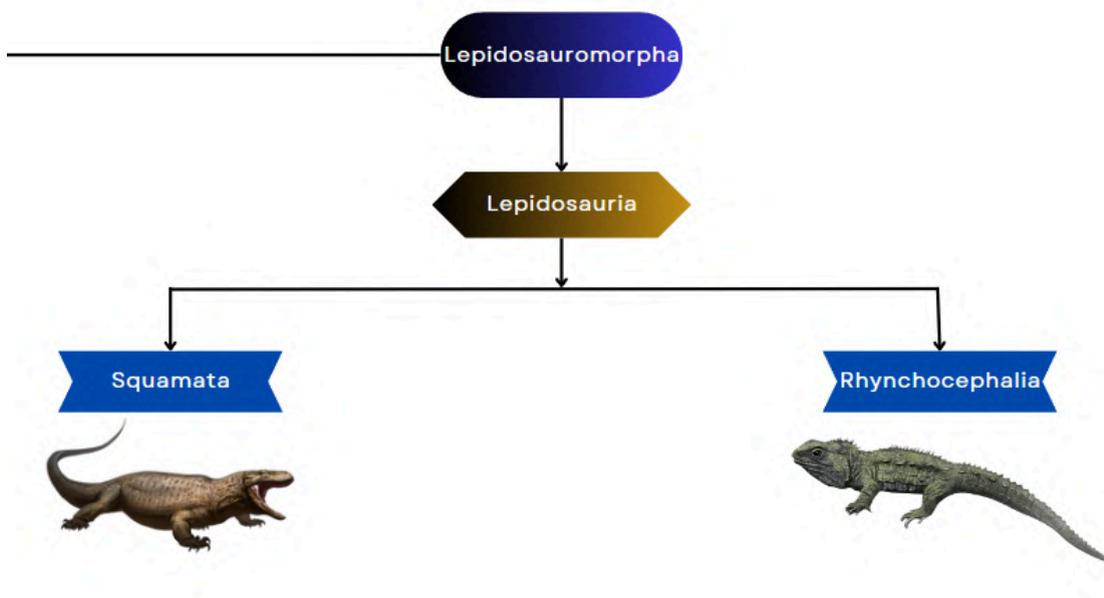
Figura 24 - Zoom da parte inicial da vertente Lepidosauromorpha



4.2.3. 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 25).

Figura 25 - 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 26).

Figura 26 - Slide do clado Lepidosaurmorpha com diversas imagens e representações de táxons do grupo

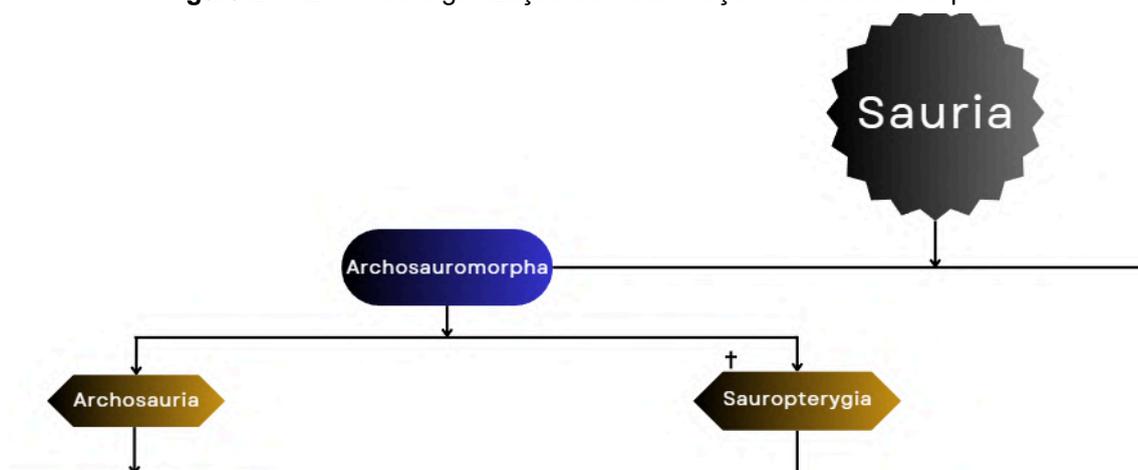


Fonte: do autor (2024).

4.2.4 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 27). No grupo dos arcossauromorfos (Archosauromorpha), estão inseridos diversos clados conhecidos de saurópsidos, 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 27 - Zoom da organização da classificação Archosauromorpha

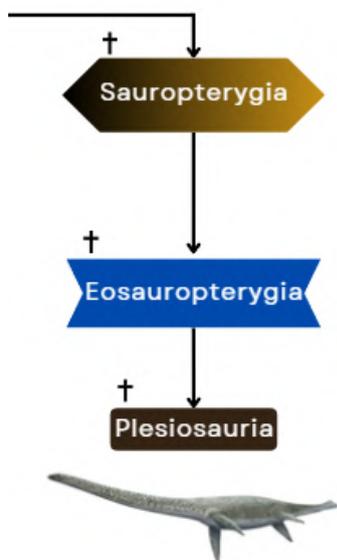


Fonte: do autor (2024).

4.2.5 Sauropterygia

Dentro de Sauropterygia, o clado mais conhecido é o Eosauropterygia, clado no qual faz parte o grupo mais famoso dos Sauropterígeos, o grupo dos plesiossauros (Plesiosauria) (Figura 28). Os plesiossauros (Plesiosauria) (Figura 29) 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 28 - Zoom da organização do clado Sauropterygia, com o *Thalassomedon haningtoni* como representante na chave



Fonte: do autor (2024).

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



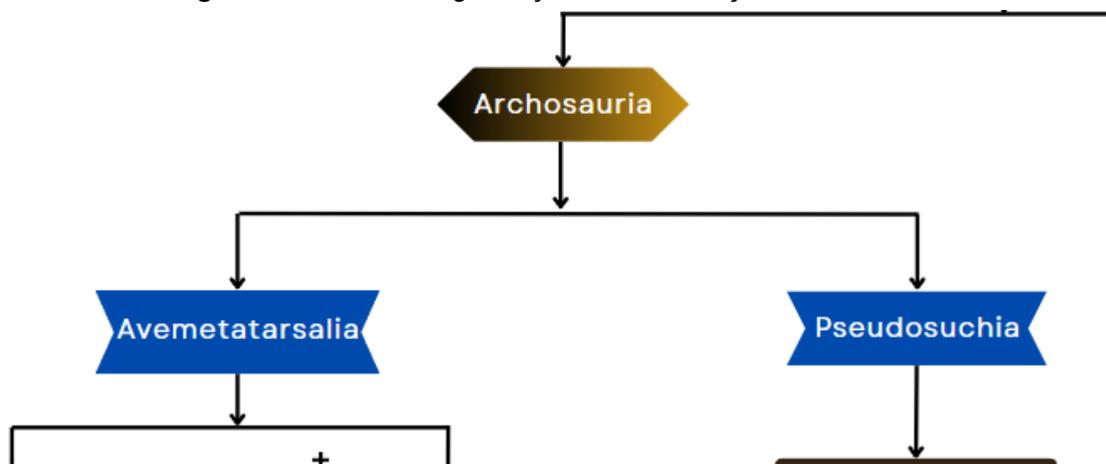
Fonte: do autor (2024).

4.2.6 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 30). Portanto, dentro do grupo dos arcossauros, estão inseridas duas linhagens: Avemetatarsalia e Pseudosuchia (Nesbitt, 2011).

Figura 30 - Zoom da organização da classificação Archosauria

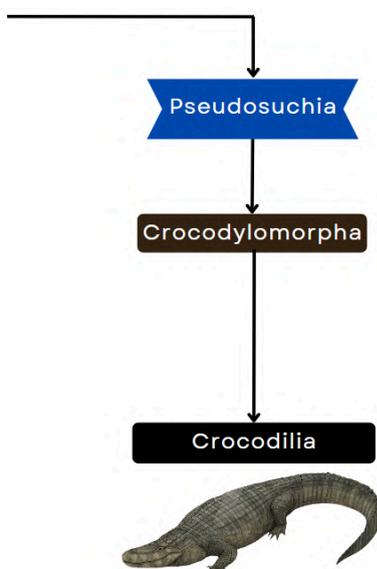


Fonte: do autor (2024).

4.2.7 Pseudosuchia

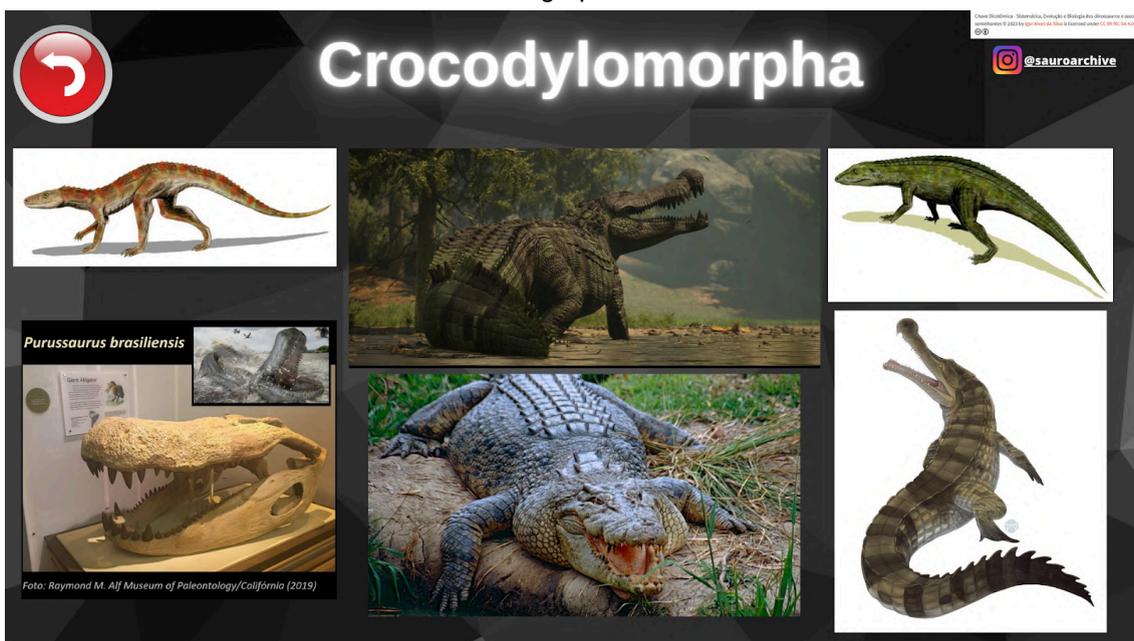
O clado Pseudosuchia é uma das divisões do grupo dos arcossauros e engloba todos os crocodilianos e todos os arcossauros mais proximamente relacionados aos crocodilianos do que aos dinossauros e às aves (Nesbitt, 2011) (Figura 31). É um grupo muito diverso no qual todos os crocodilianos e seus relativos (Figura 32) 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 31 - Zoom da organização do clado Pseudosuchia, com o *Purussaurus brasiliensis*, como representação do grupo Pseudosuchia



Fonte: do autor (2024).

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



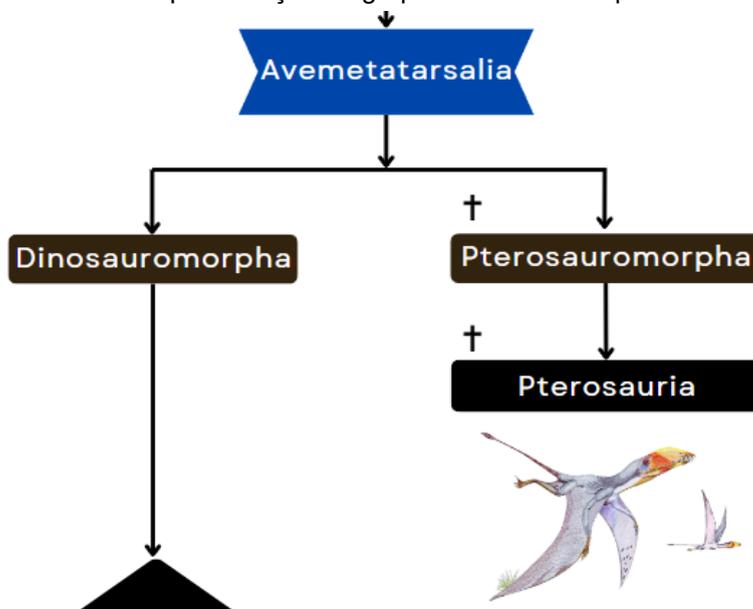
Fonte: do autor (2024).

4.2.8 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) (Figura 33 e 34). 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 33 - Zoom da organização do clado Avemetatarsalia, com o *Dimorphodon macronyx*, como representação do grupo Pterosauroomorpha



Fonte: do autor (2024).

Figura 34 - Slide do clado Pterosauria, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



Fonte: do autor (2024).

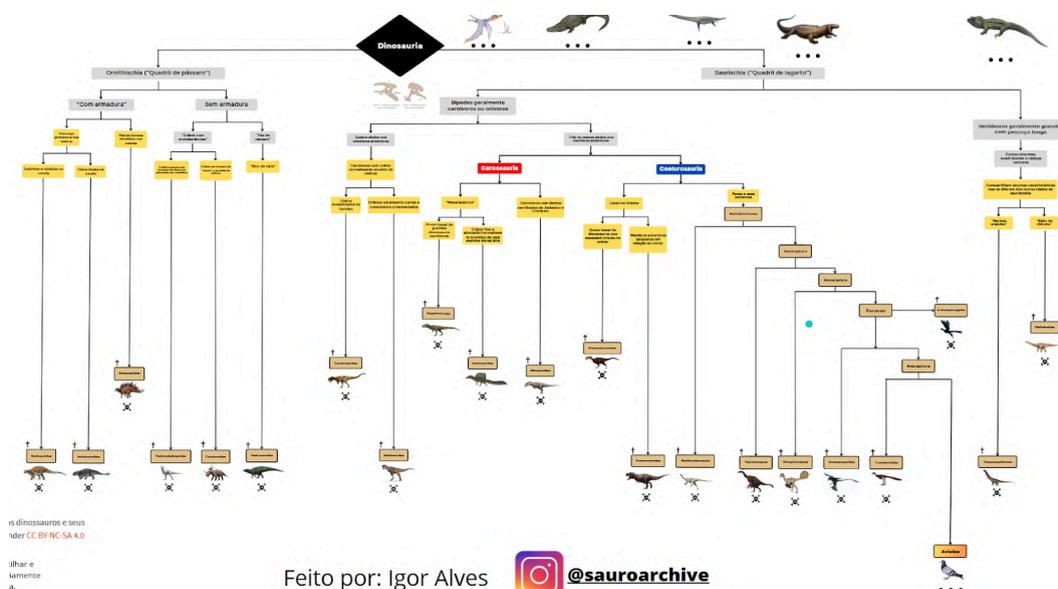
4.2.9 Dinosauria

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 35).

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

Figura 35 - Visão geral do clado Dinosauria com diversos grupos e representações



Feito por: Igor Alves

 @sauroarchive

Fonte: do autor (2024).

4.2.10 Ornithischia

O grupo dos ornitíscios (Ornithischia) (Figura 36), 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 37) 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.

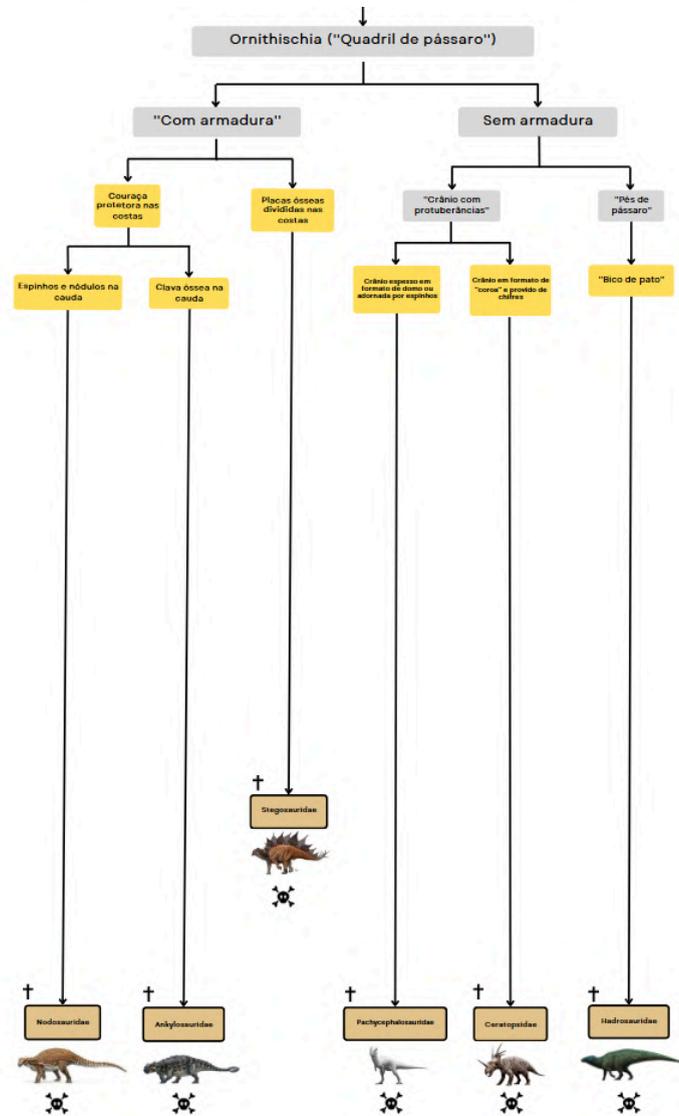
Saindo do grupo dos tireóforos, em Ornithischia, o grupo dos Neornithischia também é dividido em dois outros grupos mais conhecidos, os ornitíscios com um crânio geralmente adornado e com protuberâncias ou “marginocéfalos” (Marginocephalia), e os ornitíscios conhecidos por possuírem pés “parecidos” com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

Entre os marginocéfalos, estão os paquicefalossauros (Pachycephalosauria) e os ceratopsianos (Ceratopsia), nos quais as famílias Ceratopsidae (Figura 38) e Pachycephalosauridae (Figura 39) estão inseridas, respectivamente. Já entre os ornitópodes, está inserida a família mais famosa desse grupo, a família dos hadrossaurídeos (Hadrosauridae) (Figura 40).

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 (Ornithopoda), no qual os dinossauros com “bico de pato” ou hadrossaurídeos estão inseridos.

Figura 36 - Visão geral do clado Ornithischia com diversos grupos e representações



Fonte: do autor (2024).

Figura 37 - Slide do clado Ankylosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



Fonte: do autor (2024).

Figura 38 - Slide do clado Ceratopsidae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



Fonte: do autor (2024).

Figura 39 - Slide do clado Pachycephalosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



Fonte: do autor (2024).

Figura 40 - Slide do clado Hadrosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



Fonte: do autor (2024).

4.2.11 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 41).

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 providos de chifres ou rugosidades na parte superior, como os representantes das famílias Ceratosauridae e Abelisauridae (Figura 42).

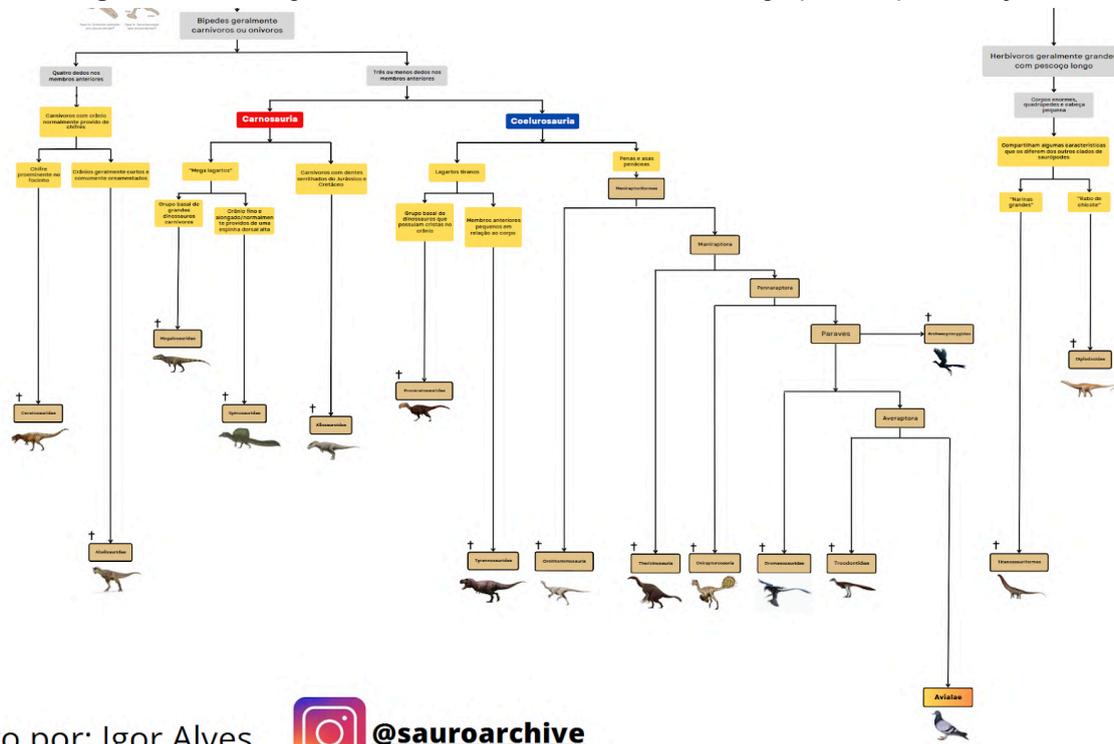
Já o Clado Tetanurae, agrupa todos os dinossauros terópodes mais próximos às aves do que aos ceratossauros (Carrano; Sampson; Benson, 2012), portanto, está inserida a maioria dos dinossauros terópodes, caracterizados por terem três ou menos dedos nos membros anteriores. No grupo dos tetanuranos, há uma divisão entre carnoossauros (Carnosauria) e celurossauros (Coelurosauria), na qual o grupo dos carnoossauros 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 megalossauróideos (Megalosauroidea) e dos alossauróideos (Allosauroidea) (Figura 44), sendo Megalosauridae mais representado por ser uma família de carnívoros basais de médio a grande porte, e Spinosauridae (Figura 43), representado por ser uma família de carnívoros semiaquáticos com um crânio fino e alongado. Já dentro de Allosauroidea 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 celurossauros (Coelurosauria), no qual agrupa todos os terópodes mais proximamente relacionados às aves do que aos carnoossauros. Nesta seção, o clado Coelurosauria foi dividido em

Tyrannosauroides 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 45) e diversas formas mais basais; já o grupo dos Maniraptoriformes (Figura 46) 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 47).

Figura 41 - Visão geral do clado Saurischia com diversos grupos e representações



to por: Igor Alves



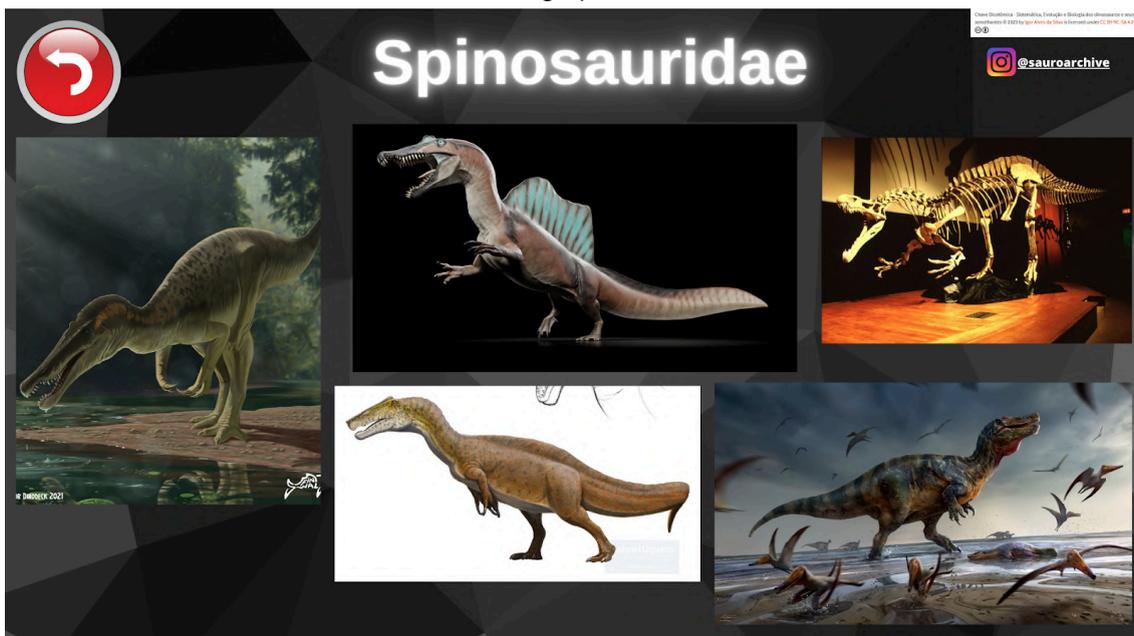
Fonte: do autor (2024).

Figura 42 - Slide do clado Abelisauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



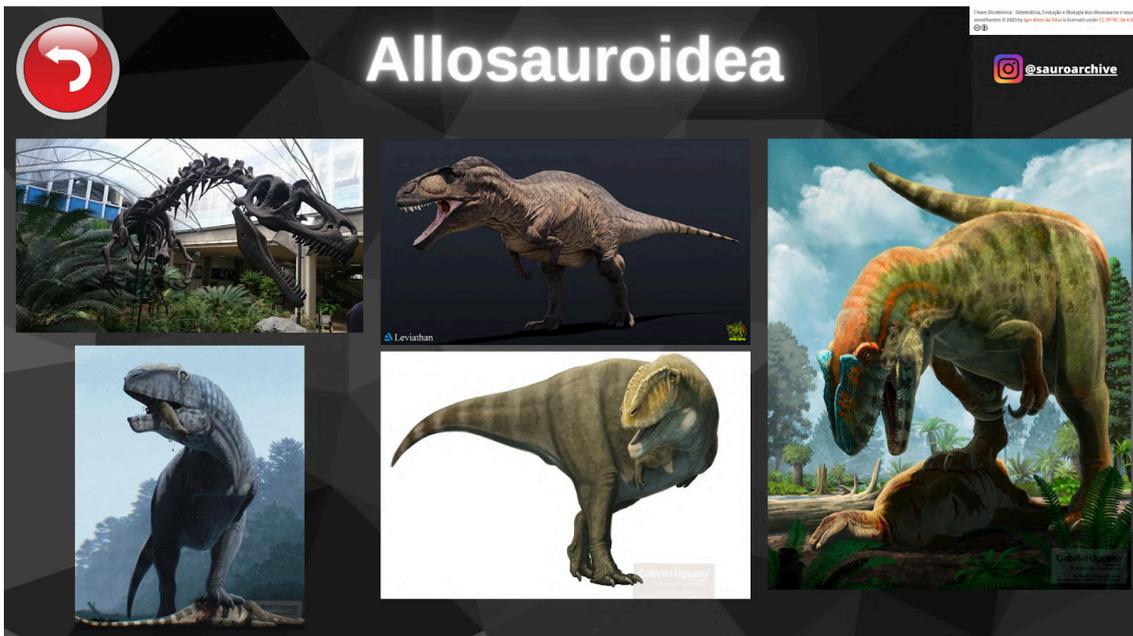
Fonte: do autor (2024).

Figura 43 - Slide do clado Spinosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



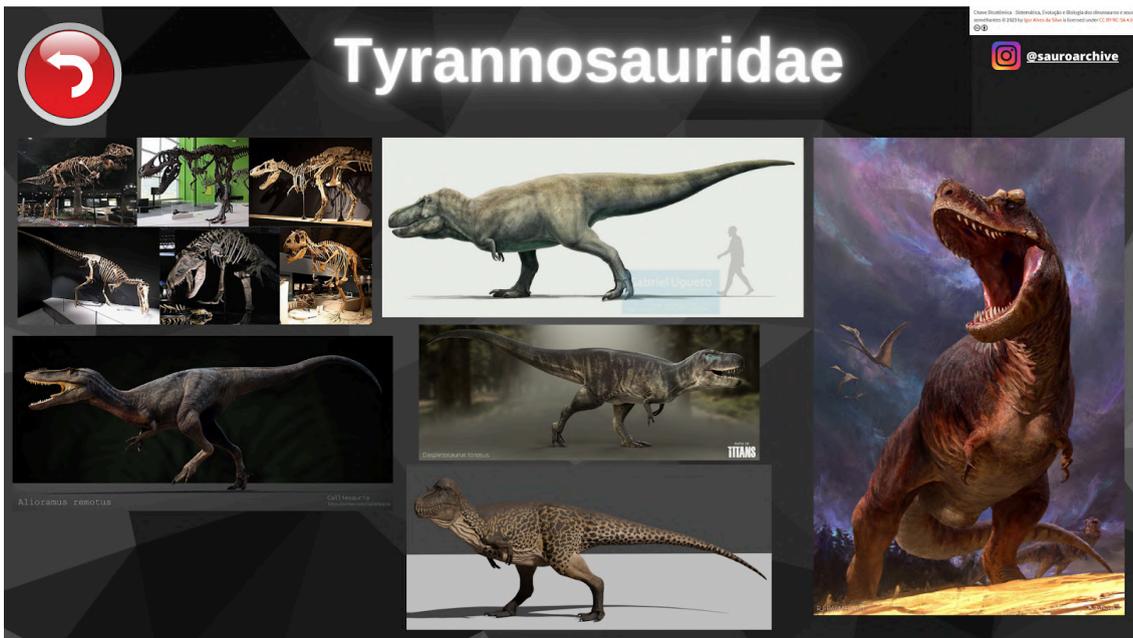
Fonte: do autor (2024).

Figura 44 - Slide do clado Allosauroidea, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



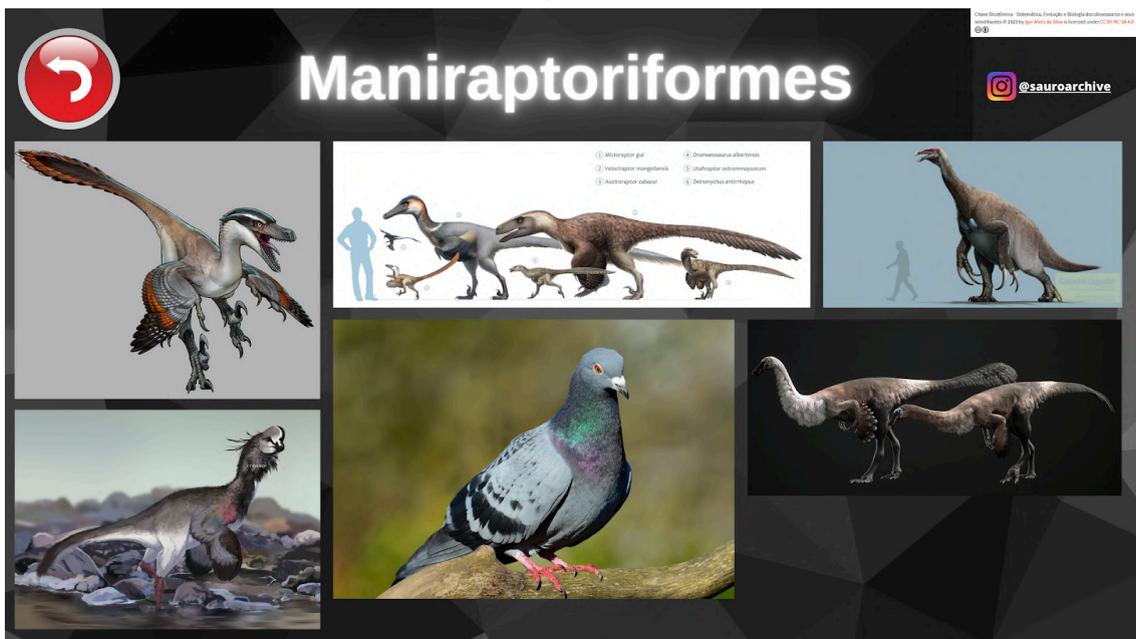
Fonte: do autor (2024).

Figura 45 - Slide do clado Tyrannosauridae, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



Fonte: do autor (2024).

Figura 46 - Slide do clado Maniraptoriformes, com diversas imagens e representações de táxons do grupo



Fonte: do autor (2024).

Figura 47 - Slide do clado Titanosauriformes, com diversas imagens e representações de táxons do grupo

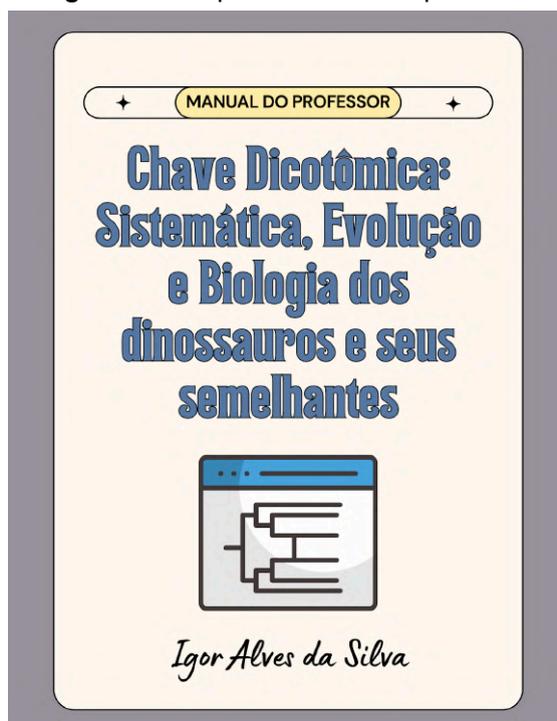


Fonte: do autor (2024).

4.3 Manual do professor

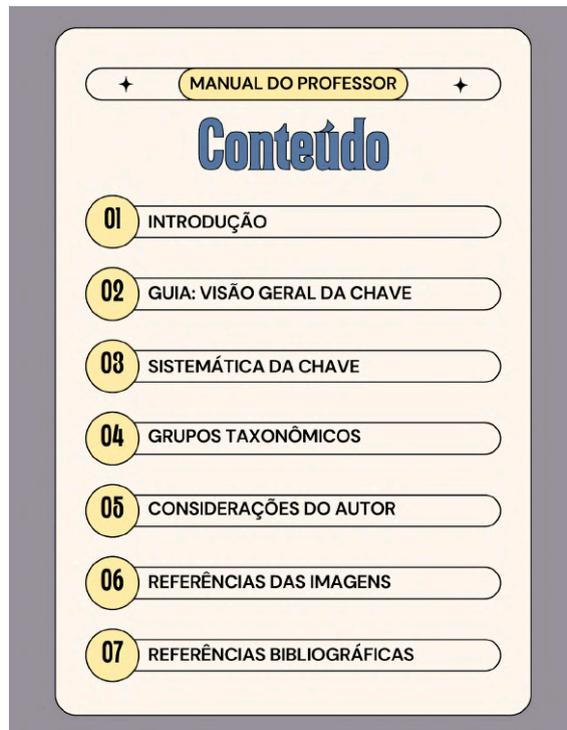
O manual do professor foi produzido de forma satisfatória e conta com uma abordagem de guia de orientações e informações básicas sobre a chave dicotômica, servindo como um material complementar à chave dicotômica. O manual foi confeccionado em um design de livreto, e resultou em um material com uma aparência de e-book simples e estilizado, com uma abordagem bem completa e explicada da chave dicotômica (Figuras 48, 49, 50 e 51).

Figura 48 - Capa do manual do professor



Fonte: do autor (2024).

Figura 49 - Sumário/conteúdo do manual do professor



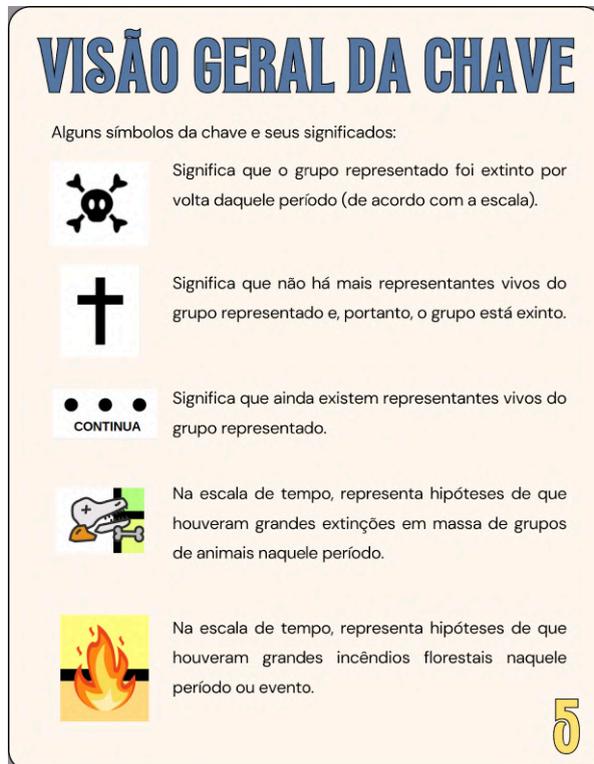
MANUAL DO PROFESSOR

Conteúdo

- 01 INTRODUÇÃO
- 02 GUIA: VISÃO GERAL DA CHAVE
- 03 SISTEMÁTICA DA CHAVE
- 04 GRUPOS TAXONÔMICOS
- 05 CONSIDERAÇÕES DO AUTOR
- 06 REFERÊNCIAS DAS IMAGENS
- 07 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fonte: do autor (2024).

Figura 50 - Página de explicação sobre os símbolos da chave, localizada no capítulo “Visão geral da chave”



VISÃO GERAL DA CHAVE

Alguns símbolos da chave e seus significados:

-  Significa que o grupo representado foi extinto por volta daquele período (de acordo com a escala).
-  Significa que não há mais representantes vivos do grupo representado e, portanto, o grupo está extinto.
-  Significa que ainda existem representantes vivos do grupo representado.
-  Na escala de tempo, representa hipóteses de que houveram grandes extinções em massa de grupos de animais naquele período.
-  Na escala de tempo, representa hipóteses de que houveram grandes incêndios florestais naquele período ou evento.

5

Fonte: do autor (2024).

Figura 51 - Página de explicação sobre o funcionamento dos slides interativos da chave, localizada no capítulo “Visão geral da chave”



Fonte: do autor (2024).

4.4 Site para publicações: Sauroarchive

O site para publicações intitulado "Sauroarchive" será devidamente disponibilizado online, com acesso livre e de forma gratuita posteriormente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir deste trabalho, observa-se que a escassez de materiais didáticos voltados ao ensino da paleontologia contribui para uma abordagem limitada e superficial dessa área, tornando-se, portanto, essencial a criação e disponibilização de materiais didáticos especializados. Percebe-se que, com pesquisa bem fundamentada, dedicação, além de materiais e ferramentas adequados, é possível desenvolver recursos didáticos completos e abrangentes para diferentes grupos de organismos e outros elementos da paleontologia e até de áreas afins.

Vale destacar que a produção dos materiais didáticos previstos neste trabalho foi realizada de maneira satisfatória na maioria dos casos. Contudo, devido a dificuldades imprevistas, o site de publicações não foi completamente finalizado, razão pela qual optou-se por não apresentar os resultados dele neste estudo. No

entanto, todos os demais materiais foram devidamente elaborados e concluídos, com previsão de finalização do site em breve, para posterior publicação e disponibilização dos materiais didáticos produzidos ao público, com o intuito de contribuir para o ensino e a aprendizagem da paleontologia.

Espera-se ainda que este trabalho 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

ANELLI, L. E. **O novo guia completo dos dinossauros do Brasil**. São Paulo: Edusp, 2022.

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 EJIP)**, p. 28 - 34, abr. 2015.

BAILLEUL, A. M.; O'CONNOR, J.; SCHWEITZER, M. H. Dinosaur paleohistology: review, trends and new avenues of investigation. **PeerJ**, p. 1-45, 2019.

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.

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.

CARVALHO, P. N. A. *et al.* Ensino de biologia na educação básica: produção de modelos didáticos e uso de práticas lúdicas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. 1-15, Out. 2021.

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.

CARMAZIO, É.; SANTOS, D.. Chaves dicotômicas no ensino de Biologia e Língua Portuguesa. **V FEPEX (Feira de ensino, pesquisa e extensão do IFC Câmpus Fraiburgo)**, v. 1, p. 1-4, 15 dez. 2020.

- CORDEIRO, R. S.. Chave dicotômica didática para identificação de formigas destinada ao público de Ensino Médio. **SBenBio**, p. 6629-6640, 7 out. 2014.
- COSTA, C. F. da; SCHEID, N. M. J. O ensino de paleontologia na BNCC e sua presença em livros didáticos do PNLD 2020. In: **XXII Encontro Nacional de Educação (ENACED) e II Seminário Internacional de Estudos e Pesquisa em Educação nas Ciências (SIEPEC)**. Anais [...]. [S.l.]: [s.n.], 2020.
- CUFF, A. *et al.* Relating neuromuscular control to functional anatomy of limb muscles in extant archosaurs. **Journal of Morphology**, v. 280, n. 10, p. 1-15, 2019.
- 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.; KLUGEL, A. G.; ROWE, T. Amniote phylogeny and the importance of fossils. **Cladistics**, p. 1-105, 1998.
- 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.
- GODOI, P.; GUILARDI JÚNIOR, F.; GHILARDI, A. M.; AZEVEDO, E. Q. de; FEISTEL, R. A. B. A Paleontologia na educação básica brasileira: uma revisão. **Terrae Didática**, Campinas, SP, v. 18, n. 00, p. e022023, 2022. DOI: 10.20396/td.v18i00.8668750.
- HALLETT, M. **The scientific approach of the art of bringing dinosaurs back to life**. In: J. CZERKAS, S.; OLSON, E. *Dinosaurs Past and Present*. S. l.: s. ed.: 1987 (v. 1).
- 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.
- LESCAZE, Z. **Paleoart: Visions of the Prehistoric Past**. S. l.: Taschen America L.L.C., 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.
- MELLO, F. T.; MELLO, L. H. C.; TORELLO, M. B. F. A paleontologia na educação infantil: alfabetizando e construindo o conhecimento. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, p. 397-410, 2005.
- MOREIRA, A. P. T. **Zoologia de Invertebrados**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina: Biologia/EAD/UFSC, 2009.
- 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.
- NEVES, K. O. G. O uso de dioramas no processo de ensino e aprendizagem de Biologia. **Arquivos Científicos (IMMES)**, Macapá, AP, v. 4, n. 1, p. 107-110, 17 ago. 2021.
- NICOLA, J.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. **Infor, Inov. Form., Rev. NEaD-Unesp**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 355-381, 2016. ISSN 2525-3476.
- SANTOS, L. S.; SANTOS, F. S.; GEROTO, C. F. C. **Paleontologia nas escolas de São Paulo**: análise de livros didáticos de Biologia, 2024.
- SANTOS, M. B. **O uso de dioramas como recurso didático para a educação ambiental**. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Prática de Pesquisa em Ensino de Ciências de Biologia II) - Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2022.
- SERENO, P. C. *et al.* *Spinosaurus* is not an aquatic dinosaur. **Elife**, v. 11, p. e80092, 2022.
- SINGER, E. **How Dinosaurs Shrank and Became Birds**, 2015.
- 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.
- WITTON, M. P. **The Palaeoartist's Handbook**: Recreating Prehistoric Animals in Art. S. l.: The Crowood Press, 2018.