



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PEDRO II
CURSO LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LUANA CRISTINA FERREIRA

MODELAGEM COMPUTACIONAL 3D COMO FERRAMENTA NO ESTUDO DA
ANATOMIA CONDROCRANIANA DO GIRINO DE *Pleurodema diplolister* (PETERS, 1870)
(ANURA: LEPTODACTYLIDAE)

PEDRO II - PI

2024

LUANA CRISTINA FERREIRA

MODELAGEM COMPUTACIONAL 3D COMO FERRAMENTA NO ESTUDO DA ANATOMIA
CONDROCRANIANA DO GIRINO DE *Pleurodema diplolister* (PETERS, 1870) (ANURA:
LEPTODACTYLIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Ciências
Biológicas do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Pedro II.

Orientador: Profº. Dr. Etielle Barroso de Andrade

PEDRO II - PI

2024

MODELAGEM COMPUTACIONAL 3D COMO FERRAMENTA NO ESTUDO DA ANATOMIA CONDROCRANIANA DO GIRINO DE *Pleurodema diplolister* (PETERS, 1870) (ANURA: LEPTODACTYLIDAE)

Luana Cristina Ferreira²
Etielle Barroso de Andrade^{3,2}

RESUMO

Os anfíbios anuros possuem grande diversidade reprodutiva e apresentam em sua maioria um estágio larval, conhecido como girino. Além da morfologia externa dessas larvas, os traços larvais como o condrocrânio apresentam informações valiosas que servem como base para formação do esqueleto cranial. Nos últimos anos, a modelagem computacional 3D vem se tornando um dos recursos essenciais para a educação, considerada fundamental para o ensino de anatomia visto a dificuldade na compreensão de estruturas biológicas complexas. No presente artigo, apresentamos um modelo 3D do condrocrânio de girino para descrever e comparar reconstruções cartilaginosas utilizando como referência a espécie *Pleurodema diplolister* já descrito disponível na Coleção Biológica do IFPI – Campus Pedro II. A modelagem foi desenvolvida no software 3D Blender de licença gratuita versátil e acessível para a criação, manipulação e apresentação de dados tridimensionais que dispõe de todas as ferramentas necessárias para as etapas do projeto. Com base nos resultados encontrados foi possível observar imagens renderizadas em alta definição (HD) dos caracteres das cinco regiões do condrocrânio em vista dorsal, ventral, lateral e frontal. A reconstituição visual 3D como ferramenta no estudo da anatomia comparada de girinos é ainda pouco utilizada, e pode contribuir em inúmeras áreas da Biologia e demais campos da Ciência.

Palavras-chave: Condrocrânio; Fase larval; Blender; Renderização; Animação 3d;

ABSTRACT

Anuran amphibians have great reproductive diversity and most of them have a larval stage, known as a tadpole. In addition to the external morphology of these larvae, larval traits such as the chondrocranium present valuable information that serves as the basis for the formation of the cranial skeleton.

¹ Graduanda do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas - IFPI Campus Pedro II. E-mail: luanacristina.bio20@gmail.com

² Grupo de Pesquisa em Biodiversidade e Biotecnologia do Centro-Norte Piauiense - BIOTECPI.

³ Professor do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas - IFPI Campus Pedro II. E-mail: etlandrade@hotmail.com

In recent years, 3D computational modeling has become one of the essential resources for education, considered fundamental for teaching anatomy given the difficulty in understanding complex biological structures. In this article we present a 3D model of the tadpole chondrocranium to describe and compare cartilaginous reconstructions using as a reference the species *Pleurodema diplolister* already described available in the Biological Collection of IFPI – Campus Pedro II. The modeling was developed using the versatile and accessible free license 3D Blender software for creating, manipulating and presenting three-dimensional data, which has all the necessary tools for stages of the project. Based on the results found, it was possible to observe images rendered in high definition (HD) of the characters of the five regions of the chondrocranium in dorsal, ventral, lateral and front views. 3D visual reconstruction as a tool for studying the comparative anatomy of tadpoles is still little used, and can contribute to numerous areas of Biology and other fields of Science.

Keywords: Chondrocranium; Larval estage; Redering; 3D animation.

Data de aprovação: 06/03/2024

1 INTRODUÇÃO

Na última década, houve um aumento significativo na disponibilidade de software para criação de objetos tridimensionais (3D) (Sargent; Schwartz, 2019) reduzindo barreiras para que esta tecnologia se torne amplamente usada para a educação e pesquisa em Ciências Biológicas. Modelos digitais 3D podem servir como ferramentas educacionais para identificação de espécies, fornecendo acesso para visualizar características de amostra para estudos morfométricos, por exemplo (Falkingham et al., 2018; Irschick et al., 2020). Os avanços na modelagem computacional fornecem várias ferramentas computacionais para anatomistas e paleontólogos (Cunningham et al., 2014), permitindo que organismos sejam detalhadamente observados em três dimensões. Dessa forma é possível que anatomistas da área de Zoologia por exemplo, criem modelos para estudo da anatomia representados de forma tridimensional.

Durante muito tempo o estudo da anatomia animal comparada foi realizado através de análise de imagens e desenhos esquemáticos das estruturas (Silva et al., 2022). Muitas instituições apresentam dificuldades na obtenção de peças reais

humanas e de animais para o ensino, barreiras como a preparação e conservação das peças, além das questões legais e burocráticas (Silva; Biazussi; Machado, 2012). Assim, os desenhos esquemáticos se tornam a principal forma de representação no estudo da anatomia, por exemplo. No entanto, partes pequenas e complexas continuam sendo um obstáculo e o entendimento dependerá muito da imaginação do estudante.

Dentre essas estruturas complexas, encontra-se o condrocrânio, estrutura cartilaginosa encontrada na fase inicial de desenvolvimento de vários animais e que serve como base para formação do esqueleto cranial ósseo (McDiarmid; Altig, 1999). O condrocrânio dos girinos, por exemplo, é uma estrutura complexa que varia em sua morfologia, até mesmo sendo comparada com várias espécies próximas, e devido a suas particularidades, essa estrutura se torna de grande utilidade em métodos de estudo (Larson; De Sá, 1998). Informações sobre a morfologia do condrocrânio de girinos são muito úteis na filogenia de anuros (Nascimento, 2013) e descrições dessas estruturas em várias espécies foram feitas com base em fotos e desenhos no entanto, trata-se de uma estrutura de difícil compreensão para pesquisadores e estudantes de Biologia, tanto em sua forma geral, quanto nas diferentes visualizações 2D de suas divisões.

Levando em consideração, o crescimento das tecnologias 3D em diversas áreas de conhecimento, o interesse em realizar esse estudo surgiu mediante a dificuldade na compreensão de estruturas biológicas complexas. A modelagem computacional se torna uma ferramenta basilar na construção e estudo da anatomia do condrocrânio de girino anuros, usando como modelo a espécie de anuro *Pleurodema diplolister* (Peters, 1870) para a obtenção de maiores detalhes de sua estrutura. Portanto, o objetivo deste artigo, é apresentar um método de modelagem 3D com imagens detalhadas e vídeo do modelo em 360° para descrever e comparar reconstruções cartilaginosas da anatomia do condrocrânio de girinos, usando o software de código aberto para uso de comparação científica no estudo e conhecimento da anatomia do condrocrânio de girinos de anuros.

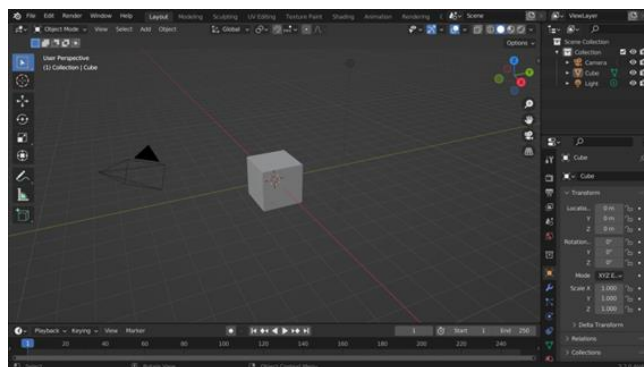
2 MATERIAL E MÉTODOS

Nosso modelo 3D foi desenvolvido manualmente no Blender v. 3.3 (Blender

Foundation, 2024) (Figura 1), um pacote de software gratuito de código aberto, utilizável em diferentes sistemas operacionais, como Windows, Mac, e Linux. É uma ferramenta versátil e acessível para a criação, manipulação e apresentação de dados tridimensionais. É um pacote de software com frequentes atualizações e alterações significativas. É possível baixar essa e outras versões mais atualizadas do Blender no manual online (blender.org, 2024)., bem como conhecer ferramentas e recursos de modelagem disponíveis como os modificadores descritos abaixo Para a construção do modelo foi utilizado um notebook pessoal da marca ASUS (Vivo Book 15_ASUS Laptop X540MA) com processador Intel® Celeron® N4000, frequência de processamento 1.1GHz, placa de vídeo Intel UHD Graphics 600, memória 4GB, e uma ilustração de referência em vista dorsal, ventral e lateral extraída de Ferreira *et al.* (2023; Figura 2), bem como observação do condrocrânio de *P. diplolister* (Peters, 1870) em estágio 36 diafanizado depositado na Coleção Biológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI Campus Pedro II (CBPII 274).

O condrocrânio descrito possui formato ovóide em vista dorsal e ventral, mais longo do que largo (largura/comprimento = 0,79), comprimido em vista lateral (altura/comprimento = 0,41), sendo mais largo ao nível dos *arcus subocularis* e mais longo ao nível das *cornua trabeculae*. Foi possível observar diferenças na anatomia do condrocrânio em relação a outras espécies do gênero (Ferreira *et al.*, 2023). No presente trabalho focou-se nos processos da modelagem poligonal através de formas primitivas com uso de modificadores (*Subdivision Surface*, *Mirror* e *Boolean*) e posteriormente os processos de cor, animação do modelo em 360° e o processo de renderização, resultado final de todo o processo. Para gerar esse tipo de arquivo final, o Blender dispõe de vários formatos de exportação, como imagens, vídeos, arquivos para impressão 3D, entre outros.

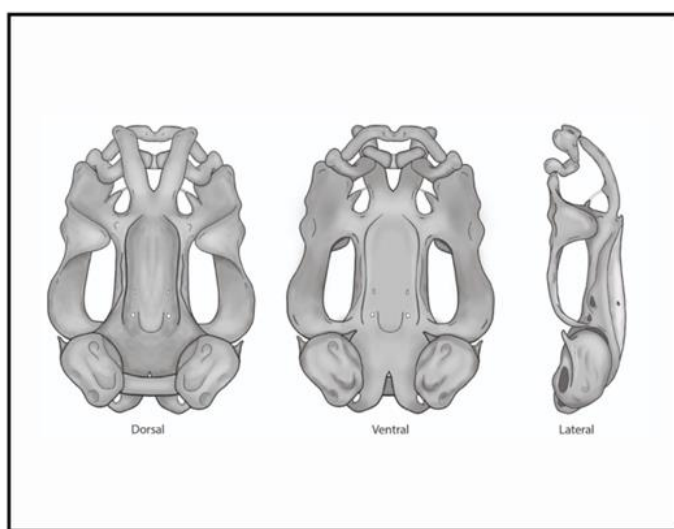
Figura 1 - Interface do software



Fonte: Próprio autor (2024).

A modelagem foi feita utilizando um objeto cúbico, e inicialmente os modificadores de subdivisão de superfície, que tem por objetivo subdividir a malha deixando mais suave e com as bordas arredondadas, o modificador de simetria (Mirror) para espelhar objetos quando necessário e por último o modificador Boolean para perfuração dos forames presentes no piso craniano utilizando a operação de diferença. A manipulação da malha pode ser feita por vértices, arestas e faces.

Figura 2 - Imagem de referência do condrocrânio de *P. diplolister* extraída de Ferreira *et al.* (2023).

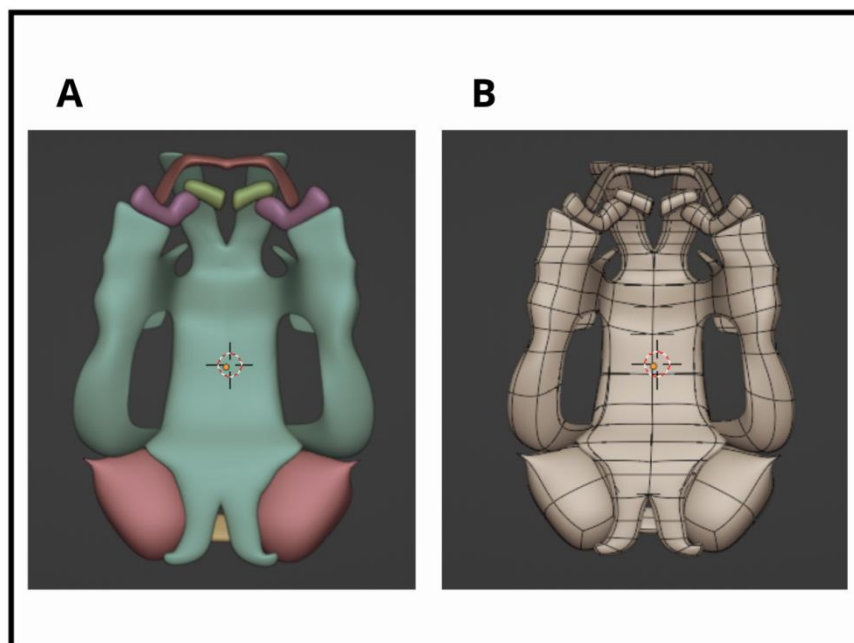


Fonte: Ferreira *et al.* (2023).

3 RESULTADOS

A blocagem do modelo foi dividida em seis partes correspondentes às partes de cada região do condrocrânio destacadas por cores diferentes, no qual os caracteres de cada cor foram feitos a partir de um novo cubo e espelhados utilizando o modificador Mirror (Figura 3a). É possível visualizar a topologia do modelo através do aramado (*wireframe*) gerado pelo Blender (Figura 3b). Após a aplicação de todos os modificadores foi ajustado o material e ajuste de cor do modelo na cor azul que remete o condrocrânio corado após a diafanização.

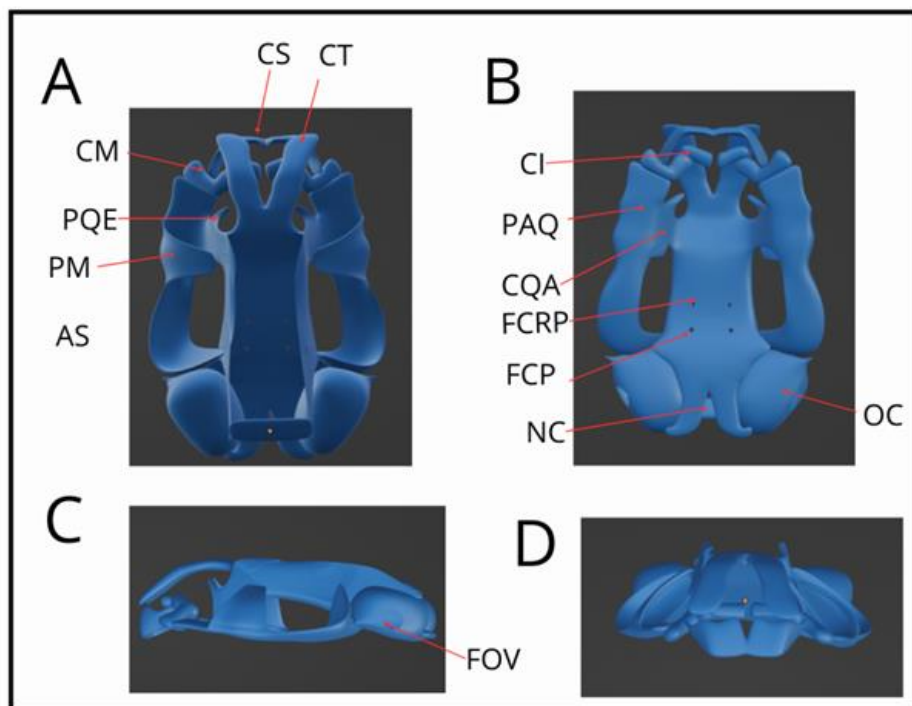
Figura 3 - A - Blocação do condrocrânio em vista ventral; e B - Vista do aramado da modelagem em vista ventral.



Fonte: Próprio autor (2024).

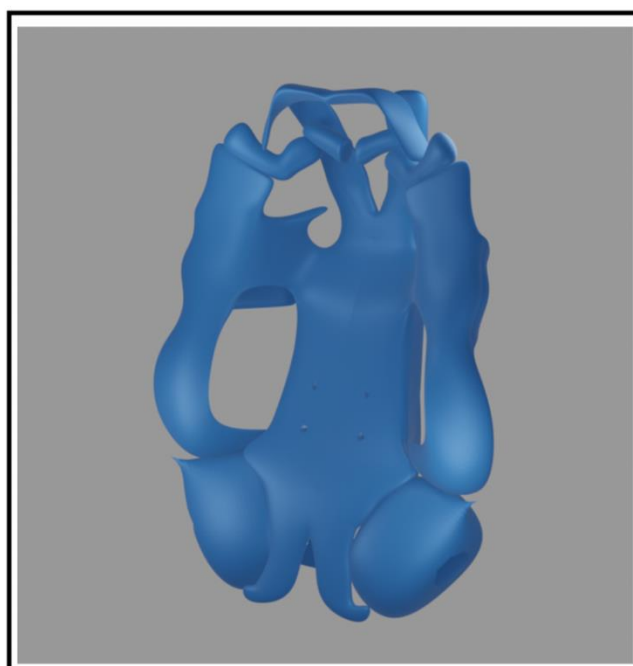
Após a modelagem final foi possível observar caracteres das cinco regiões condrocrânio de *P. diplolister* (Peters, 1870) nas vistas dorsal, ventral, lateral e frontal. A região etmoidal, a mais anterior do condrocrânio, é formada pela cartilagem suprarrostral e pelos cornos trabeculares. A região orbitotemporal corresponde a parte central do piso craniano e as paredes laterais. Possui dois pares de forames no piso, o forame craniopalatino e forame carótico primário. A região otooccipital é a região posterior do condrocrânio formada pelas cápsulas óticas. Os componentes viscerais são a parte derivada ontogeneticamente dos arcos viscerais (Hidelbrand; Goslow, 2006), que formam o aparato mandibular onde se encontra o palato quadrado, longa faixa plana de cartilagem lateral que se ancora a ele a comissura quadratocranial anterior. A cartilagem de merkel e infrarrostral são duas cartilagens que se articulam para formar a mandíbula inferior (Figura 4).

Figura 4 - Modelo 3D do condrôcranio de *P. diplolister* em vistas dorsal (A), ventral (B), lateral (C) e frontal (D). Siglas: CT: Cosrnos trabeculares; CS: cartilagem suprarostal; CM: cartilagem de Merkel; PQE: processo quadratoetimoidal; PM: processo muscular; AS: arco subocular; CI: cartilagem infrarostal; PAQ: processos articular do quadrado; CQA: comissura quadratocranial anterior; FCRP: forame craniopalatino; FCP: forame carótico primário; NC: canal da notocorda; OC: cápsula ótica. FOV: janela oval.



Fonte: Próprio autor (2024).

Figura 5 - Imagem 3D renderizada da anatomia condrocraniana do girino de *P. diplolister*.



Fonte: Próprio autor (2024).

Para a etapa final da criação do modelo utilizamos o renderizador EEVEE, mecanismo de renderização em tempo real de alta qualidade do Blender, para renderização da imagem (Figura 5) e produção da animação em 360°. O Blender inclui vários mecanismos de renderização com diferentes potências. Nesse exemplo, foram feitos ajustes de iluminação, bem como ajustes de salvamento do render, o tipo de arquivo no qual foram escolhidos o formato PNG para a imagem com resolução HD, FFmpeg vídeo para a animação feita em 150 Frames renderizado em aproximadamente 10 minutos sem valhas ou interrupções.

4 DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos nota-se que, por meio da modelagem 3D, foi possível criar a estrutura cartilaginosa do condrocrânio do girino de *P. diplolister* (Peters, 1870) utilizando o *software* 3D Blender em todas as etapas de criação. Semelhante ao presente trabalho, em estudo de girino da espécie *Phyllodytes gyrinaethes* (Peixoto, Caramaschi & Freire, 2003) foi produzido um modelo tridimensional do condrocrânio através de arquivos de pixel carregados no software pago Maya 12 (Autodesk Maya) desenhados manualmente nas imagens de fundo, bem como outros refinamentos manuais (*skin* corte, iluminação, configurações de câmera e renderização) (Candioti *et al.*, 2016). *Softwares* pagos oferecem suporte especializado, manuais detalhados, segurança, entre outras vantagens, porém suas licenças geralmente são caras, sendo que há aplicativos gratuitos que possuem as mesmas qualidades, ou mesmo superiores (Singh; Bansal; Jha, 2015). Em aplicações proprietárias o que se adquire não é o programa em si, mas sim a licença que permitirá o emprego deste, o que se torna uma espécie de proteção aos fabricantes e uma limitação sobre os direitos de uso de quem os adquire. Para os autores, as produtoras destes *softwares* desencorajam o uso de programas de fonte aberta (*open source*) correspondentes aos seus, visto que estes prejudicam sua presença de mercado (Garcia *et al.*, 2011).

Reconstruções musculares precisas podem oferecer novas informações sobre anatomia dos organismos fósseis e também são importantes para análise biomecânica. Em um estudo de reconstrução muscular foram apresentados ferramentas interativas do Blender para criação de modelagem tridimensional de músculos, bem como fornecer um guia sobre como usar ferramentas existentes do *software* Blender, destinado a paleontólogos para reconstruir imagens distorcidas ou de espécimes incompletos, mas também para anatomistas que trabalham com amostras danificadas (Herbst *et al.*, 2022).

A área da paleontologia está muito presente na reconstrução de fósseis em 3D, porém, existem inúmeras limitações, pois a grande maioria das aplicações virtuais necessitam de dados que foram processados em outro *software* que somente depois foram importar as malhas finalizadas para um *software* para aprimoramento tridimensional. Na verdade, *softwares* 3D como o Blender, por exemplo, é principalmente um pacote de computação gráfica e, portanto, permite ao usuário liberdade quase ilimitada para criar modelos manualmente (Hutchinson *et al.*, 2005). Restauração digital de fósseis com base em imagens de tomografia computadorizada (TC) e outras tecnologias de digitalização tornaram-se rotina na paleontologia (Devries, 2022), porém o acesso a tomografia computadorizada acaba sendo caro e escasso.

A fotogrametria 3D alinha e compara conjuntos de dezenas, centenas ou até milhares de fotos para criar modelos 3D (Medina *et al.*, 2020) e vem sendo bastante utilizada não só na paleontologia como também por herpetólogos que comumente utilizam modelos físicos para estudos de predação e termorregulação (Bartelt; Peterson 2005; Tracy *et al.*, 2007; Farallo; Forstner, 2012), e a tecnologia de modelagem 3D oferece potencial para aprimorar realismo visual e diminuir os requisitos de tempo para a criação de modelos físicos para pesquisa (Amado *et al.*, 2019; Tetzlaff *et al.*, 2020).

Para quem nunca estudou ou tem familiaridade com aplicações tridimensionais, pode ser uma tarefa um tanto complexa aprender um novo tipo de tecnologia. *Softwares* desse tipo geralmente são bastante complexos, visto que há uma grande quantidade de recursos disponíveis, o que pode vir a desmotivar novos usuários. Como qualquer *software* 3D, há também uma curva de aprendizado acentuada (Garwood, 2014). Quanto a isso, há um imenso apoio da comunidade *online*. O *software* Blender, por exemplo, possui inúmeros fóruns, sites e outras plataformas onde recursos e possibilidades são discutidos e assim disponibilizados materiais de consulta, cursos e tutoriais, boa parte sem custos, para suporte a usuários iniciantes ou veteranos (Kent, 2015).

O Blender e suas ferramentas para computação gráfica tridimensional permite um nível de edição bastante detalhado, além de possuir uma interface eficiente e de fácil assimilação comparado à aplicativos pagos no mercado. O Software trabalha com malhas poligonais as quais, quando se atinge um nível muito maior de refinamento, irá exigir bastante do computador. Porém é possível realizar um bom trabalho com computadores menos avançados, mesmo que a usabilidade não seja a mesma proporcionada por uma máquina de alto desempenho. Esse obstáculo pode ser contornado ao buscar trabalhar em malhas com uma contagem menor de polígonos, sendo assim mais leve. Além disso,

comparando a outros programas os quais necessitam de um alto valor para se adquirir, o Blender é uma poderosa suíte de ferramentas para adoção dentro do meio científico, especificamente no meio paleontológico e suas representações virtuais (Dantas, 2023).

5 CONCLUSÃO

Decorridas as etapas do fluxo de trabalho apresentado em um único software 3D de licença gratuita, e após apresentadas como resultado características da morfologia do condrocrânio de *P. diplolister* (Peters, 1870), pode-se concluir que é possível criar e utilizar trabalhos de reconstituição visual 3D como ferramenta no estudo da anatomia comparada de girinos. Essa técnica apresenta grande utilidade em trabalhos futuros, tornando uma fonte adicional para informações complementares acerca da anatomia de anuros em fase larval, visto que é uma área ainda pouco estudada. A modelagem 3D não se limita apenas à Paleontologia, e contribui em inúmeras áreas da Biologia e demais campos da Ciência, conforme a abrangência de suas possibilidades. Sobre o software Blender, comparado a outros programas os quais necessitam de um alto valor para se adquirir, é uma poderosa suíte de ferramentas para adoção dentro do meio científico.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T. F.; PINTO, M. G. M.; OLALLA-TÁRRAGA, M. Á. Anuran 3D models reveal the relationship between surface area-to-volume ratio and climate. *Journal of Biogeography*, v. 46, p. 1429-1437, 2019.
- BARTELT, P. E.; PETERSON, C. R. Physically modeling operative temperatures and evaporation rates in amphibians. *Journal of Thermal Biology*, v. 30, p. 93-102, 2005.
- BLENDER FOUNDATION. Blender. Disponível em: <https://www.blender.org/features/> . Acesso em: 10 Jan. 2024.
- BLENDER. Manual do Blender. Disponível em: <https://docs.blender.org/manual/pt/3.3/index.html> . Acesso em: 10 jan. 2024.
- CANDIOTI, F. V.; HAAS, A.; ALTIG, R.; AND PEIXOTO, O. Cranial anatomy of the amazing bromeliad tadpoles of *Phyllodytes gyrinaethes* (Hylidae: Lophyohylini), with comments about other gastromyzophorous larvae. *Zoomorphology*, v. 136, p. 61-73, 2017.
- CUNNINGHAM, J. A.; RAHMAN, I. A.; LAUTENSCHLAGER, S.; RAYFIELD, E. J.; DONOGHUE, P. C. A virtual world of paleontology. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 29, p. 347-357, 2014.
- DANTAS, K. S. Emprego de tecnologias de baixo custo como ferramentas na representação

virtual de espécies extintas. 2023. 61 fl (trabalho de conclusão de curso – Monografia), Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité – Paraíba – Brasil, 2023.

DEVRIES, R. P.; SERENO, P. C.; VIDAL, D.; BAUMGART, S. L. Reproducible digital restoration of fossils using Blender. *Frontiers in Earth Science*, v. 10, p. 833379, 2022.

FALKINGHAM, P. L.; BATES, K. T.; AVANZINI, M.; BENNETT, M.; BORDY, E. M.; BREITHAUPT, B. H.; CASTANERA, D.; CITTON, P.; DÍAZ-MARTÍNEZ, I.; FARLOW, J. O.; FIORILLO, A. R.; GATESY, S. M.; GETTY, P.; HATALA, K. G.; HORNUNG, J. J.; HYATT, H. J. A.; KLEIN, H.; LALLENSACK, J. N.; MARTIN, A. J.; MARTY, D.; MAT-THEWS, N. A.; MEYER, C. A.; MILÁN, J.; MINTER, N. J.; RAZZOLINI, N. L.; SALISBURY, A. R., S. W.; SCISCIO, L.; TANAKA, I.; WISEMAN, A. L. A; XING, L. D. AND BELVEDERE, M. A standard protocol for documenting modern and fossil ichnological data. *Palaeontology*, v. 61, p. 469-480, 2018.

FARALLO, V. R.; FORSTNER, M. R. J. Predation and the maintenance of color polymorphism in a habitat specialist squamate. *PLoS ONE*, v. 7, p. e30316, 2012.

FERREIRA, J. L. P.; COSTA, C. A.; UCHÔA, L. R.; SOUSA, B. S. AND ANDRADE, E. B. Chondrocranium and internal oral anatomy of the tadpole of *Pleurodema diplolister* (Peters, 1870)(Anura: Leptodactylidae). *Zoomorphology*, v. 142, p. 465-475, 2023.

GARCIA, M. N.; SANTOS, S. M. B.; PEREIRA, R. S.; ROSSI, G. B. Software livre em relação ao software proprietário: aspectos favoráveis e desfavoráveis percebidos por especialistas. *Gestão & Regionalidade*, v. 26, n. 78, p. 106-120, 2011.

GARWOOD, Russell; DUNLOP, Jason. The walking dead: Blender as a tool for paleontologists with a case study on extinct arachnids. *Journal of Paleontology*, v. 88, n. 4, p. 735-746, 2014.

HERBST, E. C.; MEADE, L. E.; LAUTENSCHLAGER, S.; FIORITTI, N AND SCHEYER, T. M. A toolbox for the retrodeformation and muscle reconstruction of fossil specimens in Blender. *Royal Society Open Science*, v. 9, n. 8, p. 220519, 2022.

HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. E.; HILDEBRAND, V. Análise da estrutura dos vertebrados. Atheneu, 2006.

HUTCHINSON, J. R., ANDERSON, F. C.; BLEMKER, S. S.; DELP, S. L. Analysis of hindlimb muscle moment arms in *Tyrannosaurus rex* using a three-dimensional musculoskeletal computer model: implications for stance, gait, and speed. *Palaeobiology*, v. 31, p. 676-701, 2005.

IRSCHICK, D. J.; BOT, J.; BROOKS, A.; BRESSETTE, M.; FOSSETTE, S.; GLEISS, A.; GUTIERREZ, R.; MANIRE, C.; MERIGO, C.; MARTIN, J.; PEREIRA, M.; WHITING, S.; WYNEKEN, J. Creating 3D models of several sea turtle species as digital voucher specimens. *Herpetology Review*, v. 51, p. 709-715, 2020.

KENT, B. R. 3D Scientific Visualization with Blender. Morgan & Claypool Publishers, 2015.
LARSON, P. M.; DE SÁ, R. O. Chondrocranial morphology of *Leptodactylus* larvae

(Leptodactylidae: Leptodactylinae): its utility in phylogenetic reconstruction. *Journal of Morphology*, v. 238, n. 3, p. 287-305, 1998.

MCDIARMID, R. W.; ALTIG, R. Tadpoles: the biology of anuran larvae. Chicago: University of Chicago Press, 1999, 1999. 444 p.

MEDINA, J. J.; MALEY, J. M.; SANNAPAREDDY, S.; MEDINA, N. N.; GILMAN, C. M.; MCCORMACK, J. E. A rapid and cost-effective pipeline for digitization of museum specimens with 3D photogrammetry. *PLoS ONE*, v. 15, p. e0236417, 2020.

NASCIMENTO, F. A. C. Condrocânio e cavidade oral de girinos da família Odontophrynidae (Anura): descrição e considerações filogenéticas. 2013. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos) – Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, p. 188, 2013.

SARGENT, John F.; SCHWARTZ, R. X. 3D printing: Overview, impacts, and the federal role. Congressional Research Service, 2019.

SILVA, A. S; ALVES, G. H. V. S; FERREIRA, A. T. S; MADEIRA, L. F. Avaliação de modelos 3D como recurso educacional para o ensino de Biologia: uma revisão da literatura. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 13, n. 2, p. 1-28, 2022.

SILVA, M. S. Lima.; BIAZUSSI, H. M.; MACHADO, H. A. produção de material didático alternativo para aula prática de anatomia humana. VII Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012. Palmas.

SINGH, A.; BANSAL, R. K.; JHA, N. Open-Source Software vs Proprietary Software. *International Journal of Computer Applications*, v. 114, n. 18, p. 26-31, 2015.

TETZLAFF, S. J.; ESTRADA, A.; DEGREGORIO, B. A.; SPERRY, J. H. Identification of factors affecting predation risk for juvenile turtles using 3D printed models. *Animals*, v. 10, p. 275, 2020.

TRACY, C. R.; BETTS, G.; TRACY, C. R.; CHRISTIAN, K. A. Plaster models to measure operative temperature and evaporative water loss of amphibians. *Journal of Herpetology*, v. 41, p. 597-603, 2007.