

DIGITALIZAÇÃO E IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL DE PEÇAS ANATÔMICAS PARA ENSINO DE MEDICINA VETERINÁRIA

Raiza de Sá Medeiros¹, Nicolas Azevedo Gomes², Thiago Machado da Silva Acioly³,
Diego Carvalho Viana⁴

RESUMO

A impressão tridimensional (3D) é uma tecnologia que beneficia diversas áreas de conhecimento, dentre elas, a pesquisa e a educação, podendo serem criados modelos didáticos e realísticos de sistemas corpóreos. Ademais, o uso desta técnica auxilia no aprendizado dos estudantes, uma vez que é criada a conexão entre a anatomia conceitual e aplicada, assim, aprendendo de forma interativa, cooperativa e dinâmica. O presente trabalho teve por objetivo produzir peças anatômicas impressas 3D fiéis às peças reais dos ossos em geral, crânio e órgãos, como rim, de animais como cães e gatos, para facilitar o estudo da anatomia veterinária. O projeto envolveu três etapas distintas: parceria e treinamento; impressão de peças em 3D; utilização de peças virtuais do sistema circulatório na disciplina de Morfofisiologia II. Na obtenção de peças de crânio de cão, gato e dente de sabre foi utilizada a impressora Ender 3, operando com o software CURA 3D (Software Open-source). Foram observados pontos positivos e negativos da impressão 3D, como a facilidade de obtenção/modelagem de arquivos em bancos de dados. Salienta-se que o acesso a peças anatômicas para estudo prático de anatomia veterinária deve ser democrático e objetivar tornar o aprendizado de anatomia mais significativo.

Palavras-chave: Anatomia veterinária, banco de dados, democratização, impressão 3D.

SCANNING AND THREE-DIMENSIONAL PRINTING OF ANATOMICAL PIECES FOR TEACHING

ABSTRACT

¹ Graduanda em Medicina Veterinária na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, Brasil. E-mail: dieob@bol.com.br.

² Graduando em Medicina Veterinária na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, Brasil. E-mail: simythiagoo22@gmail.com.

³ Doutorando em Ciência Animal na Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. Professor da Casa Familiar Rural de Coquelândia. Imperatriz, MA, Brasil. E-mail: tmsacioly@gmail.com.

⁴ Doutor em Ciências pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. Professor na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, Brasil. E-mail: diegocarvalho@uemasul.edu.br.

Three-dimensional (3D) printing is a technology that benefits several areas of knowledge, including research and education, enabling the creation of didactic and realistic models of bodily systems. In addition, the use of this technique helps students learn, since the connection between conceptual and applied anatomy is created, thus, learning in an interactive, cooperative and dynamic way. The present work aimed to produce 3D printed anatomical pieces faithful to real pieces of bones in general, skull and organs, such as the kidney, of animals such as dogs and cats, to facilitate the study of veterinary anatomy. The project involved three distinct stages: partnership and training; 3D parts printing; use of virtual parts of the circulatory system in the discipline of Morphophysiology II. To obtain pieces of dog, cat and saber tooth skulls, an Ender 3 printer was used, operating with the CURA 3D software (Open-source software). Positive and negative points of 3D printing were observed, such as the ease of obtaining/modeling files in databases. It should be noted that access to anatomical specimens for the practical study of veterinary anatomy must be democratic and aim to make anatomy learning more meaningful.

Keywords: Veterinary anatomy, database, democratization, 3D printing.

INTRODUÇÃO

A impressão tridimensional (3D) é uma tecnologia criada por Charles Hull em 1984, por meio da estereolitografia. Esta possui como finalidade fabricar objetos em três dimensões, de maneira mais simples e prática, podendo assim, ser aplicada no auxílio de diversas áreas do conhecimento. Reis *et al.* (2017) afirmam que as áreas de pesquisa e educação são muito beneficiadas por este tipo de recurso tecnológico, podendo serem criados modelos didáticos e realísticos de sistemas corpóreos.

A bioimpressão é um termo que denomina reproduzir características morfológicas e anatômicas de um tecido vivo. Silva (2014) aponta que essa reprodução física ocorre em duas etapas: biomodelagem virtual e biomodelagem física (prototipagem); sendo, uma excelente alternativa para imprimir objetos sólidos em três dimensões. STL é o formato padrão de transmissão de dados usado entre um computador e uma impressora 3D. Vale salientar que a criação de um acervo físico de casos é uma mais valia, visto que até anomalias raras podem ser reproduzidas através de biomodelos (Grande Neto, 2016, pp. 1-56)

O material empregado na confecção do biomodelo irá depender da qualidade e custo pretendido, por exemplo, o PLA (ácido polilático) tem um excelente custo benefício, enquanto resina líquida é bem mais resistente (Pinheiro *et al.*, 2018). Neste

cenário, a impressora constrói o objeto desejado através de várias camadas sucessivas do material, que se unem para formar o objeto completo (Silva; Puerari, 2015).

De acordo com Sears *et al.* (2016, pp. 298-310), a prototipagem rápida vem sendo empregada com êxito em disciplinas da área da saúde, seja humana, veterinária ou odontológica. Por sua vez, Duarte *et al.* (2021) dizem que essa técnica é útil na medicina regenerativa e na reprodução de peças anatômicas detalhadas, as quais podem ser empregadas na preparação pré-operatória e no ensino da anatomia.

Salienta-se que o modelo tradicional de ensino na anatomia veterinária faz uso de peças conservadas em formaldeído, que atua como fixador, por ser mais barato e aderir rápido aos tecidos. Contudo, existem evidências de que o formaldeído é um agente sensibilizador respiratório, sendo capaz de causar alergias ao manipulador da peça (Alves; Aciole, 2012). Ademais, ainda há possibilidade de deterioração na coloração e recenseamento das peças, o que torna difícil seu manuseio e correta identificação (Santos; Palma, 2009; Veronez *et al.*, 2010).

Diversos autores aplicam a impressão 3D no ensino anatômico (Reis *et al.*, 2017; Romeiro *et al.*, 2019; Garcia *et al.*, 2022), devido a sua praticidade no ensino de disciplinas do curso de medicina e medicina veterinária. Friza-se que a aplicação desta técnica corrobora para correções e procedimentos nas áreas clínica e cirúrgica, principalmente de ortopedia, mais especificamente, cirurgias ortopédicas em cães, como displasia coxofemoral e faturas (Slatter, 2007).

Elias *et al.* (2021) afirmam que o uso de técnicas como a impressão 3D auxilia no aprendizado dos estudantes, uma vez que é criada a conexão entre a anatomia conceitual e aplicada, assim, aprendendo de forma interativa, cooperativa e dinâmica. Ademais, ao digitalizar e imprimir peças tridimensionais, elas auxiliam no estudo de estruturas anatômicas, sem a necessidade de dissecação de diversos animais, contato com odores, muitas vezes prejudiciais para saúde, além da interação com animais diversos, o que muitas vezes se encontra limitado nos laboratórios brasileiros de anatomia veterinária.

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo produzir peças anatômicas impressas 3D fiéis às peças reais dos ossos em geral, crânio e órgãos, como rim, de

animais como cães e gatos, para facilitar o estudo da anatomia veterinária. Assim, contribuindo para a construção de um acervo anatômico dinâmico, gerando moldes para uso didático.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho do estudo

O projeto envolveu três etapas distintas: a. na primeira, foi realizada a parceria com um Instituto de Ensino que possui experiência e é referência na impressão de peças anatômicas em 3D; b. na segunda, realizada a impressão de peças em 3D com objetivo específico de aprendizagem; c. na terceira, as peças virtuais do Sistema circulatório foram utilizadas na disciplina de Morfofisiologia II.

Primeira Etapa: parceria e treinamento

Foi realizada a parceria com o Instituto Federal do Maranhão (IFMA) para que os bolsistas adquirissem experiência através da troca de conhecimentos com os alunos do curso de engenharia elétrica. Dentre as informações adquiridas estão conhecimentos práticos, aplicações de modelagem digital e impressão tridimensional.

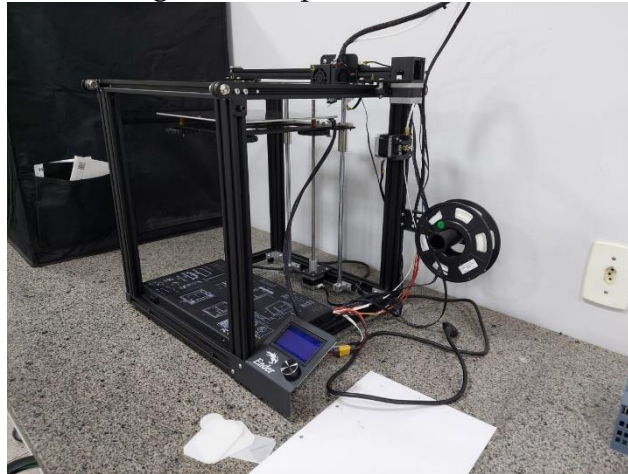
Foram realizadas oito visitas entre abril e julho de 2022 ao Fábrica de Inovação (FABIN). Buscou-se no treinamento garantir o entendimento dos processos (principais materiais, bancos de dados digitais e impressão de arquivos), dos aplicativos de modelagem, bem como do funcionamento de impressoras 3D. Para tal, foi utilizada a impressora Ender 3, operando com o software Blender (Software Open-source) e ultimaker cura.

Segunda etapa: impressão de peças 3D

As peças anatômicas foram impressas utilizando a impressora Ender 3 (Figura 1). O modelo da impressora 3D usada apresenta uma placa de base para impressão

com dimensões 475 x 470 x 620mm, portanto peças com grandes dimensões foram impressas em mais de uma etapa. O tempo de impressão de cada peça variou entre 4 e 12 horas. Após a impressão, as peças foram submetidas a um processo de limpeza para remoção da resina de suporte.

Figura 1 - Impressora Ender 3



Fonte: Autores, 2022.

Foram utilizados filamentos de termoplástico (PLA) na impressão das peças 3D (Figura 2). Esse material pode ser adquirido em sites pela internet, sendo fácil e simples sua disponibilidade e compra no mercado online. Lembrando, que os filamentos podem ser constituídos de diversos materiais, tudo depende da finalidade e qualidade planejada para o produto final.

Figura 2 - Filamentos de PLA



Fonte: Autores, 2022.

Durante a biomodelagem virtual não foram encontradas peças em formato STL (“Standard Triangle Language”), sendo necessária a conversão para o formato de interesse através do site Any Conv. Outro meio para a conversão de arquivos é via transformação de dicom diretamente para STL.

Outra importante etapa realizada foi o Fatiamento; neste, infere-se verificar qual a direção de impressão e quantos suportes serão necessários para manter a impressão estável. Além disso, em muitos casos é possível dividir o arquivo ou reduzir suas dimensões para facilitar a impressão e manter sua qualidade. Para tal, foi utilizado o software CURA 3D que permite fazer todo esse processo de maneira simples e intuitiva.

Terceira etapa: preparação pedagógica e utilização de peças virtuais do Sistema circulatório em disciplina de Morfofisiologia II

Peças do sistema circulatório virtual em 3D, para revisão de prova dos alunos de Medicina Veterinária, UEMASUL, campus Imperatriz, foram utilizadas com o intuito de facilitar o estudo das estruturas. Tais modelos estão disponíveis no site SKETCHFAB, onde através da plataforma de modelagem 3D foi possível visualizar e compartilhar esquemas de peças anatômicas.

O tema escolhido, portanto, foi sistema circulatório e todos os aspectos anatômicos envolvidos com o órgão coração. O detalhamento da atividade teórica é descrito no quadro 1.

Quadro 1 - Objetivos da atividade teórica aplicada aos estudantes durante a disciplina de Morfofisiologia II

Aula expositiva dialogada (90 min) – apresentação dos principais conceitos sobre sistema circulatório e apresentação de casos clínicos.

Objetivo:

- Conhecer o coração e identificar suas cavidades;
- Identificar as funções realizadas pelo sistema cardiovascular;
- Reconhecer a morfofisiologia interna e externa deste órgão.

Fonte: Autores.

Ainda nessa etapa, os pesquisadores realizaram a capacitação dos bolsistas que participariam das aulas práticas utilizando o novo recurso (peças anatômicas em 3D).

RESULTADOS

Impressão de peças

Na obtenção de peças de crânio de cão, gato e dente de sabre (Figura 3 - 5) foi utilizada a impressora Ender 3, operando com o software CURA 3D (Software Open-source). Para obtenção dos modelos STL e busca de peças tridimensionais foram utilizados os sites Thingiverse e Yeggi.

Figura 3 - Crânio de cão impresso em impressora 3D, utilizando filamento PLA



Fonte: Autores, 2022.

Figura 4 - Crânio de gato impresso em impressora 3D, utilizando filamento PLA



Fonte: Autores, 2022.

Figura 5 - Crânio de Tigre-dente-de-sabre: Vista frontal



Fonte: Autores, 2022.

Conversão de arquivos

Também foi realizada a impressão através da conversão de arquivos, havendo sucesso na montagem de um rim (Figura 6). Esta peça faz parte do Sistema urinário, e foi utilizado Goup Docs, para visualizar a estrutura.

Figura 6 - Rim de cachorro impresso em 3D



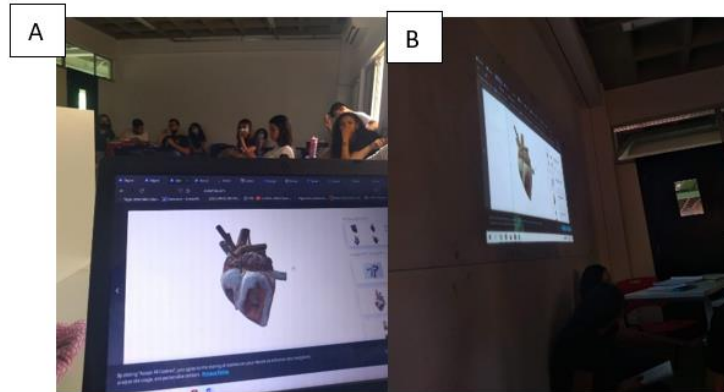
Fonte: Autores, 2022.

SKETCHFAB

Os estudantes também tiveram acesso ao site Sketchfab em sala de aula (Figura 7). Onde, através desta plataforma de modelagem 3D, os alunos interagiram com

modelos tridimensionais; eles puderam rotacionar as peças, dar zoom e acompanhar o caminho das estruturas. Isto facilita a visualização de estruturas dentro e fora da sala de aula (Figura 7).

Figura 7 - Apresentação do arquivo digital do sistema circulatório. A. Demonstração do modelo de um coração de porco. B. Modelo projetado para alunos darem zoom e manipular digitalmente



Fonte: Autores, 2022.

DISCUSSÃO

A ambientação com as impressoras permitiu conhecer seu funcionamento, além dos pontos positivos e negativos de cada impressora e seus fatores limitantes. Entre os pontos positivos está a facilidade com a qual as peças são obtidas, bem como a simplicidade em seu manuseio; e, o baixo custo de impressão, o que segundo Reis *et al.* (2017) possibilita seu uso por instituições educacionais.

Por outro lado, um ponto negativo é o tamanho das peças obtidas, que apesar de possuírem uma riqueza de detalhes podem ter suas dimensões diferentes das peças anatômicas orgânicas, por causa da medida da mesa de impressão e da impressora em si. Salienta-se que há maneiras de se contornar isso, como dividindo a peça em partes; o que pode ser uma vantagem do ponto de vista didático, pois os alunos devem vir a montar tais peças anatômicas. O fator limitante é o material, que varia na qualidade, custo e finalidade de uso.

Há diversos sites na internet com banco de dados com arquivos de impressão 3D em grandes proporções, como o Thingiverse, My Mini Factory, Cults 3D e Yeggi.

Nestes, podem ser encontrados acervos de diversas áreas do conhecimento, como odontologia, medicina e medicina veterinária. A disponibilidade de um banco de dados permite democratizar o conhecimento, uma vez que seu acesso é livre para qualquer usuário. Assim sendo, um banco de dados próprio da universidade voltado para veterinária, com arquivos prontos para impressão a qualquer hora, não só facilitaria o ensino de anatomia veterinária no campus, como também democratizaria o acesso a comunidade.

A obtenção de arquivos 3D digitais em sites, thingiverse e sketchfab, mostrou-se simples e de fácil acesso, com isso é possível construir um pequeno banco de dados de peças anatômicas digitais para ser usado a qualquer hora. Os arquivos as quais não possuíam o formato STL puderam ser convertidos de maneira simples em outros softwares na web. Esses arquivos digitais foram acessados pelos alunos e avaliados por meio de formulários, a qual demonstrou resultados satisfatórios

A compra de material é um excelente ponto para o estudo anatômico, visto que seu preço e qualidade variam de acordo com a finalidade e qualidade com que se queira imprimir, sendo assim, pode-se definir qual o melhor material para aplicação em cada sistema a ser estudo. Ele pode ser adquirido em sites pela internet, sendo fácil e simples sua disponibilidade e compra no mercado online.

O fatiamento é uma ferramenta que se apresentou útil para o processo de pré-impressão; pois, através deste é possível alterar as dimensões e direção do arquivo a ser impresso, permitindo um uso mais eficiente do material de impressão (PLA) e de tempo (Romeiro *et al.*, 2019). Após o processo de fatiamento, inicia-se a impressão do arquivo através da manipulação da impressora 3D. O processo se evidenciou ser simples e intuitivo, com a impressão iniciada o tempo decorre de acordo com o tamanho do arquivo que se quer imprimir. Lembrando, que os primeiros minutos de impressão são os mais importantes, pois é onde normalmente ocorrem os problemas, que afetam a qualidade do produto final, bem como promovem o desperdício de material. Posteriormente a este período inicial, o processo de impressão decorre de maneira mais tranquila.

As peças obtidas apresentaram boa qualidade, além de possuir suas estruturas semelhantes aos reais, contudo com espessura mais estreita. Segundo Antonelli (2019),

nesta situação pode ocorrer o curvamento das facetas da peça, também conhecido por Bridging ou fenômeno de Ponte; por isso, algumas necessitaram de suporte, para que assim não houvesse perda/quebra da peça. Dessa forma, ocorre a criação de uma estrutura, sendo essa capaz de suportar as partes da peça que possuem seções pendentes, a fim de impedir que elas desabem durante o processo de impressão. Elas podem ser postas de forma manual, junto com a peça finalizada ou automática utilizando o fatiador escolhido (deve ser retirado após a finalização do modelo) (Romeiro *et al.*, 2019).

Vale salientar que o interesse dos estudantes era nítido frente aos modelos e peças impressas, o que valida este tipo de ferramenta didática. Resultados semelhantes foram observados por Bertti *et al.* (2020) e Reis (2017), onde os modelos digitais despertaram o interesse dos alunos, ficando estes entusiasmados em aprender com novas tecnologias. Os autores concordam que réplicas quando fidedignas e produzidas com boa qualidade podem ser uma excelente alternativa inovadora no estudo e anatomia veterinária. Ademais, a utilização de novas estratégias de ensino pode fazer toda a diferença, facilitando o processo e tornando a aprendizagem mais significativa (Araujo *et al.*, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A impressão 3D é uma ferramenta útil, prática e com um excelente custo benefício para o ensino de anatomia veterinária, pois, torna o aprendizado mais significativo, cooperativo e interativo. É importante dar continuidade ao estudo desta temática, sobretudo, devido ao seu significativo potencial nas mais diversas áreas de conhecimento. Além disso, a construção de um banco de dados que dinamize e oportunize a aprendizagem de mais estudantes é necessário. Recomenda-se como ponto de partida a busca de arquivos em banco de dados online, posteriormente, deve-se ir modificando-os; em seguida, é utilizar de técnicas como escaneamento e fotogrametria para a criação de acervo próprio.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, B.; SILVA SANTOS, A. J.; JÚNIOR, J. D. J. G. V.; SILVA, A. L. P. O pH biológico: uma abordagem investigativa no ensino de química. **Pesquisa em foco**, v. 27, n. 2, 2022.

ANTONELLI, L. A. **Impressora 3D de baixo custo**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BORISLAV, J. **Blender 3D Open Source: potencialidades aplicadas ao ensino**. 2013. Tese de Doutorado, Santarém, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

ALCÂNTARA, B. M.; SILVEIRA, E. E.; PEREIRA, H. C. S.; NETO, A. F. D. S. L.; SANTOS, A. C.; ASSIS NETO, A. C. Digitization and 3D Printing as a Tool for Anatomical and Orthopedic Studies of Bones in Dogs. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 47, n. 1, 2019.

DUARTE, M. M. S.; ARAUJO, M. C. E.; LOUREDO, L. M.; LOUREDO, J. M.; ARRUDA, J. T. Aplicabilidades da técnica de fotogrametria no ensino de Anatomia Humana. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e51101119328-e51101119328, 2021.

ELIAS, N. D. S. R.; PEREIRA, H. C. S.; NETO, A. F. D. S. L.; SILVEIRA, E. E.; SANTOS, A. C.; ASSIS NETO, A. C. Bioprinting of 3D anatomical models of flat and long thoracic limb bones of domestic cats (*Felis catus* Linnaeus, 1758). **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 43, n. 1, p. e106020-e106020, 2021.

GARCIA, T. R.; MACEDO, R. M.; VAZ, M. H. V.; BORGES, G. H. I.; ZENDRON, I. M.; ARRUDA, J. T. Impressão 3D de peças anatômicas como ferramentas de educação e auxílio na prática clínica. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p. e248111335234-e248111335234, 2022.

GRANDE NETO, N. S. **Utilização de material alternativo para a obtenção e caracterização de biomodelos, por meio da técnica de impressão 3DPRINTER**. 2016. 2016. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

PINHEIRO, C. M. P.; MOTA, G. E.; STEINHAUS, C.; SOUZA, M. Impressoras 3D: uma mudança na dinâmica do consumo. **Signos do Consumo**, v. 10, n. 1, p. 15-22, 2018.

PUERARI, R. F.; SILVA, F. R. IMPRESSÃO 3D – CONHECER E APLICAR. **Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, [S.l.]**. 2015. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/view/8325>.

REIS, D. D. A. L.; GOUVEIA, B. L. R.; ALCÂNTARA, B. M.; SARAGIOTTO, B. P.; BAUMEL, É. E. D.; FERREIRA, J. S.; ASSIS NETO, A. C. Biomodelos ósseos produzidos

por intermédio da impressão 3D: uma alternativa metodológica no ensino da anatomia veterinária. **Revista de Graduação USP**, v. 2, n. 3, p. 47-53, 2017.

ROMEIRO, N. C.; SALOMÃO, A.; PRIM, G. S.; VIEIRA, M. L. H. Impressão 3D de peças anatômicas escaneadas como ferramenta de educação. *In: Anais do 9º Congresso Internacional de Design da Informação*. Belo Horizonte, 2019.

SEARS, N. A.; SESHADRI, D. R.; DHAVALIKAR, P. S.; COSGRIFF-HERNANDEZ, E. A review of three-dimensional printing in tissue engineering. **Tissue Engineering Part B: Reviews**, v. 22, n. 4, p. 298-310, 2016.

LATTER, D. H. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Manole, 1998.