

## **Impressão 3d para modelos acadêmicos com ênfase na medicina veterinária**

Daniela Semensato Detoni<sup>1</sup>

Juan Marcell Alves de Oliveira<sup>2</sup>

Eduardo Blando<sup>3</sup>

**Resumo:** Atualmente, produzir objetos por meio da impressão tridimensional em um ambiente doméstico, já é uma realidade. Impressão 3D é o nome dado a uma série de técnicas que reproduzem objetos em três dimensões, a partir de uma tecnologia que sobrepõem finas camadas até formar o objeto. Já na medicina veterinária, a necessidade de conhecer a anatomia e fisiologia animal em detalhes é imprescindível. Contudo, o uso de partes de órgãos reais ou cadáveres animais moralmente reprováveis, uma vez que alguns animais podem ser sacrificados para estudo. Em virtude disso, a técnica de impressão 3D e prototipagem rápida se apresenta como uma das principais alternativas a produção de modelos de órgãos reais, sem a necessidade do sacrifício animal. A técnica de impressão 3D apresenta as vantagens de produzir modelos com riqueza de detalhes anatômicos com custo baixo e alta reprodutibilidade, permitindo que diversas peças praticamente idênticas sejam produzidas. O objetivo deste trabalho é realizar a impressão de órgãos e partes de animais anatomicamente corretas para que possam ser usadas como modelos em aulas de anatomia e/ou outros fins ligados a medicina veterinária. Este artigo também busca identificar as vantagens e desvantagens desse processo. O trabalho foi desenvolvido baseado no estudo e aprendizado quanto ao funcionamento da impressora 3D e, a seguir, com a busca por modelos anatômico gratuitos desenvolvidos para impressão 3D disponibilizados na internet. Uma vez encontrados, passam para a fase de ajustes e adequação ao equipamento disponível na instituição e, finalmente, a impressão e posterior finalização das peças por meio de acabamento e pintura. Os resultados obtidos até o momento indicam que a técnica é viável para produção de peças anatomicamente adequadas para o ensino veterinário. Como continuidade da pesquisa, indica-se a necessidade do desenvolvimento de estruturas anatômicas para impressão 3D na própria instituição e o desenvolvimento de uma biblioteca de anatomia com as peças.

**Palavras-chave:** impressão 3D, modelos anatômicos, educação.

---

<sup>1</sup> Estudante do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário Cesuca. E-mail: detoni.adolfo@hotmail.com

<sup>2</sup> Estudante do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário Cesuca. E-mail: marcelljalves@gmail.com

<sup>3</sup> Docente do Curso de Engenharia da Produção do Centro Universitário Cesuca. Doutor em Ciências dos Materiais. E-mail: eduardoblando@cesuca.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço do mercado e a competitividade, as empresas buscam um diferencial na aplicação da tecnologia, visando a melhoria de seus processos, o aumento da qualidade de seus produtos, a redução dos custos e do tempo de produção. Essas aplicações tecnológicas envolvem também processos de gestão para o desenvolvimento, novas técnicas e ferramentas que possam otimizar esse processo. Uma das principais alternativas é a tecnologia de impressões 3D que vem ganhando notoriedade por se mostrar rápida no desenvolvimento de produtos permitindo que arquivos digitais sejam criados de forma física em 3 dimensões.

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva ou fabricação digital, é uma tecnologia estabelecida desde 1980, capaz de construir objetos com ampla variedade de tamanhos, camada por camada, feito de plástico, metal ou outros materiais. Seu uso era restrito a indústrias de grande porte, passando a ser difundida em larga escala somente em anos recentes (VOLPATO, 2007).

Desde os anos 2000, a impressão 3D já conseguiu prodígios como a impressão de um rim funcional e casas completas. Contudo, a técnica ganhou ampla visibilidade quando a comunidade do código aberto de programação (open source) criou o projeto RepRap fundado pelo Dr. Adrian Bowyer, ao desenvolver e disponibilizar gratuitamente a impressora 3D RepRap. A impressora 3D RepRap é feita de muitas peças plásticas que podem ser impressas pela própria RepRap. Isso significa que qualquer proprietário de uma RepRap pode imprimir outra impressora 3D – portanto, auto-replicante – junto com outras peças, ferramentas ou designs. Com o sucesso do projeto, a manufatura aditiva passou a se firmar como uma tecnologia de baixo custo e capaz de autorreplicação, disponível em um ambiente doméstico.

Uma impressora 3D funciona essencialmente extrudando plástico derretido através de um pequeno bico que se move precisamente sob o controle do computador. Ele imprime uma camada, espera secar e, em seguida, imprime a próxima camada por cima.

Desta forma, o processo de criar coisas se tornou um meio de produção comum e empresas grandes e pequenas, startups, escolas, designers e artistas estão a utilizando em larga escala. O que torna a impressão 3D única entre outras tecnologias de fabricação é que ela é de fácil acesso, abrindo a porta para qualquer pessoa, que tenha desejo de transformar ideias em produtos físicos, peças, ferramentas e obras de arte (SEGUIN, 2011).

A impressão tridimensional também está sendo cada vez mais utilizada em dispositivos médicos, incluindo próteses, implantes, engenharia do tecido esquelético e modelos anatômicos baseados em imagem, bem como a fabricação de aeronaves, tornando-se rapidamente um processo de fabricação padrão em várias atividades relacionadas a estas áreas. Na medicina também estão sendo utilizados tais modelos, principalmente em salas de aula para que os alunos possam ver com maior detalhamento e compreender melhor a complexidade do corpo humano, tornando-se assim uma ferramenta de grande valia (LIPSON, 2012 , RITTER, 2014).

A necessidade moral e ética de evitar de todas as formas os maus-tratos aos animais e impedir o seu sacrifício em todas as áreas é cada vez mais premente. Nas atividades acadêmicas e científicas, a comunidade já não aceita o uso de peças reais de animais para estudo. Contudo, o conhecimento anatômico e fisiológico do corpo animal, obriga a professores e estudantes a encontrar alternativas mais alinhadas às exigências atuais. A alternativa tecnológica que se apresenta capaz de suprir as demandas do modelo de um órgão anatomicamente correto, com as vantagens do baixo custo de produção e do fácil acesso é a impressão 3D. Além disso, ela pode auxiliar principalmente no estudo e análise de diversas estruturas anatômicas das espécies animais, com foco em órgãos parenquimatosos. Além disso, a manufatura aditiva por meio de impressão 3D permite também a confecção de próteses externas, técnica empregada com sucesso na reabilitação de animais mutilados (MORAES, 2015)

O objetivo deste trabalho é realizar a impressão de órgãos e partes de animais anatomicamente corretas para que possam ser usadas como modelos em aulas de anatomia e/ou outros fins ligados à medicina veterinária. Este artigo também busca identificar as vantagens e desvantagens desse processo.

## 1.1 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido baseado no estudo e aprendizado quanto ao funcionamento da impressora 3D. Antes de tudo foi necessário conhecer o método, e entender seu funcionamento.

A partir daí o trabalho passou a se concentrar na busca por arquivos de modelos tridimensionais de anatomia animal gratuitos, disponíveis para impressão 3D. Existem

diversos repositórios que permitem o download gratuito de estruturas prontas para impressão.

Uma vez encontrados, os modelos passam para a fase de ajustes e adequação ao equipamento disponível na instituição e, finalmente, a impressão e posterior finalização das peças por meio de acabamento e pintura.

Durante o projeto foi utilizado a impressora 3D Cliever CL2 Pro, equipada com filamento baseado em ácido polilático (PLA) cinza para as impressões. Diversos ajustes foram necessários para a impressão de cada modelo e para adequação ao equipamento de impressão. Estes ajustes consistem em espessura da camada, preenchimento interno do modelo, espessura da camada externa e necessidade de suporte de impressão.

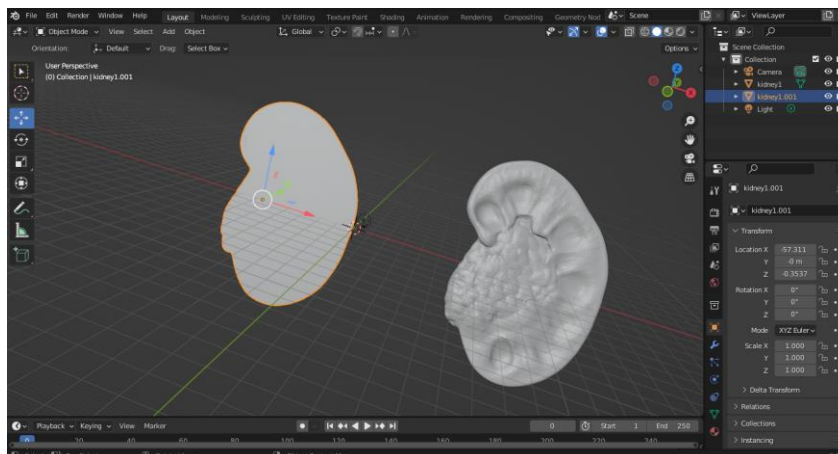
Uma vez que o modelo é impresso, ele se destina a fase de acabamento, onde pode ser lixado e polido e finalizado com tintas acrílicas e guache e pincéis Condor 456-0 e Condor 456-8. O processo de pintura visa destacar as estruturas anatômicas mais importantes e se aproximar do aspecto anatômico real.

## 1.2 DESENVOLVIMENTO

Utilizando impressora da instituição, a Cliever CL2 Pro, juntamente do software Blender para visualização e simulações, o projeto de impressão consistiu na impressão de um sistema renal, destacando-se os rins e o hilo renal, por ser um órgão parenquimatoso e relativa facilidade de identificação de suas estruturas.

O modelo foi ajustado de acordo com os critérios de espessura da camada, preenchimento interno do modelo, espessura da camada externa e necessidade de suporte de impressão. Foi necessário o uso de preenchedores no interior do objeto para sua sustentação estrutural, e o uso de suportes em superfícies angulares em sua base. Com essas limitações da impressão e considerando que grande parte dos órgãos dos seres vivos têm tendência para um formato esférico, foi preciso buscar uma forma mais adequada de impressão para viabilizar e utilizar o mínimo de suportes e preenchimentos possíveis sem que houvesse perda de qualidade no produto final.

Após diversas simulações e ajustes, foi realizada a secção transversal no modelo do rim e, para este primeiro teste foi optado por cortar a base dorsal do rim, deixando em comparativo como um corte histológico uma fatia do córtex renal, conforme apresentado na figura abaixo (Imagem 1).

**Imagem 1: Simulação 3D dos rins**

Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Nota: Modelo 3D de um rim no software Blender, em um teste de corte (slice) para otimização de impressão 3D, com vista interna.

Por se tratar de uma impressão de fio de cor única, foi idealizado um procedimento de finalização de arte para pintura do modelo de rim impresso. Foi necessário um estudo sobre quais tintas e pincéis seriam adequados para este processo, optando-se pela tinta guache e de acrílico. Após testes, a tinta acrílica apresentou o melhor resultado visual. Para pintura das estruturas foi necessário ter um conhecimento anatômico prévio, buscando-se imagens de referências anatômicas de determinadas estruturas, e do relevo e depressões anatômicas em um corte de rim real.

No modelo já impresso as estruturas convencionais como a pelve renal, as pirâmides renais e suas colunas, estavam já facilmente destacáveis, e dentre elas a pelve renal, e as pirâmides estavam representadas em depressões no modelo como revela a figura abaixo (Imagem 2).

## Imagem 2: Rim impresso



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Nota: Peça interna de modelo 3D do rim já impressa com cerca de 8 cm. Controle de datashow na foto usado como referência de escala.

Por se tratar de uma impressão de fio de cor única, foi idealizado um procedimento de finalização de arte para pintura do modelo de rim impresso. Foi necessário um estudo sobre quais tintas e pincéis seriam adequados para este processo, optando-se pela tinta guache e de acrílico. Após testes, a tinta acrílica apresentou o melhor resultado visual. Para pintura das estruturas foi necessário ter um conhecimento anatômico prévio, buscando-se imagens de referências anatômicas de determinadas estruturas, e do relevo e depressões anatômicas em um corte de rim real.

No modelo já impresso as estruturas convencionais como a pelve renal, as pirâmides renais e suas colunas, estavam já facilmente destacáveis, e dentre elas a pelve renal, e as pirâmides estavam representadas em depressões no modelo como revela a figura abaixo (Imagem 3).

## Imagem 3 - Arte realizada no rim



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Nota: Destaca-se o processo de pintura sobre a superfície do modelo e seu aspecto final.

Pelo fato de as pirâmides renais estarem representadas em depressões, foi necessário um cuidado mais criterioso para realizar suas pinturas, pois é nessa região que se concentram os glomérulos renais. Foi utilizado pincel de ponta fina e tinta com a cor vinho, e para pintar a região parenquimatosa do rim foi utilizado a mistura da mesma cor vinho com a cor branco, para amenizar o tom de vermelho, as demais estruturas foram pintadas na sequência com as cores mais comuns e semelhantes quanto a um rim real. Neste processo de arte finalização foi adotado o sistema de camadas de pintura para facilitar e evitar erros durante a pintura.

Dando sequência ao projeto, foi encontrado um modelo de rim bovino que possui características adequadas para estudo anatômico e únicas do ponto de vista veterinário. É importante ressaltar que este caso necessitou de ajustes desde a conversão do arquivo a ajustes do modelo em si para conseguir sua impressão. O resultado não foi adequado, mas foi realizada a impressão para analisar o comportamento da impressora com um rim lobulado e com várias superfícies esféricas como apresenta a figura abaixo (Imagem 4).

#### **Imagem 4 - Rim bovino**



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Nota: Realizado a análise do comportamento da impressora frente ao grande número de lóbulos do modelo de um rim bovino.



O modelo impresso do rim bovino além do fator da conversão realizada não estar de acordo com o caráter anatômico real, foi verificado que as superfícies esféricas estavam com aspecto de degrau, semelhante a pixelado de imagens em 3D, isso pelo fato da impressora reproduzir a imagem em camadas sobrepostas, portanto ficou determinado que o tamanho seria algo limitante pelo modelo da impressora.

Além do rim bovino, foi localizado um modelo com o formato correto de um cérebro de gato com seus dois hemisférios, os bulbos olfatórios e a ponte. A impressão do modelo foi idealizada com a secção do cérebro em dois hemisférios com o objetivo de buscar o melhor custo-benefício e evitar suportes externos que pudessem alterar a anatomia do modelo. A primeira parte impressa foi o hemisfério direito. O resultado foi o mais promissor, sendo possível identificar com facilidade todas as estruturas de sua superfície e também estabelecer planos para futuras impressões de sua parte interna, pois neste modelo foi apenas preenchido o parênquima sem destacar suas estruturas. A figura abaixo apresenta o modelo impresso (Imagem 5).

**Imagem 5** - Cérebro de gato



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Nota: Observa-se o melhor resultado já obtido, com grande destaque das representações das circunvoluções cerebrais comparado ao órgão real.

Foram ainda realizadas as técnicas de pintura já propostas anteriormente para o modelo, utilizando as cores mais semelhantes quanto ao órgão *in vivo*.

## 2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A impressão 3D permite a confecção de peças elaboradas e personalizadas, e o acesso a esses tipos de tecnologias é cada vez maior. Os resultados obtidos até o momento neste trabalho indicam que a produção de modelos tridimensionais para fins educativos é viável.

Contudo, para a continuidade adequada da pesquisa, é preciso salientar que existe a necessidade de dedicação e aprimoramento constante tanto ao equipamento, quanto à



técnica. É preciso mais tempo de máquina que permita compreender todos os ajustes necessários, assim como a manipulação e alteração dos modelos tridimensionais. Além disso, ficou constatado que existe uma grande carência de modelos 3D prontos para impressão na área anatômica, sejam eles livres ou até pagos para aquisição.

Dentre os principais obstáculos identificados durante o trabalho foi a necessidade de manutenção da máquina, relacionada a obstrução do extrusor da impressora, o que impossibilita por completo qualquer impressão. A aquisição de caixas de armazenamento para o PLA e de sílica gel é uma das providências de manutenção preventiva, evitando que a umidade se agregue ao filamento. O desenvolvimento atual da técnica também já proporciona equipamentos com mais qualidade e com técnicas diferenciadas, porém com maior custo.

Outro obstáculo é a forma pixelada como a impressora 3D acaba por gerar o modelo impresso, principalmente em formas com ângulos muito fechados ou esféricos de tamanho reduzido. Uma possível solução é o desenvolvimento de modelos dentro da instituição, com programadores e estudantes qualificados, apoiados no conhecimento de professores da parte anatômica.

Também há a necessidade de finalizar os modelos de modo mais adequado, desenvolvendo tanto a técnica, quanto a qualidade das tintas para realizar a pintura e acabamento das peças.

## REFERÊNCIAS

LIPSON, H. *Frontiers in additive manufacturing: the shape of things to come*. The Bridge, Washington, DC, vol. 42, n. 1, spring 2012.

MORAES, C. **Próteses Veterinárias**. 2020 Disponível em: [http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt\\_br/Moraes/ProteseV.html](http://www.ciceromoraes.com.br/doc/pt_br/Moraes/ProteseV.html). Acesso em: 23 de set de 2022.

NOSCHESSE-SANTOS, A.S. **Trabalho explicativo a respeito das impressoras 3D, e seus desenvolvimentos**. 2011. Curso Técnico em Instrumentalização. Curso Nacional de Aprendizagem Industrial, SENAI, Santos, 2011.

RITTER, G.M. **Influência dos parâmetros de uma impressora 3D sobre a produção de peças**. 2014. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Faculdade Horizontina, Horizontina, 2014.

VOLPATO, N. *et al.* **Prototipagem rápida:** tecnologia e aplicações. São Paulo: E. Blucher, 2007.