



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE EXCELÊNCIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA
UNIDADE DE ENSINO: VITÓRIA DA CONQUISTA**

**ANA CLARA SOARES PRADO
LÍVIA GEOVANA FONSECA SILVA
MARIA FERNANDA OLIVEIRA SANTOS**

**A UTILIZAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D EM PROCEDIMENTOS PRÉ E
TRANSOPERATÓRIO ORTOPÉDICOS COMO INOVAÇÃO NA VETERINÁRIA:
uma revisão integrativa**

**VITÓRIA DA CONQUISTA
2024**



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE EXCELÊNCIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA
UNIDADE DE ENSINO: Vitória da Conquista**

**ANA CLARA SOARES PRADO
LÍVIA GEOVANA FONSECA SILVA
MARIA FERNANDA OLIVEIRA SANTOS**

**A UTILIZAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D EM PROCEDIMENTOS PRÉ E
TRANSOPERATÓRIO ORTOPÉDICOS COMO INOVAÇÃO NA VETERINÁRIA:
uma revisão integrativa**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro
Universitário de Excelência, Unidade Vitória da
Conquista, como requisito obrigatório para obtenção
título de Bacharel em Medicina Veterinária

Professor (a): Grazielle Prates Lourenco dos Santos
Bittencourt

**VITÓRIA DA CONQUISTA
2024**

A UTILIZAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D EM PROCEDIMENTOS PRÉ E TRANSOPERATÓRIO ORTOPÉDICOS COMO INOVAÇÃO NA VETERINÁRIA: uma revisão integrativa

Ana Clara Soares Prado ¹

Lívia Geovana Fonseca Silva ²

Maria Fernanda Oliveira Santos ³

Grazielle Prates Lourenco dos Santos Bittencourt ⁴

RESUMO

Introdução: Na ortopedia veterinária, a impressão 3D possibilita a produção de próteses personalizadas e modelos anatômicos, aprimorando o planejamento e os resultados cirúrgicos, o que contribui para uma recuperação mais rápida e eficaz dos animais, apesar de ser uma tecnologia pouco estudada. **Objetivo:** Realizar uma revisão integrativa sobre a utilização da impressão 3D em procedimentos pré e transoperatórios ortopédicos como inovação na veterinária. **Metodologia:** O presente trabalho caracterizou-se como uma revisão integrativa, onde foram selecionados 4.446 artigos científicos, destes, 46 foram selecionados com base no título, dos quais 22 foram lidos os resumos, 20 tiveram a leitura na íntegra, depois da leitura, 10 foram selecionados, por apresentarem aspectos que respondiam à questão norteadora desta revisão. Para levantamento de dados desta revisão, foram utilizados os descritores “Veterinária”, “Impressão 3D”, “Cirurgia ortopédica veterinária”, “Cirurgia ortopédica” pesquisados em bases de dados como SciELO, CAPES, LILACS, MEDLINE, Google Acadêmico e VETINDEX. **Resultados:** Os resultados demonstraram que a impressão 3D oferece precisão no planejamento cirúrgico veterinário, reduzindo tempo e complicações operatórias, e permite a criação de próteses personalizadas. Contudo, limitações como o alto custo e a falta de capacitação restringem sua adoção. **Considerações finais:** A pesquisa revela o potencial da impressão 3D para aprimorar cirurgias veterinárias, proporcionando diagnósticos precisos e tratamentos menos invasivos. Apesar dos benefícios para a academia e a sociedade, desafios como altos custos e falta de capacitação limitam sua aplicação na medicina veterinária.

Palavras-chave: Medicina Veterinária. Impressão Tridimensional. Procedimentos Ortopédicos. Cirurgia Veterinária. Ortopedia.

¹ Discente do curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Excelência UNEX de Vitória da Conquista – BA (UNEX/VIC), e-mail: pradoclara3@gmail.com. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

² Discente do curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Excelência UNEX de Vitória da Conquista – BA (UNEX/VIC), e-mail: geovana.silva4@ftc.edu.br. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

³ Discente do curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Excelência UNEX de Vitória da Conquista – BA (UNEX/VIC), e-mail: Nandaasantoos17@gmail.com. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

⁴ Professora Orientadora do Centro Universitário de Excelência UNEX de Vitória da Conquista - BA (UNEX/VIC), Nutricionista, e-mail: glsantos.vic@ftc.edu.br. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

THE USE OF 3D PRINTING IN PRE- AND TRANSOPERATIVE ORTHOPEDIC PROCEDURES AS AN INNOVATION IN VETERINARY MEDICINE: an integrative review

ABSTRACT

Introduction: In veterinary orthopedics, 3D printing enables the production of personalized prostheses and anatomical models, improving surgical planning and results, which contributes to a faster and more effective recovery of animals, despite being a little studied technology.

Objective: To conduct an integrative review on the use of 3D printing in pre- and transoperative orthopedic procedures as an innovation in veterinary medicine. **Methodology:**

This work was characterized as an integrative review, in which 4,446 scientific articles were selected, of which 46 were selected based on the title, of which 22 had the abstracts read, 20 had the full text read, after reading, 10 were selected, because they presented aspects that answered the guiding question of this review. To collect data for this review, the descriptors “Veterinary”, “3D printing”, “Veterinary orthopedic surgery”, “Orthopedic surgery” were used, searched in databases such as SciELO, CAPES, LILACS, MEDLINE, Google Scholar and VETINDEX. **Results:** The results demonstrated that 3D printing offers precision in veterinary surgical planning, reducing time and operative complications, and allows the creation of customized prostheses. However, limitations such as high cost and lack of training restrict its adoption. **Final considerations:** The research reveals the potential of 3D printing to improve veterinary surgeries, providing accurate diagnoses and less invasive treatments. Despite the benefits for academia and society, challenges such as high costs and lack of training limit its application in veterinary medicine.

Keywords: Veterinary Medicine. Printing Three-Dimensional. Orthopedic Procedures. Surgery, Veterinary. Orthopedics.

1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia tem sido constante, tanto em dispositivos eletrônicos quanto em mecanismos que tornam a vida das pessoas mais fácil, mas esse desenvolvimento consequentemente, exige que profissionais e consumidores se adaptem a ambientes cada vez mais dinâmicos. Um dos dispositivos que resultam desse progresso tecnológico é, sem dúvidas, a Manufatura Aditiva (MA), que tem provocado mudanças no mercado global através da oferta de soluções inovadoras proporcionadas pelas impressoras capazes de criar objetos em três dimensões (3D). Essa tecnologia foi criada nos anos 80 pelo engenheiro Chuck Hull, sendo reconhecido como o pioneiro dessa inovação (Berti *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2021).

Além do método MA, outro que também se destacou, principalmente no ramo da medicina, foi a modelagem por fusão e deposição (*Fused deposition modeling* - FDM), por grande parte dos materiais utilizados em seus projetos puderem ser esterilizados e terem aplicabilidade cirúrgica (Maturello *et al.*, 2022). Para sua impressão, este utiliza-se de insumos sólidos na forma de filamentos, os quais são derretidos até chegarem em um estado semilíquido, esses, por sua vez, são depositados na plataforma, camada por camada, até a formação de um objeto (Shahrubundin *et al.*, 2019; Khosravani; Reinicke, 2020).

A utilização dessa tecnologia contribui nas áreas de arte, educação, ciências biológicas, engenharia, saúde humana e na medicina veterinária, com a sua utilização na graduação e em cirurgias, embora sua aplicação nessa área ainda está em fase de desenvolvimento e adaptação (Berti *et al.*, 2020 ; Tussi, 2024).

Na prática cirúrgica, essa ferramenta oferece vantagens ao cirurgião, como, ajudar no diagnóstico e no planejamento das operações, possibilitando uma redução considerável na duração dos procedimentos. Isso contribui para aumentar a sobrevivência do paciente e diminuir os índices de complicações, o risco de infecções, os custos do tratamento e o tempo de anestesia (Lima *et al.*, 2020).

Entre as áreas cirúrgicas da veterinária que podem se beneficiar dessa tecnologia está a ortopedia veterinária, onde frequentemente os pacientes com problemas ortopédicos têm a maior demanda, incluindo condições como fraturas, luxações, deformidades ósseas, doenças articulares traumáticas e infecciosas, neoplasias do sistema músculo-esquelético e lesões em tendões e ligamentos. Com a prototipagem de um modelo anatômico do animal, o profissional pode planejar e praticar o procedimento antes de realizar a intervenção no paciente, isso tende

a aprimorar os resultados cirúrgicos e diminuir ou anular falhas (Alcântara *et al.*, 2019; Fossum, 2021).

A impressão 3D permite ainda em cirurgias ortopédicas a criação de próteses, com o material de polietileno tereftalato glicol modificado (PETG), esse que possui características rígidas, alta durabilidade e formação elástica compatível com a do animal, o polietileno é o polímero mais utilizado nas rotinas ortopédicas e a fabricação dessas próteses tem como finalidade suprir necessidades e funções de indivíduos acometidos por amputações, traumas ou deficiências físicas (Mattioli *et al.*, 2022).

É de fundamental importância conhecer a aplicabilidade da impressão 3D nas cirurgias ortopédicas veterinárias, visto que isso aprimora a prática do médico veterinário ao possibilitar a produção de modelos anatômicos exatos, para confecção de implantes sob medida, facilitando o planejamento das operações cirúrgicas, o que resulta em melhores resultados clínicos e uma recuperação menos traumática e mais ágil para os animais tratados.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão integrativa sobre a utilização da impressão 3D em procedimentos pré e transoperatórios ortopédicos como inovação na veterinária.

2 METODOLOGIA

2.1 TIPO DE ESTUDO

A Revisão Integrativa (RI) é uma forma de organizar a Revisão de Literatura (RL), reconhecida desde os anos 1980, que visa reunir resultados de estudos empíricos e teóricos para aprofundar o entendimento sobre um fenômeno. A RI segue um método rigoroso de busca, análise e síntese de dados. Didaticamente, a RI pode ser dividida em três tipos: metodológica, teórica e empírica. A revisão metodológica faz uma análise crítica dos desenhos e metodologias de diferentes estudos; a teórica foca nas teorias sobre um tema específico; e a empírica examina estudos quantitativos e/ou qualitativos sobre um determinado tema (Casarin *et al.*,2020).

O processo metodológico da RI ocorre em seis etapas, a primeira é a escolha do tema, definição da questão de pesquisa, objetivos e palavras-chave; a segunda é o estabelecimento de critérios de inclusão/exclusão e seleção dos estudos; a terceira é a extração e organização dos dados; a quarta é a análise crítica dos estudos; a quinta é a interpretação dos resultados e recomendações; e a sexta é a apresentação dos resultados, sintetizando o conhecimento obtido (Casarin *et al.*,2020).

2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES

Os critérios de inclusão dos estudos foram: artigos em português, inglês e espanhol, publicados nos últimos cinco anos (2019 a 2024), gratuitos, que não estivessem duplicados nas bases de dados e que apresentassem em sua discussão considerações sobre a utilização da impressão 3D em procedimentos cirúrgicos ortopédicos como uma inovação na veterinária. Os critérios de exclusão, por sua vez, foram: Artigos que não fossem em português, inglês e espanhol, artigos publicados antes de um período de cinco anos (2019 a 2024), artigos pagos, artigos que estivessem em duplicidades nas bases de dados.

Foi utilizado para a busca de artigos, palavras-chaves que estão indexadas no Descritores em Ciências da Saúde (DeCS). Desta forma, foram encontrados, em diferentes bases de dados, um total de 4.446 artigos, destes, 46 foram selecionados com base na leitura do título, após isso, 22 foram selecionados para leitura dos resumos, sendo selecionados 20

artigos para leitura na íntegra. Depois da leitura analítica destes artigos, apenas 10 foram selecionados como objeto de estudo, por apresentarem conteúdo relevante para o desenvolvimento desta revisão (Figura 1).

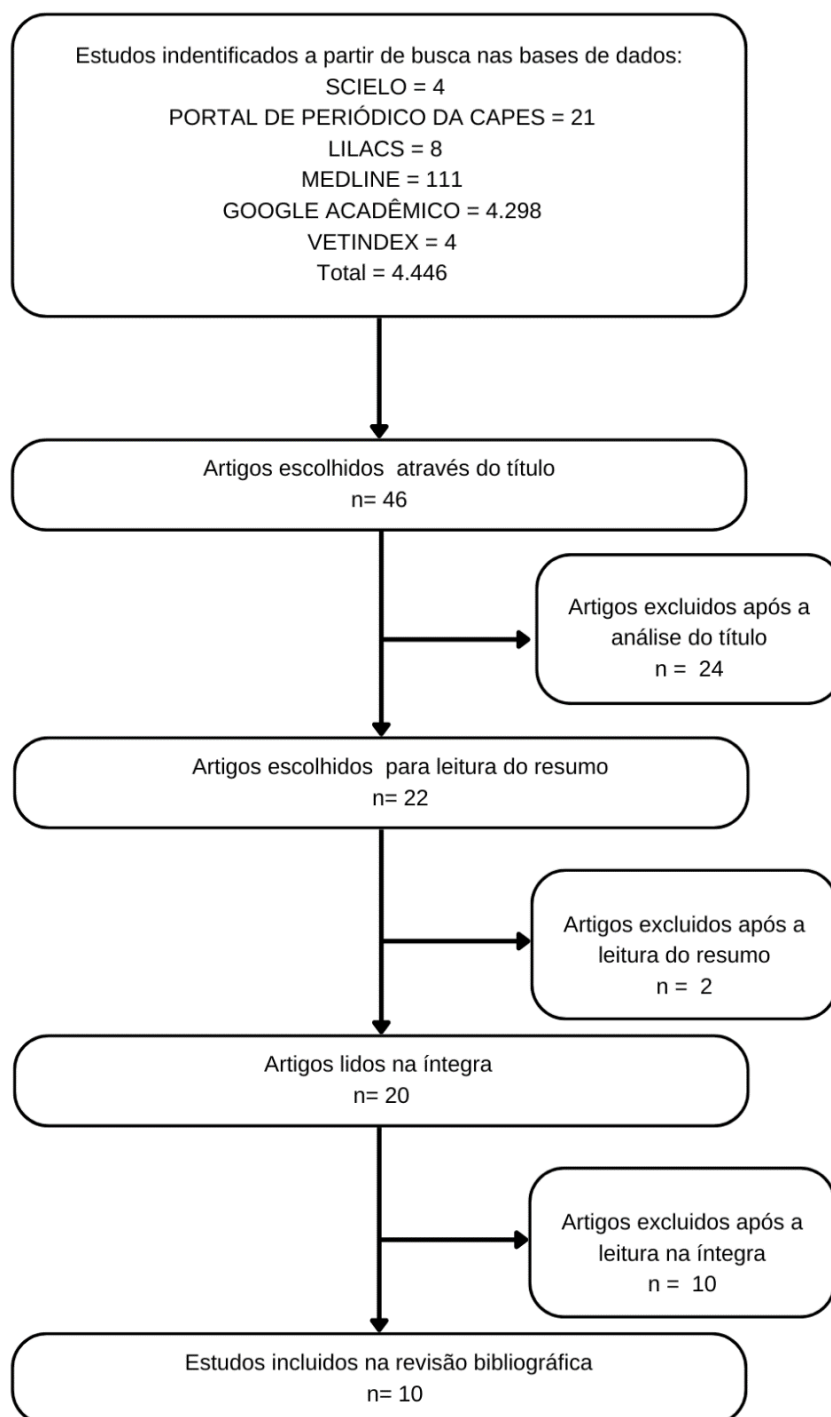


Figura 1 - Fluxograma dos artigos científicos selecionados para revisão integrativa de literatura. Vitória da Conquista, BA, 2024. Fonte: Dados da pesquisa.

2.3 LOCALIZAÇÃO DAS FONTES

Foram utilizados como bases de dados de artigos científicos, as plataformas digitais: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE), Google Acadêmico e o Índice da Literatura Veterinária (VETINDEX).

2.4 SISTEMA DE BUSCA

Para a pesquisa foram utilizados os seguintes descritores: Veterinária and impressão 3D; Cirurgia ortopédica veterinária and impressão 3D; Cirurgia ortopédica and veterinária; Cirurgia ortopédica veterinária 3D. Essas palavras foram cruzadas a partir do buscador boleano “and”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a seleção dos artigos para revisão integrativa, optou-se por estratificar 10 artigos científicos que atenderam aos critérios de inclusão previamente estabelecidos. Os mesmos foram classificados conforme os títulos, autores, periódicos, ano e país de publicação, tipo de estudo e principais conclusões (Tabela 1).

Em relação ao ano de publicação, observou-se que 30% dos artigos foram publicados em 2019, 30% em 2022, 20% foram publicados em 2020 e 20% foram publicados em 2024. No que diz respeito ao país de publicação, 50% foram publicados no Brasil, 30% nos Estados Unidos e 20% publicados na Coreia do Sul. Com relação aos tipos de estudos, 40% são relatos de casos, 20% estudos retrospectivos, 10% estudo preliminar, 10% estudo comparativo, 10% estudo experimental e 10% estudo descritivo argumentativo.

A maioria dos artigos científicos abordam temáticas em comum, como a precisão de modelos de impressão em comparação com as fotos de tomografia computadorizada (TC), ressonância magnética e fotogrametria, o que corresponde a 25,94% dos trabalhos, sobre redução de tempo e complicações cirúrgicas com o uso da impressão 3D para planejamentos pré-operatórios (22,22%), além disso, 14,81% dos trabalhos selecionados abordam a utilização da manufatura aditiva como meio de elaboração para implantes, 14,81% falam sobre as limitações com o uso da impressão 3D em procedimentos na Veterinária (custo x falta de profissionais aptos a utilização da máquina). Outros trabalhos falam sobre a utilização de moldes de perfuração 3D para precisão cirúrgica (11,11%) e o restante sobre a medicina regenerativa com a criação de tecidos biológicos impressos 3D (11,11%).

Tabela 1. Artigos científicos selecionados nas bases de dados SciELO, Portal de Periódicos da CAPES, LILACS, MEDLINE, Google Acadêmico e VETINDEX para revisão integrativa. Vitória da Conquista, BA, 2024.

Título	Autores	Ano e país	Periódico	Tipo de estudo	Principais conclusões
Accuracy and precision of measurements performed on threedimensional printed pelvises when compared to computed tomography measurements	Larguier <i>et al.</i>	Estados Unidos, 2019	Journal Of Veterinary Science	Estudo comparativo	Este estudo comparou medições feitas em modelos de pelve canina impressos em 3D com imagens de tomografia computadorizada (CT). As medições nos modelos 3D foram altamente precisas e próximas aos dados da CT, com uma concordância acima de 0,99, indicando que os modelos impressos reproduzem de forma confiável os dados da tomografia, apesar de pequenas variações.
Transplante cardíaco em pequenos animais: as expectativas do avanço da impressão de coração 3D para Medicina Veterinária	Oliveira; Faria	Brasil, 2019	Pubvet	Estudo descritivo argumentativo	O artigo compara perfis cardiológicos de cães e humanos, destacando similaridades anatômicas. Também aborda o potencial de transplantes de coração impressos em 3D, usando células do paciente, para evitar rejeição e facilitar o acesso a órgãos.
Fotogrametria e prototipagem 3D: Um recurso low-cost para treinamento em ortopedia veterinária	Lima <i>et al.</i>	Brasil, 2019	Ciência Rural	Estudo Experimental	Este estudo explorou a utilização de fotogrametria e prototipagem rápida para criar biomodelos 3D de ossos caninos, focando no treinamento em técnicas ortopédicas na Medicina Veterinária. Os modelos impressos foram utilizados em osteotomias e osteossínteses, mostrando resistência e segurança, oferecendo uma alternativa econômica ao uso de animais para experimentação.

Use of 3-dimensional printing in surgical exploration of a nasolacrimal duct obstruction in a dog	Burn <i>et al.</i>	Estados Unidos, 2020	The Canadian Veterinary Journal	Relato de caso	Uma cadela Setter Inglês de 1,5 anos teve secreção mucopurulenta por 8 meses. A dacriocistografia revelou obstrução no sac lacrimal. Um modelo 3D foi impresso para auxiliar na cirurgia, onde o sac foi explorado e drenado, restaurando sua potência. Após 7 meses, a cadela estava assintomática.
Custom-made artificial eyes using 3D printing for dogs: A preliminary study	Park <i>et al.</i>	Coreia do Sul, 2020	PLoS One	Estudo preliminar	Este estudo desenvolveu olhos artificiais personalizados e de baixo custo para animais, utilizando impressão 3D. Implantes feitos com policaprolactona (PCL) mostraram biocompatibilidade e bom crescimento de tecido após cirurgias em cães beagle. Os resultados indicam que a impressão 3D pode ser útil em cirurgias oculares personalizadas para animais.
Utilização da manufatura aditiva (impressão 3D) no tratamento de osteosarcoma vertebral em cão submetido a vertebrectomia lombar: Relato de caso	Santos; Siqueira; Thizen	Brasil, 2022	Veterinária e Zootecnia	Relato de caso	O osteossarcoma é comum em cães grandes, especialmente na coluna vertebral, com prognóstico ruim. O tratamento envolve ressecção tumoral e estabilização cirúrgica. Este estudo explora o uso do PETG, um material resistente e biocompatível, como espaçador vertebral impresso em 3D para cirurgias complexas em cães.
Accuracy of virtual surgical planning and custom three-dimensionally printed osteotomy and reduction guides for acute uni- and biapical correction of antebrachial deformities in dogs	Armond <i>et al.</i>	Estados Unidos, 2022	Journal of the American Veterinary Medical Association	Estudo retrospectivo	Este estudo descreve o uso de planejamento cirúrgico virtual (VSP) e guias personalizados impressos em 3D para corrigir deformidades antebraquiais em cães. A pesquisa avaliou a precisão na execução do plano cirúrgico e os resultados clínicos, destacando a eficácia desses métodos em deformidades complexas.

Endo-exoprótese bilateral fixa em fêmur de felino – relato de caso	Mendonça <i>et al.</i>	Brasil, 2022	Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia	Relato de caso	Este estudo relata o uso de endoexoprótese bilateral fixa em fêmur em um felino amputado. As próteses, feitas de titânio e impressas em 3D, foram inseridas após cirurgia que envolveu a remoção da tíbia e fíbula. No pós-operatório, o paciente apresentou resultados satisfatórios, sem rejeição ou infecção, e adaptou-se bem à deambulação, retornando a comportamentos normais.
Atlantoaxial joint stabilization using patient-specific 3-D–printed drill guides and 3-D–printed titanium plates or polymethyl methacrylate is effective in toy-breed dogs	Seon <i>et al.</i>	Coreia do Sul, 2024	American Journal of Veterinary Research	Estudo retrospectivo	Este estudo avaliou o uso de guias de perfuração impressos em 3D e implantes de PMMA ou placas de titânio personalizadas para estabilizar a instabilidade atlantoaxial (AAI) em cães pequenos. A pesquisa analisou os resultados clínicos, complicações e a precisão dos implantes cirúrgicos.
Confeções de biomodelos 3D baseados em tomografia computadorizada para planejamento cirúrgico na medicina veterinária	Diego <i>et al.</i>	Brasil, 2024	Revista Multidisciplinar em Saúde	Relato de caso	A impressão 3D, utilizando tomografia computadorizada (TC), foi empregada para criar biomodelos anatômicos de escápulas e um membro pélvico de cães. As escápulas estavam normais, enquanto o membro apresentou uma exostose no fêmur. Os resultados destacam a utilidade da impressão de biomodelos no planejamento cirúrgico, reduzindo o tempo de cirurgia e complicações, e melhorando a comunicação com os tutores.

A análise do conteúdo das publicações contribuiu para a estratificação de cinco categorias temáticas a serem discutidas, sendo elas: 1) Precisão dos Modelos impressos 3D; 2) Planejamento pré-operatório com redução do tempo e complicações cirúrgicas; 3) Manufatura aditiva para produção de implantes; 4) limitações com o uso da impressão 3D; 5) Medicina regenerativa.

3.1 PRECISÃO DOS MODELOS IMPRESSOS 3D

De acordo com Santos *et al.* (2022), a tomografia computadorizada (TC) desempenha um papel crucial no planejamento e desenvolvimento de modelos tridimensionais para cirurgias complexas. Em um estudo de caso envolvendo um cão com osteossarcoma vertebral, a TC foi utilizada para criar um modelo 3D preciso de um espaçador vertebral. Esse modelo foi impresso em 3D com base nas dimensões exatas da vértebra afetada, permitindo uma maior precisão na intervenção cirúrgica. Contribuindo com essa informação, Seon *et al.*, 2024, demonstraram que a utilização de imagens de TC para o planejamento cirúrgico resultou em uma precisão elevada, principalmente na utilização de guias de perfuração personalizados impressos em 3D. A colocação desses parafusos, teve um desvio médio de apenas 1,3 mm em comparação com o planejamento pré-operatório, um desvio mínimo.

A precisão dos modelos impressos em 3D foi ainda mais evidenciada em um estudo de Shinn *et al.* (2021) que investigou guias de biópsia cerebral personalizadas para cães. De acordo com o estudo, os modelos impressos em 3D, baseados em TC e ressonância magnética (MRI), permitiram a colocação das agulhas de biópsia com um erro de colocação mediano de 2,7 mm, variando de 0,86 a 4,5 mm. Esses resultados destacam a eficácia dos modelos impressos em 3D, evidenciando como eles são fundamentais para a realização de intervenções cirúrgicas precisas e bem-sucedidas, aumentando a segurança e a eficácia dos procedimentos veterinários.

3.2 PLANEJAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO COM REDUÇÃO DO TEMPO E COMPLICAÇÕES CIRÚRGICAS

De acordo com Diego *et al.* (2024), a utilização de biomodelos tridimensionais impressos em 3D representa um avanço significativo na caracterização tanto morfológica quanto patológica das estruturas anatômicas. Esses modelos permitem que os profissionais de

saúde realizem um planejamento cirúrgico mais detalhado e preciso, o que, por sua vez, reduz o tempo necessário para a execução dos procedimentos. Ao diminuir o tempo cirúrgico, há uma consequente redução das complicações intraoperatórias, como infecções, sangramentos e danos a tecidos adjacentes. Além disso, o uso de modelos 3D oferece uma visão clara da anatomia do paciente, auxiliando na antecipação de desafios específicos, o que melhora significativamente os resultados operatórios.

Outro autor que reforça essa ideia é o Santos (2022) que desenvolveu uma prótese discal para cães e gatos, utilizando tecnologias de engenharia reversa e manufatura aditiva, que permitiu a criação de biomodelos tridimensionais da coluna vertebral dos animais. Este desenvolvimento não só proporcionou sucesso na substituição total do disco intervertebral, como também reduziu o tempo de cirurgia devido ao planejamento prévio com impressão 3D, possibilitando a descompressão adequada entre as vértebras e resultando em resultados positivos quanto à aceitação dos polímeros utilizados.

3.3 MANUFATURA ADITIVA PARA PRODUÇÃO DE IMPLANTES

A manufatura aditiva, ou impressão 3D, é utilizada para modelar e confeccionar endo e exopróteses, com o objetivo de permitir uma locomoção natural após a amputação de membros. As exopróteses podem ser impressas em 3D utilizando polietileno tereftalato glicol-modificado (PETG), um material com características de rigidez e alta durabilidade, compatível com as cargas aplicadas às próteses, a impressão 3D pode ser utilizada também para desenvolver implantes oculares personalizados para animais de companhia, não se limitando apenas a próteses de membros locomotores. A mistura de policaprolactona (PCL) com hidroxiapatita (HA) é escolhida para a produção de implantes oculares por suas propriedades biocompatíveis e alta porosidade, favorecendo o crescimento fibrovascular, o que ajuda a reduzir o risco de extrusão e infecções. Essa combinação de materiais proporciona maior resistência ao implante e melhora sua funcionalidade. A criação de implantes é a principal alternativa justamente por ser produzida em um curto período de tempo, e por ter uma produção de baixo custo, tornando-a uma solução prática e eficiente para a medicina veterinária (Park *et al.*, 2020; Mendonça *et al.*, 2023).

A manufatura aditiva também foi aplicada em outros contextos, como no caso clínico de Mattioli *et al.* (2022), com a preparação de uma tala externa personalizada, impressa em PETG para um gato de 3 meses que tinha *Pectus excavatum*, também conhecido como “peito

afundado”, que é uma deformidade congênita onde o esterno (osso do peito) se projeta para dentro criando essa aparência “funda”. O *design* dessa tala, em forma de "T", foi desenvolvido para não restringir o movimento dos membros anteriores do animal e permitir o crescimento normal do tórax, sem complicações associadas à tala ou à cirurgia. O sucesso desses procedimentos reforça a versatilidade da impressão 3D, que pode ser igualmente utilizada na fabricação de próteses personalizadas de animal para animal, proporcionando soluções inovadoras e adaptadas às necessidades individuais dos pacientes.

3.4 LIMITAÇÕES COM O USO DA IMPRESSÃO 3D

De acordo com Burn *et al.* (2020) e Armond *et al.* (2022), a impressão 3D está se tornando cada vez mais reconhecida na medicina veterinária, especialmente em procedimentos ortopédicos, onde sua capacidade de criar modelos personalizados é valiosa. No entanto, há várias limitações que restringem sua aplicação. Um dos principais desafios é a falta de profissionais qualificados que possam operar e utilizar a tecnologia de impressão 3D de maneira eficiente. Essa carência técnica pode dificultar a implementação adequada da tecnologia nas clínicas veterinárias. Além disso, os custos associados à aquisição de uma impressora 3D e do *software* de *design* assistido por computador são exorbitantes. Não apenas é necessário investir na compra do equipamento, mas também é preciso considerar a necessidade de formação contínua para dominar o *software* utilizado. Os altos preços dos materiais e das ferramentas necessárias para a impressão 3D, combinados com a exigência de habilidades específicas, representam obstáculos significativos para a adoção ampla dessa tecnologia na veterinária.

Um estudo realizado por Janssen, Gradner e Liehmann (2024) reforça que a durabilidade da impressão 3D pode ser um fator limitante, especialmente em casos de uso prolongado, onde no modelo de *stent* que foi impresso por eles, desenvolveu fissuras após várias remoções e reinserções, o que levou o proprietário a substituir o dispositivo com mais frequência. Essas trocas periódicas podem ser necessárias, o que aumenta a complexidade e o custo de manutenção dos dispositivos, tornando a adoção ainda mais desafiadora em um cenário onde os custos já são altos e a expertise técnica é escassa.

3.5 MEDICINA REGENERATIVA

A medicina regenerativa tem avançado bastante, e está entrando mais ainda nesse cenário tecnológico, com destaque para a impressão 3D de tecidos biológicos. Como por exemplo, uma máquina que é capaz de projetar e imprimir um coração inteiro utilizando células do próprio paciente, eliminando assim os riscos de rejeição. A utilização de impressoras 3D para desenvolver tecidos e órgãos a partir das células do próprio paciente pode revolucionar o campo dos transplantes na medicina veterinária, pois minimiza o risco de rejeição imunológica e amplia as possibilidades de tratamento para animais que necessitam de transplantes. A produção desses tecidos em laboratório representa uma alternativa viável para superar a escassez de órgãos e os problemas de compatibilidade enfrentados atualmente (Oliveira; Faria., 2019).

De acordo com a revisão abrangente de Mirsky *et al.* (2024) a impressão 3D na medicina como, medicina regenerativa é utilizada há anos, muito diferente do que vemos na medicina veterinária, que se trata de algo novo e com limitações. A *bioprinting*, ou impressão 3D de tecidos biológicos, na medicina, permite a criação de estruturas complexas que imitam as características naturais dos tecidos, como ossos, pele e órgãos. Isso é particularmente importante em tratamentos personalizados, onde as próteses e os enxertos podem ser adaptados especificamente para as necessidades do paciente, algo que ainda não foi totalmente alcançado no ramo da medicina veterinária, mas que com mais estudos sobre a manufatura aditiva, pode ser sim uma realidade daqui a alguns anos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi fundamental para ressaltar, de maneira detalhada, a relevância do estudo sobre a aplicação da impressão 3D em procedimentos pré e transoperatórios ortopédicos veterinários, trazendo à tona o grande potencial dessa tecnologia, especialmente quando aplicada ao planejamento e execução de cirurgias complexas, onde os modelos tridimensionais contribuíram de forma significativa para diagnósticos mais precisos e procedimentos menos invasivos, promovendo segurança e eficiência.

Além disso, a importância deste estudo reside na valiosa contribuição que ele oferece tanto para a academia quanto para a sociedade em geral, visto que agrega um conhecimento inovador e essencial, fortalecendo o campo da medicina veterinária com técnicas e materiais modernos que ampliam as possibilidades de tratamento e recuperação dos pacientes, levando a intervenções mais eficazes e menos traumáticas.

O objetivo deste trabalho que teve como intuito avaliar o uso da impressão 3D como inovação nas cirurgias ortopédicas veterinárias, foi amplamente alcançado, mostrando-se efetivo e pertinente. No entanto, foram identificadas algumas limitações nos artigos apresentados, tais como o custo elevado dos materiais e a necessidade de capacitação técnica específica para operar e aplicar a tecnologia de impressão 3D, fatores que ainda restringem a disseminação dessa prática.

Partindo desse pressuposto, é importante destacar a importância da realização de mais estudos para ampliar o conhecimento e ajudar a superar os obstáculos técnicos e financeiros atualmente presentes sobre a impressão 3D no campo da medicina veterinária, contribuindo, desta forma, para avanços científicos e melhorias significativas na saúde animal, além de proporcionar benefícios para os profissionais e para o desenvolvimento tecnológico na área.

REFERÊNCIAS

ARMOND, C. C. *et al.* Accuracy of virtual surgical planning and custom three-dimensionally printed osteotomy and reduction guides for acute uni- and biapical correction of antebrachial deformities in dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Estados Unidos, v.260, n.13, p.1–9, Abril de 2022. Disponível em: <https://avmajournals.avma.org/view/journals/javma/260/13/javma.21.09.0419.xml>. Acesso em 20 de Set. 2024.

ALCÂNTARA, M. B. *et al.* Digitalização e impressão tridimensional como uma ferramenta para estudo anatômico e ortopédico dos ossos da pelve e longos do membro pélvico de cães. **Acta Scientiae Veterinariae**, São Paulo, v.47, n.1653, Abril de 2019. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ActaScientiaeVeterinariae/article/view/91076/52587>. Acesso em 29 de Ago. 2024.

BERTTI, J.V.P. *et al.* Reconstrução e impressão 3D do neurocrânio de cão com o uso de tomografia computadorizada como ferramenta para auxiliar no ensino da anatomia veterinária. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 72, n. 5, p. 1653-1658, Novembro de 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/wpBQnt8PbwMdbkTMdD8RXhm/>. Acesso em 29 de Ago. 2024.

BURN, J. B. *et al.* Use of 3-dimensional printing in surgical exploration of a nasolacrimal duct obstruction in a dog. **The Canadian veterinary journal**, Estados Unidos, v.61, n.2, p.129–134, Fevereiro de 2020. Disponível em: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32020928/#:~:text=Three%2Ddimensional%20\(3%2D,access%20to%20the%20lacrimal%20sac](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32020928/#:~:text=Three%2Ddimensional%20(3%2D,access%20to%20the%20lacrimal%20sac). Acesso em 20 de Set. 2024.

CASARIN, S. T. *et al.* Tipos de revisão de literatura: considerações das editoras do Journal of Nursing and Health. **Journal of Nursing and Health**, Rio Grande do Sul, v.10, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/348054390_Tipos_de_revisao_de_literatura_consideracoes_das_editoras_do_Journal_of_Nursing_and_Health_Types_of_literature_review_considerations_of_the_editors_of_the_Journal_of_Nursing_and_Health. Acesso em 20 de Set. 2024.

DIEGO, S. P. R. *et al.* Confeções de biomodelos 3D baseados em tomografia computadorizada para planejamento cirúrgico na medicina veterinária. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, Ceará, v. 5, n. 3, p. 63–70, 2024. Disponível em: <https://editoraintegrar.com.br/publish/index.php/remis/article/view/4385>. Acesso em 20 de Set. 2024.

FOSSUM, T.. **Cirurgia de pequenos animais**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

JANSSEN, N. J. *et al.* Long-term outcome of permanent tracheostomy management in two brachycephalic dogs using a commercial and a three-dimensional-printed silicone stent.

Veterinary Surgery, Vienna, v. 53, n. 4, p. 761-768, Março de 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/vsu.14085>. Acesso em 10 de Out. 2024.

KHOSRAVANI, M; REINICKE, T. On the environmental impacts of 3D printing technology. **Applied Materials Today**, v.20, setembro de 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352940720301360?via%3Dihub>. Acesso em 29 de Ago. 2024.

LARGUIER, L. *et al.* Accuracy and precision of measurements performed on three-dimensional printed pelvises when compared to computed tomography measurements. **Journal of veterinary science**. Seul, v.20, n.3, maio de 2019. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6538512/> Acesso em 20 de Set. 2024.

LIMA, L. *et al.* Fotogrametria e prototipagem 3D: Um recurso low-cost para treinamento em ortopedia veterinária. **Ciência Rural**, Cuiabá, v.49, n.12, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/xtn5cHjPYKTqt46dZ4czRbp/abstract/?format=html&lang=pt#> Acesso em 20 de Set. 2024.

LIMA, S. F. L. *et al.* 3D printing as a diagnostic tool for congenital malformation in a brachycephalic dog. **Ciência Rural**, Cuiabá, v. 50, n.8, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/4Dc5tzvRJTHTWtFdTp46z4p>. Acesso em 29 de Ago. 2024.

MATTIOLI, G. *et al.* Use of a customized 3D - Printed external splint for the correction of a severe pectus excavatum in a 3-month-old kitten. **Open Veterinary Journal**, Parma, v.12, n.1, p. 148-155, Fevereiro de 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35342728/>. Acesso em 10 de Out. 2024.

MATURELLO, D. M. *et al.* Accuracy of anatomic 3-dimensionally printed canine humeral models. **Wiley Online Library: Veterinary Surgery**. Estados Unidos, v. 52, n.1 p. 116-126, Setembro de 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/vsu.13899>. Acesso em 29 de Ago. 2024.

MENDONÇA, C. G. A. *et al.* Endo-exoprótese bilateral fixa em fêmur de felino – Relato de caso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Brasil, v.75, n.1, p.107-112, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/4M45YBZM3xQQnBNHkYK4p9B/?lang=en>. Acesso em 20 de Set. 2024.

MIRSKY, N. A. *et al.* Three-Dimensional Bioprinting: A Comprehensive Review for Applications in Tissue Engineering and Regenerative Medicine. **Bioengineering**, Miami, v.11, n.8. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2306-5354/11/8/777>. Acesso em 10 de Out. 2024.

OLIVEIRA, G; FARIA, V. Transplante cardíaco em pequenos animais: as expectativas do avanço da impressão de coração 3D para Medicina Veterinária. **Pubvet**, Goiás, v.13, n.06, 2019. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/866>. Acesso em 20 de Set. 2024.

PARK, S. Y. *et al.* Custom-made artificial eyes using 3D printing for dogs: A preliminary study. **PloS one**, Coreia do Sul, v.15, n.11, Novembro de 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33216792/>. Acesso em 20 de Set. 2024.

SANTOS, R. A . C. *et al.* Utilização da manufatura aditiva (Impressão em 3D) no tratamento de osteossarcoma vertebral em cão submetido a vertebrectomia lombar: Relato de caso. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 29, p. 1–6, 2022. Disponível em: <https://rvz.emnuvens.com.br/rvz/article/view/890>. Acesso em 20 de Set. 2024.

SANTOS, M. A. R. Desenvolvimento de uma prótese discal para animais domésticos. Repositório Institucional da Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/f55ade15-ee6f-4070-a38e-8e87776ae63c>. Acesso em 10 de Out. 2024.

SEON, Y. *et al.* Atlantoaxial joint stabilization using patient-specific 3-D-printed drill guides and 3-D-printed titanium plates or polymethyl methacrylate is effective in toy-breed dogs. **American journal of veterinary research**, Coreia do Sul, v. 85, n. 7, Abril de 2024. Disponível em: <https://avmajournals.avma.org/view/journals/ajvr/85/7/ajvr.24.02.0023.xml>. Acesso em 20 de Set. 2024.

SHAH RUBUDIN, N. *et al.* An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. **Procedia Manufacturing**, Johor, v. 35, p. 1286-1296, Março de 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919308169>. Acesso em 29 de Ago. 2024.

SHINN, R. *et al.* Feasibility and accuracy of 3D printed patient-specific skull contoured brain biopsy guides. **Veterinary surgery**, Virginia, v.50, n.5, p. 933-943, Maio de 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33969898/>. Acesso em 10 de Out. 2024.

SILVA, A. L. E. *et al.* Impressão 3D: Análise de evolução e seus impactos no mundo científico. **Revista FSA**. Santa Cruz do Sul, v. 18, n. 11, P. 124-144, novembro de 2021. Disponível em: <http://www4.unifsa.com.br/revista/index.php/fsa/article/view/2397/491493062>. Acesso em 29 de Ago. 2024.

TUSSI, L. Desenvolvimento de uma cadeira de rodas adaptável para cães por meio da impressão 3D. **Biblioteca Digital do Instituto Politécnico de Bragança**, Bragança, 2024. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/29865>. Acesso em 29 de Ago. 2024.