

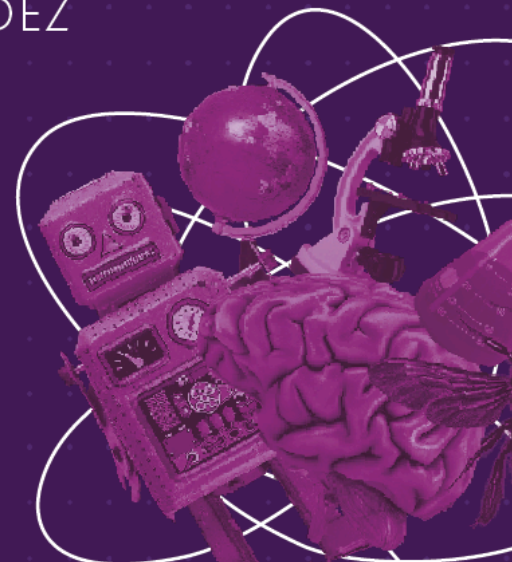
PROTOTIPAGEM RÁPIDA DE CADEIRA DE RODAS VETERINÁRIA

Professora orientadora: Fabiana Sperb Volkweis

Alunas: Beatriz Laís de Sousa Miranda e Sarah
Mazetti Aquino

PROGRAMA DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIC/CEUB

RELATÓRIOS DE PESQUISA
VOLUME 10 Nº 1- JAN/DEZ
2024



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**BEATRIZ LAÍS DE SOUSA MIRANDA
SARAH MAZETTI AQUINO**

PROTOTIPAGEM RÁPIDA DE CADEIRA DE RODAS VETERINÁRIA

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pesquisa e Extensão.
Orientação: Fabiana Sperb Volkweis

**BRASÍLIA
2025**

DEDICATÓRIA

Dedicamos aos nossos professores, colegas e amigos que nos acompanham todos os dias na nossa trajetória acadêmica. À nossa orientadora Fabiana Sperb Volkweis, que aceitou fazer parte deste projeto conosco e nos orientou com paciência e sabedoria. De forma especial, estendemos nossa gratidão ao Bili, que colaborou com paciência e dedicação na realização desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos imensamente a todos que acompanharam nossa trajetória neste trabalho e contribuíram para a formação desse projeto de pesquisa.

Agradecemos em especial aos nossos orientadores, Bruno Alvarenga e Fabiana Sperb Volkweis, por nos dar a maior assistência possível com muita paciência e profissionalismo na aprendizagem e nunca nos deixar faltar nada no nosso projeto.

Agradecemos a parceria diária à equipe de Engenharia do CEUB; em especial ao professor Hudson Capanema Zaidan e aos alunos Artur Dornfeld de Almeida dos Reis e Bruna Martins Moura, esse projeto não seria possível sem a ajuda e persistência de vocês.

Agradecemos à nossa instituição de ensino, que nos abriu portas, proporcionou um aprendizado mais amplo e nos oferece a possibilidade de alcançar nossos objetivos, sempre nos apoiando e orientando em nosso futuro acadêmico.

Agradecemos ao Bili, nosso modelo desse projeto, que foi sempre muito dócil e carinhoso com todos os membros da equipe, nos retribuindo com muitas lambidas.

Agradecemos também aos seus donos, Bruna Rayane Barbosa de Melo e Matheus Alvarenga Neves, que sempre foram imensamente solícitos e nos apoiaram no projeto.

À Assessoria de Pesquisa e Extensão do CEUB, por todo apoio, suporte e orientação desde o início, por acreditarem e investirem em nosso trabalho.

Aos nossos familiares que sempre serão nossa casa e descanso dos dias difíceis, que nos apoiam em nossa carreira e nossa jornada acadêmica.

E por fim, um agradecimento especial a nós mesmas e pela amizade construída em prol do projeto, pela nossa constante dedicação e apoio mútuo, que nos possibilitou continuar apesar das dificuldades e finalizar juntas.

RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento, por meio de prototipagem rápida, de uma cadeira de rodas personalizada para um cão com ausência dos membros torácicos, condição que compromete severamente sua locomoção e qualidade de vida. O estudo foi concebido para integrar conhecimentos da medicina veterinária e da engenharia, utilizando a manufatura aditiva como ferramenta para criar uma solução funcional, ergonômica e de baixo custo. A relevância deste projeto se justifica pela expressiva quantidade de cães paraplégicos ou com déficit motor dos membros torácicos, que podem se beneficiar de cadeiras de rodas produzidas com impressão 3D, aumentando a mobilidade e permitindo a realização de atividades cotidianas com maior autonomia. Trata-se de uma tecnologia promissora, capaz de revolucionar o mercado desses dispositivos, tradicionalmente fabricados por métodos convencionais de alto custo, o que dificulta o acesso por grande parte da população. As etapas metodológicas deste trabalho incluíram a mensuração detalhada do paciente, a modelagem tridimensional assistida por computador (CAD), a seleção de materiais adequados às necessidades estruturais; Ácido Polilático (PLA) para componentes rígidos e Poliuretano Termoplástico (TPU) para partes flexíveis, a simulação virtual, a impressão das peças e o acabamento final. Durante o processo, buscou-se garantir a adaptação anatômica, a estabilidade do equipamento e a distribuição equilibrada do peso corporal, prevenindo lesões e promovendo postura adequada. Os resultados demonstraram que o protótipo apresentou resistência mecânica satisfatória, dimensões proporcionais e conforto para o paciente, possibilitando deslocamento estável e redução do esforço físico durante a movimentação. Além disso, o uso da impressão 3D permite ajustes precisos, maior agilidade de produção e redução significativa de custos em comparação a métodos tradicionais, tornando essa solução mais acessível à comunidade, ao mesmo tempo que incentiva sua aplicação da manufatura aditiva na medicina veterinária. Assim, este estudo evidencia o potencial da impressão 3D como ferramenta para a reabilitação animal, reforçando a importância da abordagem interdisciplinar no desenvolvimento de dispositivos assistivos personalizados. A experiência obtida contribui não apenas para a melhoria da qualidade de vida de cães com deficiência locomotora, mas também para o avanço de soluções inovadoras e acessíveis na prática veterinária, beneficiando tutores, pacientes, profissionais e a comunidade acadêmica.

Palavras-chave: Impressão 3D; manufatura aditiva; tecnologia promissora; exoprótese veterinária.

SUMÁRIO

1 Introdução	6
2 Fundamentação teórica	8
3 Método	13
4 Resultados e discussão	18
5 Considerações finais	26
REFERÊNCIAS	27
APÊNDICE A- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	31
APÊNDICE B- Formulário de Avaliação de Aceitação do Protótipo pelo Animal	35

1 Introdução

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva ou prototipagem rápida, é uma tecnologia com etapas de modelagem que incluem a transformação de representações digitais em objetos físicos. Para isso, utiliza-se de softwares de gráficos 3D como CAD (*Computer-Aided Design*), responsável pela criação de modelos tridimensionais com alta resolução (HURÍ, 2021; ŠPROCH, 2020). Essa técnica se iniciou na década de 80, quando Chuck Hull, motivado à revolucionar a área automobilística, inventou a estereolitografia (SLA), que solidifica resinas com feixes de luz ultravioleta. Com sua evolução alcançou diversas áreas, como a medicina veterinária na qual permite o aperfeiçoamento estudantil e profissional, o aprendizado de novas técnicas cirúrgicas e na reabilitação de pacientes ortopédicos (VIDAL, 2022).

Na área ortopédica, a escolha do material utilizado na fabricação de próteses, órteses e cadeiras de rodas, leva em consideração a flexibilidade e resistência necessárias, além do tempo estimado para a produção (TUSSI, 2022). Entre os materiais mais utilizados destacam-se o PLA (Ácido Polilático) e o TPU (Poliuretano Termoplástico). O PLA é um termoplástico biodegradável, produzido a partir de recursos renováveis, como amido de milho ou cana-de-açúcar, ou ainda por processos de síntese química. Além disso, possui boas propriedades mecânicas e resistência à água, embora seja mais rígido e frágil (LORO, 2023). Já o TPU é amplamente empregado como biomaterial, devido à sua flexibilidade, que oferece um excelente desempenho em impressoras 3D (RODRIGUES, 2022).

Esse tipo de solução, no mercado atual, é limitado pela disponibilidade de modelos adaptáveis e pelo alto custo, o que inviabiliza seu acesso para tutores e instituições de resgate animal. Nesse sentido, a integração entre medicina veterinária e engenharia se mostra relevante por possibilitar projetos colaborativos que unem conhecimentos técnicos de diferentes áreas, visando ao bem-estar animal e à difusão de tecnologias acessíveis (VIDAL, 2022).

Os principais autores que contribuem para o avanço do conhecimento na interseção entre tecnologia, manufatura aditiva e medicina veterinária incluem Aguiar

e Alves (2021), que destacam o crescimento do setor pet e sua relação com novas práticas para o bem-estar animal. Araújo et al. (2024), que discutem os impactos da antropomorfização nos cuidados com os pets e Maran e Piazzolo (2025), que exploram aplicações da impressão 3D na área veterinária, especialmente em cirurgias e tratamentos ortopédicos. Também se destacam Paniago (2022), pelo registro histórico da estereolitografia por Chuck Hull, e Rodrigues (2022) e Spohr (2021), que abordam propriedades e aplicações de materiais como PLA e TPU, essenciais para o desenvolvimento de dispositivos prototipados, como exopróteses para animais.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver um modelo de cadeira de rodas específico para um cão com ausência de membros torácicos, que foi confeccionada por prototipagem rápida, servindo de apoio físico e motor, proporcionando uma melhor qualidade de vida no cotidiano do usuário. Conforme apresentado, visto a integração conjunta entre áreas distintas em prol do bem-estar animal, esta pesquisa também destaca os benefícios da multidisciplinaridade entre a medicina veterinária e a engenharia na integração de conhecimentos específicos. Ademais, a presente pesquisa contribuiu nos estudos relacionados ao uso da prototipagem rápida em comparação às opções distintas do mercado, visando mostrar à sociedade leiga e acadêmica esta alternativa e seus benefícios, principalmente a praticidade em investir numa tecnologia capaz de se adequar às necessidades do animal.

2 Fundamentação teórica

O número de donos de animais de estimação que se identificam como “pais de pet” vem crescendo, o que impulsiona a demanda por novas práticas e tecnologias para melhorar a qualidade de vida dos animais (AGUIAR; ALVES, 2021). No Brasil, totaliza em torno de 58 milhões de cães domésticos. Com isso, a antropomorfização desses animais se torna cada vez mais evidente e a prática tem seus malefícios impactando diretamente no bem-estar dos animais ao terem suas necessidades básicas negligenciadas (ARAÚJO et al., 2024).

O aumento do número de tutores de animais de estimação tem impulsionado a demanda por novas práticas e tecnologias voltadas à melhoria da qualidade de vida dos pets (AGUIAR; ALVES, 2021). Esse crescimento reflete diretamente no avanço do setor pet, que movimenta cifras expressivas. Segundo a Abinpet e o Instituto Pet Brasil (2024), o faturamento do setor deve superar R\$77 bilhões em 2024, apesar dos desafios tributários enfrentados. Em nível global, o mercado pet apresentou um crescimento de 7,4% em 2023 em relação a 2022, alcançando US\$180,8 bilhões. Nesse cenário, o Brasil se destaca ocupando o terceiro lugar em faturamento, sendo responsável por 5,54% desse montante.

Dentre estas tecnologias está a manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, iniciada por Chuck Hull na década de 80, a qual tem se mostrado bastante útil para a medicina veterinária. Hull, fundador da *3D Systems* e considerado o “pai” das impressoras 3D, registrou sua primeira patente em 1984, com um aparelho de estereolitografia (SLA) que utilizava luz ultravioleta para curar o polímero de resina utilizado na criação de protótipos tridimensionais. Um dos principais desafios enfrentados por Hull foi a necessidade de conversão dos arquivos dos programas de design assistido por computador (CAD) para um formato compreensível pelas impressoras 3D, o que levou à criação do formato STL (*Stereolithography*), ainda amplamente utilizado (PANIAGO, 2022).

Diversas áreas da saúde, incluindo a medicina veterinária, têm se beneficiado do avanço tecnológico. Entre as inovações, aplicações em áreas como centros

cirúrgicos, reduzindo tempo dos procedimentos assim como fatores de complicações, bioimpressão regenerativa e tratamentos ortopédicos, com a fabricação de implantes personalizados, sendo utilizada na cirurgia com aplicação do tipo endopróteses e na clínica ortopédica, fazendo uso do tipo exoprótese, como a cadeira de rodas. Essa técnica utiliza modelos tridimensionais criados por softwares de CAD e se mostra eficiente por ser automatizada e versátil quanto aos materiais e formas (MARAN; PIAZZOLO, 2025).

Além disso, a manufatura aditiva tem como vantagens, a otimização do tempo, utilização de materiais acessíveis, capacidade de produzir mais, gerar menos impactos ambientais, com baixo custo, e maior viabilidade aos donos de animais domésticos. Porém a limitação de profissionais qualificados e locais de impressão dificultam a expansão da tecnologia na medicina veterinária (VIDAL, 2022; MARTINS, 2022).

A exoprótese desempenha extrema importância para os animais com deficiência motora. Estes possuem predisposição a complicações, sejam elas de natureza psicológica ou traumática, podendo levar a casos de depressão, agressividade e dependência de seus proprietários. Seu uso tende a auxiliar ao animal a ter mais independência e confiança, com a finalidade de proporcionar maior liberdade e disposição (SCHRER et al., 2021).

Animais que apresentam ausência de algum membro sofrem alterações significativas na forma como distribuem forças durante o movimento e a postura. É possível observar mudanças nas forças verticais, de frenagem e de propulsão, além de um aumento da carga nos membros remanescentes, que passam à demandar mais de força para superar a pressão exercida. Essa sobrecarga pode levar à fadiga muscular e potencialmente predispor o animal a lesões decorrentes do uso excessivo das estruturas que sustentam o peso corporal (RODRIGUEZ et al., 2024).

Entendem-se como lesões mecânicas os danos resultantes do contato direto com determinada região da estrutura anatômica, os quais podem comprometer diretamente a homeostase e/ou a função corporal. Animais lesionados podem ser afetados de diversas maneiras, como pela redução da aptidão física e pelo comprometimento funcional. Além disso, as lesões podem provocar alterações

comportamentais, modificando a forma como o indivíduo interage com o ambiente ou com outros animais, como uma estratégia de autopreservação, a fim de evitar o agravamento de seu estado (RENNOLDS; BELY, 2022).

Ademais, a postura e a mobilidade desses animais mudam, especialmente em cães que apresentam cotos residuais, que instintivamente tentam utilizá-los para manter o equilíbrio e até na forma do animal se dispor em apoio. Dessa forma, destaca-se a necessidade de medidas preventivas, como a reabilitação e fisioterapia, sendo formas eficazes e estratégias mais seguras que promovem a qualidade de vida desses animais (RODRIGUEZ et al., 2024).

Um equipamento bem projetado consegue aumentar as chances de conforto e atender adequadamente às necessidades de locomoção, se movendo de um local ao outro com eficiência, sem a presença de incômodo e dores (NETO, 2023). Para identificação de dor ou desconforto no animal, durante o uso da cadeira de rodas, é importante observar seus aspectos comportamentais e físicos. Animais com dor podem apresentar comportamentos defensivos, apresentando incidentes de mordidas e latidos. Assim como, relutância ao movimento, paradas frequentes para descanso, postura corporal tensa e dificuldade para se posicionar na cadeira podem indicar dor. Além disso, manifestações como lambedura excessiva, gemidos, apatia, recusa ao exercício e menor interação social também são indicativos importantes (MILLS, 2025).

Na elaboração de um dispositivo prototipado seguro e viável, é necessário a escolha de insumos adequados. Para tal, os materiais mais utilizados são: o PLA (ácido polilático); um material de vários benefícios, como a biocompatibilidade, boa resistência mecânica, a facilidade de processamento e uma melhor qualidade de impressão devido à redução do encolhimento; e o TPU, amplamente utilizados como biomateriais devido à sua e apresentam excelente performance em impressoras 3D (VIDAL, 2022; SPOHR, 2021; RODRIGUES, 2022).

A utilização de um material flexível é aproveitada de forma limitada devido a baixa resistência ao impacto e pelo custo elevado em comparação com o polietileno e o polipropileno, outras desvantagens incluem a baixa tenacidade, a baixa taxa de degradação, a hidrofobicidade e a sua inércia química (RECH et al., 2021).

O Poliuretano Termoplástico (TPU) apresenta uma faixa de fusão em torno de 78 °C, com alguns eventos endotérmicos ocorrendo entre 160 °C e 230 °C devido à presença de estruturas poliméricas complexas. Esse material possui uma cadeia constituída por dois segmentos: o *Hard Segment* (HS), composto por diisocianato de hexametileno e 1,4-butanodiol, atuando este último como extensor da cadeia, e o *Soft Segment* (SS), formado por Politetrahidrofurano. Além disso, os TPUs são amplamente utilizados como biomateriais devido à sua boa biocompatibilidade e à versatilidade em sua performance mecânica e apresentando excelente desempenho em impressoras 3D (RODRIGUES, 2022).

Para a geração de uma cadeira de rodas, a manufatura passa por vários processos, que se iniciam com a modelagem do local do receptor que receberá a exoprótese e da cadeira, por meio de softwares como o TinkerCAD®. Posterior modelo passar por uma simulação computacional de resistência com o filamento que se deseja utilizar na impressão. Sua imagem é, então, convertida em várias camadas de seções transversais 2D, pré-definidas para permitir sua impressão (MEMARIAN, 2022).

Ainda para a geração do produto, o paciente precisa passar por um escaneamento para que as medições fiquem precisas e o produto seja próprio para ele. Com a ajuda do aplicativo 3d Scanner App, um recurso tecnológico que agrega no processo de retirada de medidas anatômicas do animal para posterior modelagem do protótipo. A captura de imagem por uma câmera estéreo com percepção tridimensional permite formar um modelo tridimensional com base nos resultados da captura da percepção da câmera estéreo, ou chamada de escaneamento 3D (LUKITA et al., 2023).

Por conseguinte, a cadeira poderá ser impressa. Segundo Sethi (2015), a impressora 3D “Sethi3D”, desenvolvida e fabricada pela própria empresa, é um equipamento de alta qualidade, confeccionado em acrílico resistente, projetado para oferecer praticidade e eficiência. O modelo possui uma ampla área de impressão de 220mm x 210mm x 200mm, permitindo a criação de projetos sem limitações. Além disso, conta com extrusor em acrílico com bico de aço inoxidável, garantindo maior durabilidade e alto desempenho na impressão.

De acordo com Branco e Yoshikawa (2015), suas principais características técnicas incluem alimentação bivolt, mesa aquecida e estrutura com dimensões aproximadas de 40cm x 35cm x 40cm. O equipamento possui peso de aproximadamente 12 kg, conexão USB para comunicação com o computador ou passagem de código G através de cartão SD, além de ser compatível tanto com ABS quanto com PLA.

Já a impressora 3D Bambu Lab X1-Carbon de tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*) é reconhecida por sua alta precisão e desempenho. Possui extrusora que atinge até 300 °C, mesa aquecida de até 120 °C e câmara de impressão com temperatura controlada de até 60 °C, além de velocidade máxima de 500 mm/s, taxa de fluxo de 32 mm³/s, aceleração do cabeçote de 20 m/s² e volume útil de 256 × 256 × 256 mm. Conta com sistemas de nivelamento automático em duas modalidades e monitoramento por Micro LIDAR, que aumentam a precisão e a confiabilidade, especialmente no uso de filamentos avançados como o TPU (flex) (SALISBURY, 2024). Na versão Combo (Bambu Lab, Austin, TX), o equipamento permite impressão multicolorida, além das opções monocromática ou segmentada por peças, recurso que contribui para a otimização do tempo e qualidade do processo (BOGDANOV; MILEVA; FERDINANDOV, 2024).

3 Método

Este projeto foi submetido à Comissão de Ética no uso de Animais do CEUB (CEUA/CEUB), o qual foi autorizado para a fase de testes in vivo da cadeira de rodas que foi prototipada, com o número de aprovação nº 007/2025.

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter experimental, voltada ao desenvolvimento e avaliação de um dispositivo assistivo personalizado. A pesquisa foi realizada na faculdade Centro de Ensino Unificado de Brasília (CEUB) especificamente na área da Clínica Escola de Medicina Veterinária e no HUB da engenharia, considerando suas características estruturais e funcionais. O objeto de estudo consistiu em projetar uma cadeira de rodas por prototipagem rápida, delimitado a cão com ausência de membros torácicos. A seleção do animal ocorreu conforme a sua deficiência locomotora, sendo excluídos os animais com os membros pélvicos e os torácicos em condições normais de mobilidade.

Para a coleta e geração de dados, inicialmente foi feita pela observação direta, para se avaliar a atividade do animal, como seu comportamento e adaptação com a cadeira. Em seguida, a documentação das etapas do processo por meio de registros fotográficos e vídeos, como forma de registrar o desempenho do animal e para análises futuras. Foi feita uma ficha de análise, presente no apêndice B, para teste da cadeira de rodas, no qual se analisou a compatibilidade do produto com o animal, sua eficiência e conforto para uso e ajustes a serem feitos para melhor desempenho. O tempo demandado para a compra dos materiais, modelagem, impressões e testes com o animal, foi de aproximadamente 500 horas ao todo.

A obtenção de medidas para a elaboração da cadeira de rodas foi realizada por meio de métodos de contenção física não invasivos, assegurando tanto a segurança do animal quanto da equipe envolvida, visando minimizar qualquer estresse decorrente da manipulação. O animal foi contido por meio da contenção manual, garantindo o correto posicionamento dos membros e do tronco durante as medições e os

procedimentos de escaneamento, fundamentais para a coleta de informações anatômicas precisas e, conseqüentemente, para a personalização do dispositivo.

No processo de escaneamento do indivíduo, utilizou-se uma ferramenta específica, o aplicativo 3D Scanner App, que conta com uma câmera estéreo equivalente a um sensor. De acordo com Lukita et al. (2023), ele permite que a câmera capture a partir de diferentes pontos de vista, possibilitando a percepção de profundidade e criando uma percepção tridimensional.

Na Figura 1, é possível observar as etapas realizadas durante o processo de escaneamento do animal, que foi essencial para a obtenção das medidas anatômicas necessárias para o desenvolvimento da cadeira de rodas personalizada. A imagem (a) apresenta o animal posicionado, demonstrando seu porte físico e as características corporais que seriam capturadas. Na imagem (b), observa-se a preparação do animal, que consistiu na utilização de bandagens e esparadrapos, com o objetivo de alinhar e imobilizar temporariamente os membros, garantindo que o escaneamento capturasse um modelo tridimensional mais preciso e fiel à postura natural do paciente.

Na sequência, a imagem (c) mostra a etapa de escaneamento utilizando uma folha branca como plano de fundo. Este recurso foi empregado para melhorar o contraste e facilitar a leitura dos contornos anatômicos pelo software, minimizando falhas na captação dos dados. Por fim, na imagem (d), observa-se a etapa final do escaneamento, na qual foram realizados ajustes no posicionamento e na captura de ângulos adicionais, assegurando que todas as proporções e características morfológicas fossem devidamente registradas.

Esse procedimento permitiu gerar um modelo tridimensional preciso, que serviu de base para a modelagem e fabricação da cadeira de rodas, garantindo que o dispositivo se adequasse de forma confortável e funcional às necessidades do animal.

Figura 1 – Processo de escaneamento do animal para obtenção das medidas anatômicas. (a) Animal posicionado para início do procedimento; (b) Preparação do animal com bandagem e esparadrapo para imobilização dos membros e alinhamento corporal; (c) Processo de escaneamento utilizando folha branca como fundo para melhorar a captação do modelo tridimensional; (d) Finalização do escaneamento com ajustes de posicionamento e captura dos ângulos restantes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Antes da impressão e buscando testar a aptidão do animal para com a cadeira de rodas, utilizamos um modelo pré-estabelecido e não programado como protótipo inicial mostrado na Figura 2. Durante a experimentação feita com o modelo provisório, o animal empenhou-se em realizar um breve percurso até seu tutor, enquanto utilizava a cadeira de rodas e com o apoio de uma médica veterinária. Em conjunto com a equipe de engenharia, houve uma análise de pontos a serem aprimorados e alterações que deveriam ser feitas no modelo para melhor adequação às necessidades do animal, como o apoio para o tronco, considerando o posicionamento anatômico e a necessidade de facilitar os movimentos.

Figura 2 - Experimentação do modelo pré-estabelecido. (a) Modelo pré-estabelecido e não programado; (B) Médica veterinária dando assistência durante o uso da cadeira de rodas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a etapa de escaneamento e coleta das medições do animal, deu-se início ao processo de modelagem 3D da cadeira de rodas. A modelagem 3D consiste na criação de representações digitais tridimensionais de um objeto, no projeto, foi utilizado o software *Tinkercad*, operado pelos engenheiros do projeto, com isso a peça apresenta um acabamento uniforme e bem definido, o que resultou em um processo de impressão 3D cuidadosamente planejado possibilitando definir sua forma, dimensões e detalhes antes da fabricação. Com o modelo digital finalizado, deu-se início ao processo de impressão 3D.

Figura 3 - Experimentação do modelo pré-estabelecido.

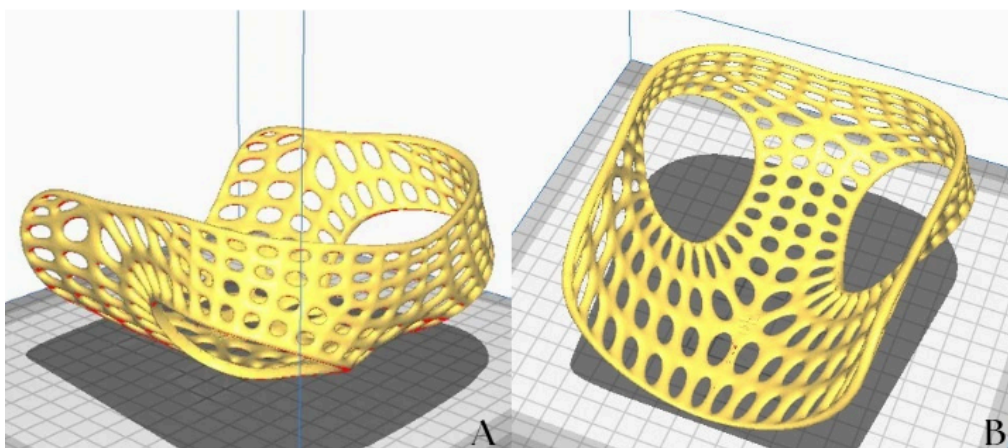


Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram realizadas impressões preliminares para testes de encaixe, ajustes estruturais e avaliação da ergonomia do dispositivo. O processo foi conduzido de forma precisa, com o apoio da equipe de engenharia, permitindo aprimorar o design e assegurar que a cadeira apresentasse resistência, funcionalidade e conforto. A peça de apoio do corpo foi substituída por outra que melhor atendesse as necessidades do produto.

O resultado foi um peitoral com formato anatômico e adaptado ao animal, integrando-se de maneira eficiente à estrutura da cadeira. Além disso, para auxiliar na elaboração dele, foi utilizado um molde de gesso do tórax, feito e utilizado anteriormente pelos seus donos para outros propósitos. A modelagem do colete foi projetado com medidas de 150 mm de largura, 150 mm de profundidade e 80 mm de altura, garantindo proporções adequadas para cumprir sua função com eficiência (Figura 4). O uso dessas dimensões possibilita um encaixe seguro e estável, facilitando sua integração ao restante da estrutura. Além disso, o formato adotado favorece a distribuição equilibrada da pressão durante o uso, reduzindo pontos de tensão concentrados e contribuindo para o bom desempenho do conjunto.

Figura 4 – Peitoral confeccionado em TPU com dimensões de 150×150×80 mm. (a) Vista lateral do molde do colete no software; (b) Vista dorsal do colete no software.

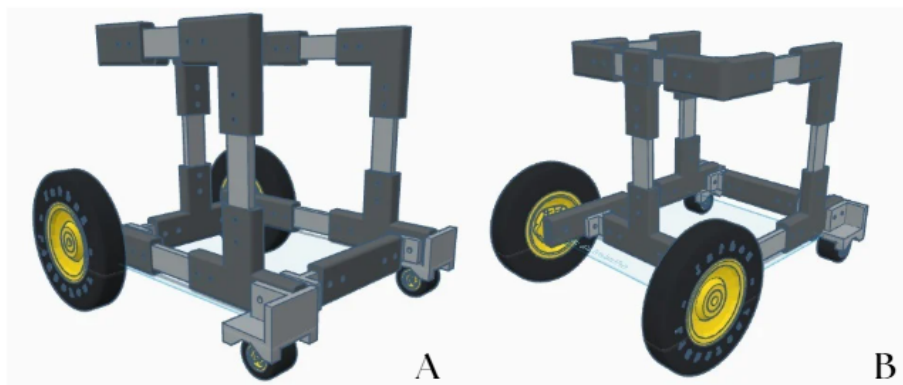


Fonte: Elaborado pelo autor.

Como mostrado na Figura 5, as estruturas da cadeira de rodas apresentadas foram confeccionadas em PLA (ácido polilático) por meio de impressão 3D, garantindo um acabamento resistente e adequado para o protótipo. O modelo conta com quatro

rodas, sendo duas rodinhas maciças aro 6 e duas rodas de silicone gel com 100 mm de diâmetro, proporcionando estabilidade e mobilidade durante o uso.

Figura 5 – Cadeira de rodas usando PLA. (a) Vista posterior da estrutura; (b) Vista frontal da estrutura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 Resultados e discussão

O primeiro teste com a cadeira de rodas teve duração aproximada de 1 hora, o qual foi realizado sob a supervisão técnica de uma médica veterinária experiente e com a colaboração direta de engenheiros e estudantes envolvidos na prototipagem e fabricação dos dispositivos. Além disso, as duas autoras do projeto científico participaram ativamente do processo, garantindo a integração entre os aspectos técnicos e clínicos do estudo. De acordo com o estudo de Sanchez et al. (2024), a utilização de modelos tridimensionais impressos evidencia a relevância da relação médico-paciente, ao favorecer uma comunicação mais clara e acessível sobre a condição clínica. O trabalho ressalta a importância da capacitação dos estudantes durante o processo, destacando que o acompanhamento de um orientador experiente é fundamental para garantir a correta interpretação dos casos e o aproveitamento pedagógico da tecnologia.

A colocação do animal no equipamento não apresentou grandes dificuldades; entretanto, foi observado que o fecho utilizado estava inadequado para o uso, abrindo-se com facilidade. Anteriormente, utilizava-se um velcro antigo, desgastado e curto, que se soltava com frequência da cadeira, sem conseguir segurá-lo adequadamente. Essa falha compromete a estabilidade do paciente, sendo recomendada a substituição por um modelo mais seguro, que proporcione maior conforto, ajuste e eficiência durante a locomoção.

Durante a avaliação, o cão demonstrou boa disposição para a atividade, apresentando locomoção independente e mantendo equilíbrio satisfatório. Mostrou interesse em explorar o ambiente e respondeu de forma positiva à experiência, conseguindo mudar de direção, ainda que com certa dificuldade. Apesar do problema com o fecho, não foram observados sinais de dor e o animal não precisou de estímulos adicionais, como petiscos ou brinquedos, para realizar os movimentos, porém foi notado um leve desconforto.

No entanto, a inadequação do fecho compromete a manutenção de uma posição corporal adequada na cadeira, o que limita a possibilidade de uso prolongado

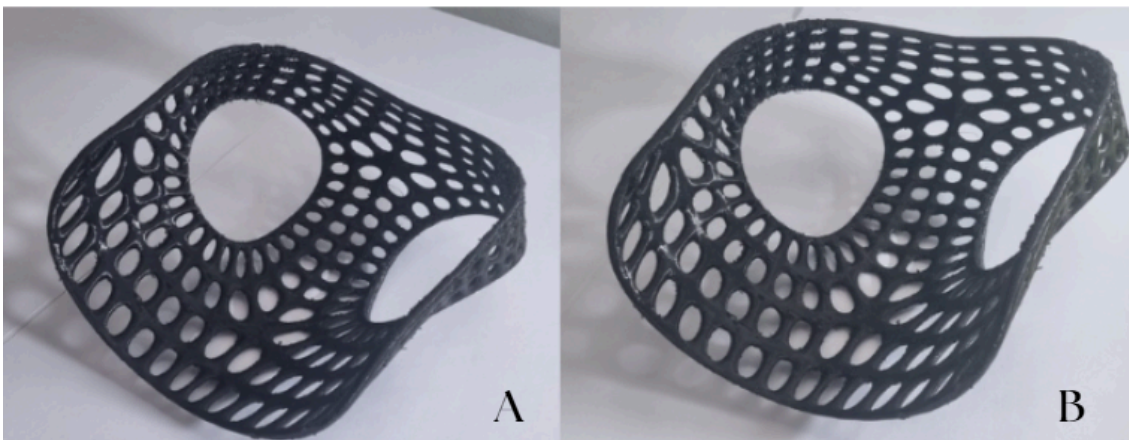
do equipamento. Observou-se também a necessidade de adaptações para garantir maior segurança e conforto, incluindo o uso de um colete e de um peitoral devidamente ajustados. Essas melhorias são fundamentais para prevenir possíveis lesões, proporcionar estabilidade postural e favorecer uma experiência mais positiva e duradoura para o animal durante o uso da cadeira de rodas. Segundo Amorim (2023), ao utilizar cadeiras de rodas em cães, é essencial supervisionar o animal, iniciar o uso gradualmente, monitorar pontos de pressão ou lesões, fixar patas sem mobilidade para evitar contato com o chão e garantir que o equipamento não impeça suas necessidades fisiológicas. Além disso, cães com paresia ou paraplegia se beneficiam de repouso, medicamentos, fisioterapia e acupuntura, tratamentos eficazes para esses casos. Embora o cão do presente estudo tenha reagido de forma favorável ao teste e mostrado capacidade de adaptação, ajustes estruturais na cadeira foram indispensáveis para assegurar seu uso contínuo e eficiente, garantindo o bem-estar e a qualidade de vida do paciente. Com isso, a remodelação da cadeira foi necessária para consertar esses erros datados, foi feita uma nova modelagem, com resultados satisfatórios para melhorar os pontos falhos da cadeira original.

A postura em cães, distinta da conformação anatômica, reflete a interação dinâmica entre sistemas neuromuscular e musculoesquelético, influenciada por dor, fraqueza, estratégias de equilíbrio e adaptações funcionais. Segundo Michael, McGowan e Hyytiäinen (2024), a manutenção de um alinhamento postural correto permite a distribuição equilibrada das forças corporais e reduz o gasto energético, prevenindo sobrecargas musculares e articulares. Quando a postura é alterada, seja por dor, fraqueza ou inadequação do equipamento, há risco de compensações que podem perpetuar desequilíbrios musculares e predispor a problemas crônicos. Padrões como flexão acentuada da coluna toracolombar, inclinação pélvica caudal e aproximação dos membros pélvicos podem indicar tentativas de aliviar sobrecarga, estabilizar segmentos dolorosos ou compensar déficits de força. Reconhecer essas alterações é essencial, pois a postura pode tanto sinalizar disfunção como contribuir para sua perpetuação, impactando desempenho, mecânica de movimento e eficácia da reabilitação.

O protótipo modelado pelos engenheiros foi impresso utilizando material TPU com as medições devidas visualizado na Figura 6. Para essa etapa de impressão 3D, cada peça foi avaliada quanto à sua conformidade dimensional, qualidade superficial e capacidade de integração à estrutura final.

Conforme descrito por Sostizzo (2024), o TPU é um material termoplástico de alta elasticidade, resistente à abrasão, a óleos e a baixas temperaturas, amplamente utilizado em aplicações que exigem flexibilidade e durabilidade. Em contrapartida, em seus estudos, o TPU apresentou maior desgaste durante os testes, possivelmente devido ao uso contínuo e às cargas repetitivas. Isso indica que, embora a sua durabilidade em outros estudos seja descrita como curta em aplicações que envolvem movimentos repetitivos e alta solicitação mecânica, no caso da cadeira de rodas, onde o esforço aplicado é moderado, o desgaste tende a ser menor, ainda que o uso diário possa exigir monitoramento periódico para garantir a integridade das peças.

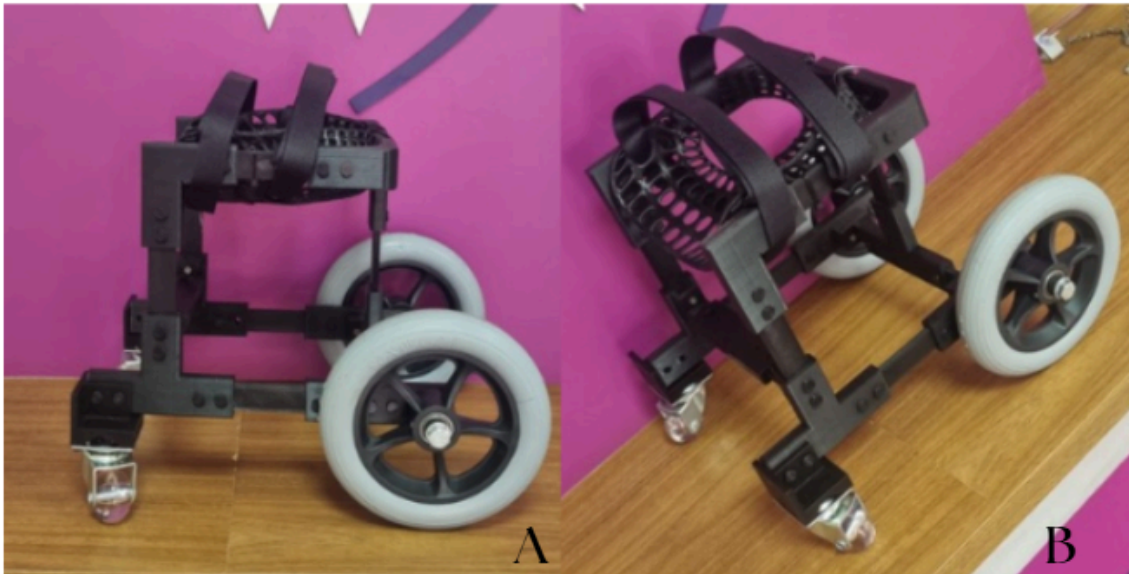
Figura 6 - (A e B) Peitoral personalizado e produzido em material TPU.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A cadeira de rodas apresentada na Figura 7, consiste em uma estrutura compacta e funcional. O assento é feito em material leve e respirável, enquanto a armação resistente garante estabilidade durante o uso. As rodas dianteiras robustas permitem a locomoção eficiente em diferentes superfícies, e as rodas traseiras giratórias facilitam manobras precisas, oferecendo maior controle e adaptabilidade ao animal. Além de que, o velcro foi substituído por um novo, mais eficiente e resistente, garantindo melhor fixação e conforto ao animal com um acabamento mais agradável.

Figura 7 - Protótipo final da cadeira de rodas. (a) Vista lateral do protótipo completo; (b) Vista superior do protótipo completo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o teste final da cadeira de rodas, utilizamos do produto final, sem a necessidade de novas impressões ou até mesmo ajustes na modelagem (Figura 7). A colocação na cadeira ocorreu sem dificuldades, sendo utilizado velcro para a fixação do animal com a cadeirinha. O teste teve como resultado uma boa aceitação por parte do cão, que se adaptou rapidamente ao equipamento e conseguiu se deslocar de forma autônoma durante o percurso de avaliação. Foi necessário utilizar de estímulos, como petiscos, para a locomoção do paciente. O cão apresentou facilidade para mudar de direção, embora tenha ficado preso em cantos estreitos, evidenciando a necessidade de um período de adaptação para lidar com obstáculos. Ao longo do teste, manteve interesse em explorar o ambiente e não apresentou sinais de dor ou desconforto.

De forma geral, apesar de não ter se adaptado completamente à cadeira no curto período de avaliação, o desempenho foi considerado satisfatório, com movimentação funcional e boa receptividade ao uso. Não foram identificados pontos estruturais relevantes para aprimoramento e o comportamento observado sugere que, com treinamento contínuo e fisioterapia, o animal poderá utilizar o equipamento de forma ainda mais eficiente.

Figura 8 - (A e B) Uso Funcional da Cadeira de Rodas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 8 apresenta o paciente utilizando sua cadeira de rodas personalizada, demonstrando conforto e boa adaptação ao equipamento, evidenciando o impacto positivo do projeto na sua qualidade de vida. O estudo de Rodriguez et al. (2024) revelou que cães com amputação de membro torácico mantêm um nível de equilíbrio postural semelhante ao de cães quadrúpedes saudáveis, apesar de alterações significativas na distribuição de forças e pressões durante a locomoção. Embora a redistribuição de peso para o membro remanescente aumente a carga e o risco de lesões por sobrecarga, os cães amputados demonstraram capacidade de adaptação postural eficaz, preservando a estabilidade global. Esses achados sugerem que, apesar das modificações biomecânicas, o equilíbrio postural é mantido, evidenciando a notável capacidade de compensação dos cães após a amputação.

Quando procurado por uma cadeira de rodas com estruturas semelhantes à do projeto apresentado, observou-se a existência de uma maior quantidade de protótipos para animais com ausência ou paraplegia dos membros pélvicos. Em comparação com outras cadeiras de rodas no mercado, a faixa de valores varia de R\$300,00 até R\$1.200,00 ou com valores mais altos.

É importante destacar que o custo total também varia conforme o porte do animal para o qual o produto está sendo desenvolvido. No estudo de Vidal (2022), por exemplo, o paciente pesava 2 kg, e esse fator influenciou diretamente na quantidade de material utilizada e nos demais gastos, resultando em um custo final reduzido, de apenas R\$31,73.

Considerando que Bili é um cão jovem e em fase de crescimento, foi necessário projetar uma cadeira de dimensões maiores, pois no início, com 7 meses, pesava cerca de 4,8 kg e agora, 1 ano de idade, pesando 6,4 kg. Isso resultou em um aumento no tempo de impressão e na quantidade de material utilizado.

Foi adquirido 1 kg de PLA para a confecção, porém essa quantidade não corresponde exatamente ao material efetivamente utilizado, tendo excedido o necessário para a produção das peças. Ressalta-se que o tipo de impressora influencia diretamente tanto no tempo de impressão quanto no consumo de material, já que modelos mais antigos demandam um tempo maior e estão mais suscetíveis a falhas durante o processo. Quando isso ocorre, torna-se necessário reiniciar a peça danificada, resultando em desperdício adicional de material.

Diante do abordado nos estudos de Tussi (2022), para a confecção de uma cadeira de rodas utilizando apenas de 220 g de PLA e outros materiais adjacentes, foi gasto um total de R\$210,70. É importante levar em consideração que não foi cobrado a mão de obra, contando com o trabalho voluntário da equipe na produção das cadeiras de rodas, tanto no trabalho citado quanto neste projeto de pesquisa.

É inegável que a impressão 3D possibilita a produção de dispositivos a custos reduzidos, o que foi um dos principais objetivos desta pesquisa. No entanto, neste caso específico, foi necessária a inclusão de materiais adicionais, como rodas giratórias instaladas na parte traseira da cadeira, para proporcionar ao animal maior autonomia de locomoção. Essa adaptação foi implementada para que o animal pudesse realizar curvas e retornos com maior facilidade, além de melhorar seu direcionamento. A medida foi necessária devido à ausência dos membros torácicos, responsáveis por orientar o movimento, o que gerou um custo adicional ao projeto.

Como destacado por Jackson et al. (2025), “a estrutura serve como base para o protótipo, desempenhando papel crucial em sua funcionalidade e estabilidade”. O sistema de rodas, por exemplo, influencia diretamente o movimento, a velocidade e a manobrabilidade, enquanto o arnês interno e externo garante que o peso do animal seja distribuído de forma equilibrada, permitindo uso confortável por períodos prolongados. Testes individuais dos subsistemas e do protótipo completo demonstraram que um design estrutural adequado é essencial para a segurança e eficiência do dispositivo.

Tabela 1 - Representação dos custos para desenvolvimento da cadeira de rodas

Materiais	Custo
2 unidades de rodas maciças Aro 6	R\$ 49,97
2 unidades de rodas 100mm de silicone gel	R\$ 55,64
PLA	R\$ 99,40
Peitoral	R\$ 240,80
Velcro	R\$ 3,00
Total	R\$ 448,81

Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o processo de confecção, alguns desafios foram identificados. Inicialmente, a impressora disponibilizada pelo CEUB apresentou falhas técnicas, o que demandou a utilização de outros equipamentos para dar continuidade ao trabalho. Para concluir a impressão de todas as peças dentro do prazo, foi necessário terceirizar e encomendar de um outro local, que resultou em um gasto adicional não previsto, de R\$ 240,80.

Esse fator, aliado ao elevado tempo de impressão, resultou em um prolongamento significativo da execução do projeto. Além disso, verificou-se que o material utilizado não era totalmente compatível com determinadas impressoras, ocasionando dificuldades adicionais. Houve também problemas relacionados ao fechamento adequado da cadeira, exigindo ajustes e correções para garantir a funcionalidade e a segurança do dispositivo.

Os problemas apresentados nesta pesquisa ratificam os dados de Pena da Silva et al. (2023), apesar dos benefícios já consolidados da impressão 3D no campo da reabilitação, ainda existem desafios relevantes que limitam sua aplicação plena na prática clínica veterinária. Entre as principais barreiras, destacam-se a necessidade de capacitação de profissionais e a escassez de equipes multidisciplinares para atuar tanto na produção dos dispositivos quanto na reabilitação dos pacientes, condição já evidenciada em estudos na área médica humana. Além disso, questões como a durabilidade dos materiais, a resistência mecânica das peças e a ausência de padronização de terminologias no campo da impressão tridimensional dificultam a consolidação dessa tecnologia em larga escala. Para os autores, outro ponto crítico refere-se à necessidade de acompanhamento técnico especializado, conforme também observado por Sanchez et al. (2024), que reforça a importância de orientadores experientes para assegurar a qualidade do processo e a segurança do paciente. Dessa forma, embora os avanços sejam promissores, é imprescindível o investimento em pesquisas, infraestrutura e capacitação profissional para superar essas limitações e ampliar o uso seguro e eficaz da impressão 3D na medicina veterinária.

5 Considerações finais

O presente estudo teve como motivação o uso da prototipagem rápida na medicina veterinária e o potencial de produzir peças personalizadas a partir da impressão 3D para um cão com ausência dos membros torácicos, visando proporcioná-lo uma melhor qualidade de vida. O projeto abrangeu áreas da medicina veterinária e da engenharia de forma integrada, desde a mensuração da espécie, à modelagem do produto, ao estudo e determinação dos filamentos adequados, à realização de simulações de resistividade, sua impressão e acabamento, sendo finalizado com o teste de aceitação do paciente.

Em resumo, pode-se concluir que a cadeira de rodas confeccionada por impressão 3D se mostrou eficaz para auxiliar na locomoção do animal, reduzindo o risco de lesões e proporcionando maior independência. Essa solução contribui significativamente para a melhoria da qualidade de vida, permitindo que o animal se mova com segurança e conforto, apesar de suas limitações físicas. Além disso, trata-se de uma tecnologia promissora que oferece uma alternativa eficiente, funcional e com valor mais acessível à comunidade, quando comparada aos produtos disponíveis no mercado. A prototipagem rápida apresenta-se como uma solução prática e versátil para o desenvolvimento de exopróteses veterinárias, destacando-se pela capacidade de adaptação às condições específicas de cada animal. Com essa tecnologia, foi possível personalizar o dispositivo, garantindo melhor encaixe, funcionalidade e conforto.

Apesar dos resultados promissores, algumas questões permanecem em aberto e indicam caminhos para investigações futuras. Entre elas, destacam-se a necessidade de avaliações a longo prazo sobre a durabilidade dos materiais empregados, o impacto da cadeira de rodas na saúde musculoesquelética do animal e possíveis adaptações para diferentes tipos de deficiência locomotora. Além disso, recomenda-se explorar o uso de novos materiais e tecnologias de impressão 3D para otimizar ainda mais o conforto e a funcionalidade do dispositivo. Estudos clínicos mais amplos também podem validar e aprimorar o modelo desenvolvido, garantindo sua aplicabilidade em diferentes contextos veterinários.

REFERÊNCIAS

ABINPET; IPB. **Faturamento do setor vai superar R\$ 77 bilhões em 2024, mas não sem desafios tributários.** Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2024. Disponível em: http://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/animais-e-estimacao/2024/41a-ro-05-11-2024/release_3trimestre_abinpet_ipb_2024.pdf. Acesso em: 25 jul. 2025.

AGUIAR, M. S. de; ALVES, C. F. **A família multiespécie: um estudo sobre casais sem filhos e tutores de pets.** Pensando Família, v.25, n. 2, p. 19-30, 2021. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/penf/v25n2/v25n2a03.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.

AMORIM, Jéssica Uchôa de. **COTÊ: Auxiliar de mobilidade e reabilitação para cães e gatos através da Prototipagem Rápida.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Belas Artes, Departamento de Desenho Industrial, Projeto de Produto, Relatório de Projeto de Graduação, 2023. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/21134/1/JUAmorim.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2025.

ARAÚJO, A. C. F. de et al. **Antropomorfismo e seus impactos no bem-estar de cães: Uma revisão sistemática das implicações psicofisiológicas da relação humano-animal.** Research, Society and Development, v. 13, n. 11, e06131147239, 2024. DOI: [10.33448/rsd-v13i11.47239](https://doi.org/10.33448/rsd-v13i11.47239). Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/47239/37341/487868>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BOGDANOV, T. G.; MILEVA, R.; FERDINANDOV, D. **Step-by-Step Implementation of Three-Dimensional Print Technology in Preoperative Neurosurgery Planning.** Cureus, ago. 2024. DOI: 10.7759/cureus.67119. Disponível em: <https://www.cureus.com/articles/285283-step-by-step-implementation-of-three-dimensional-print-technology-in-preoperative-neurosurgery-planning.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2025.

BRANCO, K. de M.; YOSHIKAWA, M. W.. **Desenvolvimento de impressora 3D de coordenadas polares.** 2015. 43 f. Monografia (Bacharel) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Mecatrônica e Sistemas Mecânicos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/59a62313-6c41-46c0-be49-1bdd5253209e/KALENIN%20DE%20MORAES%20BRANCO%20TCCPMR15.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2025.

HURÍ, P. Y.; OTO, Ç. **3D Printing in Veterinary Medicine.** Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, Turkey. v. 69, n. 1, p. 111–117, 2022. DOI: 10.33988/auvfd.871913. Disponível em: <http://vetjournal.ankara.edu.tr/en/download/article-file/1546848>. Acesso em: 28 mar. 2024.

JACKSON, C. et al. **Final Project Report: Specialized Dog Wheelchair**. [S. l.: s. n.], abr. 2025. Disponível em: https://digitalcommons.trinity.edu/engine_designreports/103/. Acesso em: 13 ago. 2025.

LORO, D. H.; MAESTRELLI, S. C. **Termoplásticos Biodegradáveis de Base Biológica: um review**. Economia e Meio Ambiente: Diálogos Interdisciplinares para a Construção de um Futuro Sustentável, v. 1, p. 42, 2023. Editora e-Publicar. DOI: 10.47402/ed.ep.c2311193227. Disponível em: <https://editorapublicar.com.br/ojs/index.php/publicacoes/article/download/659/351/417>. Acesso em: 10 ago. 2025.

MARAN, T. T. R.; PIAZZOLO, M. **Protótipo de capton em impressão 3D**. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG, v. 8, n. 2, 2025. Disponível em: <https://ojsrevistas.fag.edu.br/index.php/ABMVFAG/article/view/2235/1953>. Acesso em: 17 jul. 2025.

MARTINS, F. dos S. **Uso da impressão 3D em cirurgias de coluna de cães - revisão de literatura**. Brasília, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Centro Universitário de Brasília, Faculdade de Ciências da Educação e Saúde. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/prefix/17230>. Acesso em: 25 mar. 2024.

MEMARIAN, P. et al. **Active Materials for 3D Printing in Small Animals: Current Modalities and Future Directions for Orthopedic Applications**. International Journal of Molecular Sciences, v. 23, n. 3, p. 1045, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/3/1045>. Acesso em: 28 mar. 2024.

MICHAEL, H. E.; MCGOWAN, C. M.; HYYTIÄINEN, H. K. **Posture and postural dysfunction in dogs: Implications for veterinary physiotherapy**. The Veterinary Journal, v. 305, p. 106107, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023324000467?via%3Dihub>. Acesso em: 8 ago. 2025.

MILLS, D. S. et al. **Pain and Problem Behavior in Cats and Dogs**. Animals, v. 10, n. 2, p. 318, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani10020318>. Acesso em: 17 jul. 2025.

NETO, J. P. de S. **PAWS - Uma solução inovadora em Cadeiras de Rodas para Pets com Manufatura Aditiva e Robótica**. Salgueiro, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas para Internet) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Disponível em: <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1033/1/TCC%20-%20PAWS%20-%20Uma%20solu%C3%A7%C3%A3o%20inovadora%20em%20Cadeiras%20de%20Rodas%20para.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2024.

PANIAGO, M. S. **Aplicabilidade da tecnologia de manufatura aditiva (impressão 3D) na cirurgia veterinária**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/36504/1/2022_MateusSarmetPaniago_tcc.pdf. Acesso em: 17 jul. 2025.

RENNOLDS CW, Bely A. E. **Integrative biology of injury in animals**. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, v. 98, n. 1, p. 34-62, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12894>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10087827/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

RODRIGUES, V. de C. **Impressão 3D de dispositivos com liberação controlada de aciclovir para tratamento de herpes genital**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/240946>. Acesso em: 5 ago. 2025.

RODRIGUEZ, O. et al. **Dynamic and Postural Changes in Forelimb Amputee Dogs: A Pilot Study**. *Animals*, v. 14, n. 13, p. 1960, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14131960>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/14/13/1960>. Acesso em: 5 ago. 2025.

SALISBURY, L. C. **Using Additive Manufacturing to Characterize Effects of Sparse Infill Density and Sparse Infill Pattern on the Compressive Properties of Short Strand Carbon Fiber Infused PE and Carbon Fiber Infused PETG**. Mississippi State University, Honors Theses, Honors College (Judy and Bobby Shackouls), 2024. Disponível em: <https://scholarsjunction.msstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1184&context=honortheses>. Acesso em: 5 ago. 2025.

SANCHEZ, A. U. et al. **Impressão 3D na relação médico-paciente: relato de experiência da integração entre ensino, inovação e assistência**. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 48, n. 3, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-5271v48.3-2023-0012>. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-5271v48.3-2023-0012>. Acesso em: 07 ago. 2025.

SCHRER, A. et al. **Importância Do Uso de Cadeiras de Rodas Na Qualidade de Vida Dos Cães Deficientes Motores**. *PUBVET*, v.15, p.180, 2021. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/161>. Acesso em: 17 abr. 2024.

SILVA, P. H. S. de S. da. **Impressão tridimensional de joelho canino**. Brasília, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Centro Universitário de Brasília, Faculdade de Ciências da Educação e Saúde. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/16353/1/21905009.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2024.

ŠPROCH, F.; SCHINDLEROVÁ, V.; ŠAJDLEROVÁ, I. **Using 3D Printing Technology in Prototype Production to Control the Dimensions of Complexly Shaped Products.** Manufacturing Technology, 2020. DOI: 10.21062/mft.2020.061. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344931629_Using_3D_printing_technology_in_prototype_production_to_control_the_dimensions_of_complexly_shaped_products/link/5f99ae2ea6fdccfd7b87b60d/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uInB1YmxpY2F0aW9uIn19. Acesso em: 28 mar. 2024.

SOSTIZZO, G. G. **Avaliação tribológica de polímeros utilizados em impressão 3D.** Relatório de atividades de Iniciação Tecnológica e Inovação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/290232/Finova2024_Resumo_84059.pdf?sequence=1. Acesso em: 14 ago. 2025.

TUSSI, L. **Sobre rodas: projeto adaptativo de uma prótese em impressão 3D para um cão com membros pélvicos amputados.** Guarapuava, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29435/1/proteseimpressao3dcaomembros.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2024.

VIDAL, B. D. B. L. G. **Uso de prototipagem rápida na confecção de prótese e cadeira de rodas para cão.** Brasília, 2022. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências da Educação e Saúde, Centro Universitário de Brasília. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/prefix/16344>. Acesso em: 25 mar. 2024.

APÊNDICE A- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

– **Título do projeto:** PROTOTIPAGEM RÁPIDA DE CADEIRA DE RODAS VETERINÁRIA

– **Nome do pesquisador principal:** Beatriz Laís de Sousa Miranda

– **Nome do pesquisador voluntário:** Sarah Mazetti Aquino

– **Objetivos do estudo:**

Objetivo geral:

- Este projeto tem como objetivo, em parceria com alunos do curso de engenharia, desenvolver um modelo de cadeiras de rodas para apoio da região torácica de cães com paraplegia de membros torácicos, confeccionada por prototipagem rápida, sem causar desconforto ou estresse aos animais durante a pesquisa.

Objetivo específico:

- Contribuir para o bem-estar animal;
- Disponibilizar à comunidade o arquivo de uma cadeira de rodas validada, que possam imprimir em suas casas;
- Estimular o uso da prototipagem rápida na medicina veterinária.

– **Procedimentos a serem realizados com os animais (n. de visitas, o que será realizado e quando, descrição do que será feito com os animais, etc.):**

As etapas de elaboração do projeto serão:

1. Modelagem da cadeira de rodas em colaboração com estudantes da engenharia;
2. Simulação de resistividade do protótipo, por meio de um software;
3. Impressão das peças com o material PLA;
4. Ajustes, acabamentos e montagem das peças
5. Seleção do paciente que participará da pesquisa, sendo cão doméstico, sem predileção por sexo ou raça, com até 10 anos de idade, com peso inferior a 10 kg e paralisia de membros torácicos.
6. Após a autorização do responsável pelo(s) animal(is) e aprovação do Comitê de Ética, será iniciada a etapa de teste de aceitação.
7. Durante os testes, tudo será avaliado e registrado com base em um formulário de avaliação de aceitação do protótipo pelo animal. A atividade será realizada no CEUB, no bloco 7, em um local com pavimento de pedra e na presença do responsável pelo cão, além de ser monitorada pelo professor e médico veterinário orientador da pesquisa. De início, o protótipo será colocado no chão e o proprietário será orientado a tentar andar 10 metros com ele na guia. Caso consiga, a guia será tirada do animal, para que se afaste 10 metros e o chame. Se não for até seu dono, petiscos e brinquedos de uso habitual serão oferecidos para estimular seu deslocamento. Se não se locomover, o percurso será reduzido a 5 metros e os estímulos citados anteriormente serão utilizados novamente. Em caso de falha, manifestação de desconforto ou agitação do animal, os testes serão interrompidos para investigar as causas subjacentes e ajustar as falhas operacionais na cadeira de rodas, para aprimorar o modelo existente, para garantir o bem-estar dos animais envolvidos. Como alterações na postura corporal e relutâncias por parte do animal, como ausência de movimento. Além do mais, sinais como lambedura ou mordedura e, manifestações como ganidos e gemidos podem ocorrer, o que tornará necessária a retirada imediata da cadeira de rodas e a suspensão do teste. Ao término do teste, será feito um exame físico no animal, para avaliar a ocorrência de irritação e/ou lesões cutâneas causadas durante o período de uso. Para identificação de dor ou desconforto no animal, durante o uso da cadeira de rodas, é importante observar seus aspectos comportamentais e físicos.
8. Após os resultados serem organizados, analisados e será confeccionado um relatório final da pesquisa.



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

– Potenciais riscos para os animais:

Durante o teste, tudo será avaliado e registrado com base em um formulário de avaliação de aceitação do protótipo pelo animal. De início, o produto será colocado no chão e o proprietário será orientado a tentar andar 10 (dez) metros com ele na guia. Caso não se locomova, o percurso será reduzido a 5 (cinco) metros e os estímulos citados anteriormente serão utilizados novamente. Em caso de falha, manifestação de desconforto ou agitação do animal, os testes serão interrompidos para investigar as causas subjacentes e ajustar as falhas operacionais na cadeira de rodas, para aprimorar o modelo existente, para garantir o bem-estar dos animais envolvidos. Ao término do teste, será feito um exame físico no canino, para avaliar a ocorrência de irritação e/ou lesões cutâneas causadas durante o período de uso.

– Cronograma:

- 04/03/2025 - Criado em parceria com pesquisadores da engenharia; Aprimoramento da cadeira;
- 07/03/2025 - Entrega do relatório parcial;
- 28/03/2025 - Enviar ficha de Efetividade;
- 10/03/2025 - Entrega do relatório parcial;
- 02/04/2025 - Teste de aceitação do terceiro animal e Formulário de Avaliação de Aceitação do Protótipo Pelo Animal;
- 03/04/2025 - Aprimoramento da cadeira;
- 25/04/2025 - Enviar ficha de Efetividade;
- 01/05/2025 - Impressão de um novo modelo;
- 02/05/2025 - Teste de utilização; Formulário de avaliação de aceitação do protótipo pelo animal
- 04/05/2025 - Aprimoramento da cadeira;
- 28/05/2025 - Enviar ficha de Efetividade; Teste mais regularmente para o cão se acostumar; Formulário de avaliação de aceitação do protótipo pelo animal
- 02/06/2025 - Reunião com orientador e equipe de engenharia; Finalização da cadeira de rodas
- 23/06/2025 - Enviar ficha de Efetividade e elaboração do relatório final;
- 07/07/2025 - Enviar ficha de Efetividade e elaboração do relatório final;
- 07/08/2025 - Enviar ficha de Efetividade e elaboração do relatório final;
- 13/08/2025 - Entrega dos Resumos e do Relatório Final;
- 15/08/2025 - Entrega dos resumos e do relatório final;
- 16/08/2025 - Entrega do resumo que será enviado para o Congresso de Iniciação Científica da UnB e Encontro de Iniciação Científica do Distrito Federal;
- Setembro de 2025 - Congresso de Iniciação Científica da UnB e Encontro de Iniciação Científica do Distrito Federal;
- 14/09/2025 - Entrega do resumo que será enviado para o Encontro de Iniciação Científica do UniCEUB;
- 7, 8 e 9/10/2025 - VIII EnCUCA-VIII Simpósio Internacional de Pesquisa e XXIII Encontro de Iniciação Científica do CEUB.

– Benefícios:

A cadeira de rodas para cães tem como principal objetivo, ser um produto capaz de proporcionar melhor qualidade de vida aos pacientes com paraplegia dos membros torácicos, servindo de apoio



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

físico e motor, aumentando a sua mobilidade, para que consigam realizar suas atividades cotidianas com maior facilidade. Devido a praticidade da prototipagem rápida e pelo baixo custo, o uso de impressoras 3D apresenta-se como uma alternativa eficiente e útil, com um valor mais acessível à comunidade, em comparação aos demais produtos do mercado.

A importância do projeto se destaca também com o fornecimento de uma solução prática para o paciente, visando melhorar sua qualidade de vida diária. Com isso, o projeto, com o apoio de estudantes de engenharia, tem como objetivo desenvolver e entregar um produto adaptado, visando melhorar significativamente sua mobilidade e independência.

- Sua autorização para a inclusão do(s) seu(s) animal(is) nesse estudo é voluntária.
- Seu(s) animal(is) poderá(ão) ser retirado(s) do estudo, a qualquer momento, sem que isso cause qualquer prejuízo a ele(s).
- A confidencialidade dos seus dados pessoais será preservada.
- As informações produzidas pela atividade didática poderão ser utilizadas em filmagens ou publicações a fim de promover a substituição e/ou refinamento da técnica empregada em questão.
- Fotos e vídeos do(s) animal(is) somente serão publicadas com a autorização do proprietário.
- O proprietário poderá tirar dúvidas referentes à atividade a qualquer momento e que caso ocorra algum risco ao animal, o proprietário será encaminhado à esclarecimentos junto ao pesquisador responsável pela atividade;
- Os membros da CEUA ou as autoridades regulatórias poderão solicitar suas informações e, nesse caso, elas serão dirigidas especificamente para fins de inspeções regulares.
- O Médico Veterinário responsável pelo(s) seu(s) animal(is) será o(a) Dr(a) Fabiana Sperb Volkweis, inscrito (a) no CRMV sob o n. 2374-DF. Além dele, a equipe do Pesquisador Principal, Beatriz Laís de Sousa Miranda e do Pesquisador Voluntário, Sarah Mazetti Aquino, também se responsabilizaram pelo bem-estar do(s) seu(s) animal(is) durante todo o estudo e ao final dele. Quando for necessário, durante ou após o período do estudo, você poderá entrar em contato com o Pesquisador Principal ou com a sua equipe pelos contatos:
- **Equipe:** Beatriz Laís de Sousa Miranda - (61) 99104-3637/ Sarah Mazetti Aquino - (61) 98293-4506
- **Email da orientadora:** fabiana.volkweis@ceub.edu.br
- **Telefone da orientadora:** (61) 99244-8557



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Fui devidamente esclarecido(a) sobre todos os procedimentos deste estudo, seus riscos e benefícios ao(s) animal(is) pelo(s) qual(is) sou responsável. Fui também informado que posso retirar meu(s) animal(is) do estudo a qualquer momento. Ao assinar este Termo de Consentimento, declaro que autorizo a participação do(s) meu(s) animal(is) identificado(s), a seguir, neste projeto.

Este documento será assinado em duas vias, sendo que uma via ficará comigo e outra com o pesquisador.

Identificação do proprietário

–Nome: _____

–RG: _____

Identificação do animal

–Nome: _____

–Espécie: _____

–Raça: _____

–Sexo: _____

–Idade: _____

–Pelagem: _____

Brasília - Distrito Federal, ___/___/_____

Assinatura do responsável

Assinatura do orientador

APÊNDICE B - Formulário de Avaliação de Aceitação do Protótipo pelo Animal

Formulário de Avaliação de Aceitação do Protótipo Pelo Animal

PROPRIETÁRIO:

- Primeiro nome: _____

ANIMAL:

- Nome; _____

- Raça; _____

- Idade; _____

- Peso; _____

- Sexo; _____

- Data do experimento; ___/___/___

- Horário de Início do experimento; ___:___

- Horário de Fim do experimento; ___:___

- Tempo de duração; _____

- Qual é a sua condição pré-existente que afeta sua mobilidade?

- Qual foi a reação inicial do cão à cadeira de rodas?

- Houve alguma dificuldade para colocar o cão na cadeira de rodas?

() Sim () Não Qual?

+Avaliação com a guia

- O cão andou com seu proprietário no percurso de 10 metros com a guia?

() Sim () Não

- O cão teve equilíbrio enquanto estava em movimento?

() Sim () Não

- A posição do corpo do cão na cadeira permaneceu adequada durante todo o seu uso?

() Sim () Não

- Mudava de direção com facilidade?

() Sim () Não

- Apresentou interesse em explorar o ambiente enquanto estava usando a cadeira?

() Sim () Não

- Apresentou sinais de desconforto ou dor durante o uso da cadeira?

() Sim () Não

Quais?

+Avaliação sem a guia

-O cão andou o percurso de 10 metros sozinho?

() Sim () Não

- O cão teve equilíbrio enquanto estava em movimento?

Sim Não

- A posição do corpo do cão na cadeira permaneceu adequada durante todo o seu uso?

Sim Não

- Mudava de direção com facilidade?

Sim Não

- Apresentou interesse em explorar o ambiente enquanto estava usando a cadeira?

Sim Não

- Apresentou sinais de desconforto ou dor durante o uso da cadeira?

Sim Não

Quais?

- Foi necessário utilizar petiscos ou brinquedos para ele realizar a atividade da pergunta anterior?

Sim Não

+Avaliação geral

- O cão pareceu se acostumar com a cadeira durante o período de teste?

Sim Não

- Observou-se algum ponto de aprimoramento na cadeira?

Sim Não

Quais?

- Observações Adicionais.
