

INSTITUTO FEDERAL
Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO
CAMPUS SALGUEIRO
CURSO TECNOLOGIA EM SISTEMAS PARA INTERNET**

VIVIANE OLIVEIRA DA SILVA

**PROCESSO DE CRIAÇÃO DE CADEIRA DE RODAS PARA ANIMAIS COM
DEFICIÊNCIA: O USO DA TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D, SEUS DESAFIOS
E OPORTUNIDADES**

SALGUEIRO

2021

VIVIANE OLIVEIRA DA SILVA

PROCESSO DE CRIAÇÃO DE CADEIRA DE RODAS PARA ANIMAIS COM
DEFICIÊNCIA: O USO DA TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D, SEUS DESAFIOS E
OPORTUNIDADES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Tecnologia em Sistemas para Internet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de tecnólogo(a) em Sistemas para Internet.

Orientador(a): Prof. Marcelo Anderson Batista dos Santos.

SALGUEIRO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586 Silva, Viviane de Oliveira da.

Processo de criação de cadeira de rodas para animais com deficiência : o uso da tecnologia de impressão 3D, seus desafios e oportunidades / Viviane de Oliveira da Silva. - Salgueiro, 2021.
21 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas para Internet) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Anderson Batista dos Santos.

1. Ciência da Computação. 2. Tecnologia de impressão 3D. 3. Cadeira de Rodas - Animais com deficiência. I. Título.

CDD 004

VIVIANE OLIVEIRA DA SILVA

PROCESSO DE CRIAÇÃO DE CADEIRA DE RODAS PARA ANIMAIS COM
DEFICIÊNCIA: O USO DA TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D, SEUS DESAFIOS E
OPORTUNIDADES

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do curso de
Tecnologia em Sistemas para Internet do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Sertão Pernambucano,
campus Salgueiro, como requisito parcial
à obtenção do título de tecnólogo(a) em
Sistemas para internet.

Aprovado em 05 de Abril de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marcelo Anderson Batista dos Santos (IF Sertão - PE)
Orientador

Prof. Pedro Lemos de Almeida Júnior (IF Sertão - PE)
Membro Interno

Prof. Julião Braga (UFABC)
Membro Externo

SALGUEIRO

2021

Processo de Criação de Cadeira de Rodas para Animais com Deficiência: O uso da Tecnologia de Impressão 3D, seus Desafios e Oportunidades

Viviane Oliveira da Silva¹, Marcelo Anderson Batista dos Santos¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – Campus Salgueiro (IFSPE) – Salgueiro – PE – Brasil

oviviane772@gmail.com, marcelo.santos@ifsertao-pe.edu.br

Abstract. *In recent years the number of domestic animals has grown, according to the Instituto Pet Brasil, it is estimated that this number in the world is 1.6 billion and in Brazil 139.3 million animals. With increasing coexistence in homes, a concern and care for them also increases, even more this animal has some kind of locomotor problem, often caused by diseases or accidents that can cause paralysis or even amputation of limbs. The objective of this work is to build a wheelchair for a Yorkshire dog that has a locomotor problem in the frontal limbs, caused by a spinal compression. For this, 3D printing technology will be used, which is one of the ways to provide a wheelchair with a lower cost and adapted to the specific locomotor problem of the dog, thus improving its quality of life.*

Resumo. *Nos últimos anos o número de animais domésticos têm crescido, de acordo com o Instituto Pet Brasil, estima-se que esse número no mundo é de 1,6 bilhões e no Brasil 139,3 milhões de animais. Com o convívio cada vez maior nos lares a preocupação e os cuidados com eles também aumentam, ainda mais quando esse animal possui algum tipo de problema locomotor, causados muitas vezes por doenças ou acidentes que podem causar paralisia ou até mesmo amputação de membros. O objetivo deste trabalho é construir uma cadeira de rodas para um cachorro da raça Yorkshire que possui um problema locomotor nos membros frontais, causada por uma compressão medular. Para isso será utilizada a tecnologia de impressão 3D, que é uma das maneiras de fornecer a cadeira de rodas com um custo menor e adaptada para o problema locomotor específico do cachorro, melhorando assim sua qualidade de vida.*

1. Introdução

A cada ano que se passa o número de animais domésticos em todo o mundo cresce, de acordo com o Instituto Pet Brasil estima-se que no Brasil esse número é de 139,3 milhões e no mundo cerca de 1,6 bilhões. (IMPrensa,2019)

A presença dos pets no convívio familiar proporciona um aumento na procura por serviços especializados na área veterinária, pois assim como os humanos os pets também podem ser vítimas de doenças ou acidentes que, dependendo da gravidade podem gerar paralisia ou até mesmo amputação de membros, causando sofrimento para o pet e também para seu dono. Mas hoje devido às diversas tecnologias existentes e ao avanço da medicina veterinária é possível utilizar equipamentos como cadeiras de rodas e próteses para auxiliar na locomoção e na mobilidade dos pets, fazendo com que eles levem uma vida mais saudável.

O setor de próteses no Brasil e no mundo ainda é novo e o custo de próteses e consultas é elevado. Algumas empresas como a exemplo da OrthoPets cobra por volta de 6.000 a 10.000 reais em pacotes com procedimentos com consultas, próteses e avaliações. (GIOVANELLI, 2018) Devido ao custo destes procedimentos, nem todos possuem condições financeiras para arcar com todos os gastos necessários, o que torna inacessível para muitas pessoas.

Atualmente uma das tecnologias da indústria 4.0, a manufatura aditiva/impressão 3D, vêm se destacando nas mais diversas áreas da sociedade. Essa tecnologia consiste em técnicas de adição de materiais, como plástico, metal entre outros para a construção de objetos/peças dos mais variados tipos e formas, todos com tamanhos e modelos customizados de acordo com as necessidades e preferências desejadas. As peças são modeladas em softwares de modelagem 3D, gratuitos ou pagos, e a partir deles é feita a orientação de informações da representação geométrica computacional 3D do objeto.

A impressão 3D vem ganhando espaço em ambientes como arte, medicina, construção, educação e setor alimentício.(FIA - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO, 2020). Essa popularidade e aderência nestes setores ocorreu graças a queda do custo das impressoras, o que possibilitou a aquisição delas por pessoas de diferentes áreas e com finalidades bem específicas. As vantagens são inúmeras e as possibilidades de criação são diversas. Além disso, a facilidade de criar peças totalmente personalizadas é o que mais chama atenção e faz com que este mercado venha crescendo e cada dia ganhando mais espaço e adesão do público.

Diante do cenário do mercado de próteses que impossibilita a acessibilidade para todos, devido ao seu custo, o presente artigo busca desenvolver uma cadeira de rodas, através da impressão 3D, para um cachorro de pequeno porte da raça *Yorkshire*, o mesmo possui um problema locomotor nos membros frontais causado por uma compressão medular.

2. Revisão da Literatura

2.1. História da Manufatura aditiva

A indústria está em constante evolução em grande parte, graças às novas tecnologias emergentes no mercado. Setores da tecnologia, automobilístico e biologia atualmente lideram o ranking desta nova onda de transformações e inovações, tendo sido falada como uma quarta revolução industrial.

A primeira revolução industrial ocorreu por volta de 1760 e durou até o final da década de 1840 na Inglaterra, caracterizada pela substituição de métodos e trabalhos artesanais por máquinas e pelo uso da energia a vapor, causando alterações econômicas e sociais. Artesãos já não possuíam todo o controle da produção, da exploração da matéria-prima até os lucros do produto final, passaram a trabalhar para donos destas novas máquinas e que gerenciava todo o processo.(COELHO, 2016)

Após o fim da segunda guerra mundial em 1945, houve evoluções significativas em técnicas e em setores da indústria química, elétrica e de aço, abrindo espaço para linhas de produção com barcos de aço e motores a vapor, essas inovações contribuíram para esta era da segunda revolução industrial. Conforme Anderson (2012):

Mas, na essência, a revolução industrial se refere a um conjunto de tecnologias que aumentaram drasticamente a produtividade dos seres humanos, provendo uma série de mudanças, na longevidade, na qualidade de vida, nas concentrações populacionais e no crescimento demográfico.

De acordo com Coelho (2016), a terceira revolução industrial se iniciou nas décadas seguintes por volta de 1950, caracterizada pelo uso de computadores, com linhas de produção mais automatizadas e informações armazenadas e processadas de maneira digital. Surgiu nesta época também os telefones móveis e a internet. Com o advento da internet, e evolução de sensores e atuadores, hardware e software cada vez mais eficientes e com grande poder de processamento, gerou outra transformação industrial, marcada pela competitividade. Observando todo esse cenário, os professores Erik Brattgjerd e Andrew McAfee do instituto de tecnologia de Massachusetts, mencionaram em 2011 na feira Industrial de Hannover, Alemanha, a indústria 4.0.(COELHO, 2016)

A indústria 4.0 têm modernizado a forma de produção, tornando-as mais flexíveis, ágeis e inteligentes. Uma de suas vertentes a chamada manufatura aditiva vem proporcionando a fabricação mais personalizadas e eficientes.(COELHO, 2016)

A manufatura aditiva foi desenvolvida durante a década de 80, naquela época era denominada de prototipagem rápida e atualmente mais conhecida como impressão 3D. Uma das tecnologias que vêm ganhando cada dia mais popularidade e espaço nos diversos setores da sociedade, a exemplo dos setores da indústria de produção, medicina, arquitetura, gastronomia e outros. Essa popularidade deve-se à possibilidade de criar protótipos e peças por meio de camadas de filamentos, resinas, polímeros sob a orientação de modelos tridimensionais desenvolvidos em softwares de modelagem 3D. (RODRIGUES et al., 2016).

Lipson e Kurman (2013) relatam que a impressão 3D vem auxiliando e quebrando paradigmas em relação ao custo, tempo e complexidade da manufatura e variedade, em outras palavras pode-se dizer que a complexidade do design da manufatura não impacta em seu custo final, o que difere da manufatura tradicional. Com a impressão 3D é possível desenvolver designs personalizados e customizados sem custos adicionais, outra vantagem em relação a manufatura tradicional que se limita a modelos bem específicos.

2.2. Fundamentos da Impressão 3D

A impressão 3D é baseada na manufatura de objetos tridimensionais sólidos, feitos a partir da adição de camadas de filamentos, estes orientados por modelos tridimensionais desenvolvidos em softwares CAD. A impressão desses objetos é feita de baixo para cima, e dependendo de sua complexidade o processo pode demorar horas ou até mesmo dias. (MAEDA, 2018)

O seu funcionamento consiste em basicamente três etapas:

1. Modelagem 3D
2. Escolha do filamento
3. Fatiamento do objeto 3D

4. Ajustes na impressora

Dentre as formas de impressão podemos citar:

- Fabricação com filamento fundido (FDM ou FFF)
- Estereolitografia (SLA ou DLP)
- Sinterização Direta de Metal a Laser(DMLS)
- Sinterização Seletiva a Laser(SLS)
- Polyjet

2.3. Problemas locomotores em cães

De acordo com Nishimura (2008, apud Silva, 2006), “a locomoção é o processo pelo qual o animal se move de uma posição geográfica para outra, e a marcha normal constitui o movimento para frente com eficiência”.

Não é de hoje que as técnicas de fisioterapia são utilizadas na medicina veterinária, desde 1990 fisioterapeutas e médicos veterinários vem trabalhando de maneira colaborativa, tratando lesões musculares, esqueléticas e neurológicas. A partir de observações e análises de como o animal se locomove é possível identificar eventuais anormalidades na marcha do animal e com isso ter uma maior precisão na indicação dos procedimentos mais adequados para o animal (SILVA, 2006).

Existem diversos motivos para um animal vir a ter problemas de locomoção, fatores traumáticos, fisiológicos ou genéticos. Conforme Nishimura (2006, apud Andrade et al, 2012):

Traumas, como fraturas, rompimento de ligamentos e luxações podem causar distúrbios locomotores nos animais; assim como hérnias de disco; osteocondrites; neoplasias, como osteossarcomas; artroses; lesões de meniscos; necrose asséptica da cabeça do fêmur e inúmeras outras patologias ligadas à idade, porte e raça (genética) do animal. Algumas raças possuem maior inclinação para desenvolverem problemas na coluna, sobretudo em animais com idade mais avançada, que podem causar dificuldades de locomoção.

São muitas as enfermidades que podem ser acometidas porém atualmente temos meios que podem estar auxiliando e proporcionando novamente ao animal a possibilidade de poder se locomover, próteses, cirurgias e fisioterapia são alguns desses procedimentos.

2.4. Trabalhos Correlatos

A impressão 3D de próteses e cadeiras de rodas para pets já é uma realidade que vem ganhando espaço entre os pesquisadores e entusiastas da área. Nishimura (2018) em sua dissertação de mestrado propõe diretrizes que auxiliam na construção de cadeiras de rodas para cães que possuem locomotores, visto que existem situações em que esses equipamentos são feitos com materiais improvisados como canos e materiais recicláveis e os mesmos não se adequam perfeitamente às necessidades específicas de cada animal. As diretrizes apontadas em sua dissertação auxiliam em uma construção eficiente de cadeiras de rodas a partir de peças impressas em 3D, pois com elas é possível se ter uma maior precisão do tamanho de cada peça e encaixes de forma a

proporcionar melhor adaptação nos cães. As diferenças existentes em relação à dissertação de Nishimura(2018) e o presente artigo, são que a pesquisa propõe explicar sobre as dificuldades encontradas no processo de criação de cadeiras de rodas e se as cadeiras podem ter um custo menor em relação ao mercado atual.

Corso (2019) em seu trabalho de conclusão de curso desenvolveu uma prótese para o membro anterior de um cão do canil municipal de Caxias do Sul, utilizando a impressão 3D, seu trabalho levou em consideração a anatomia e estrutura do cão para a depois ser feita a impressão da prótese, foi também levado em consideração aspectos como a engenharia mecânica que são relacionadas à medicina veterinária para que a prótese tivesse uma melhor eficácia. O trabalho do Corso(2019) se assemelha com a proposta de pesquisa que foi definida neste artigo, porém será observado a construção de uma cadeira de rodas para um cão, seu desafios, a necessidade específica do pet levando em consideração o problema de locomoção, que a depender de cada caso é desenvolvido tipos diferentes de peças, seja elas próteses ou cadeiras de rodas.

Silva Junior et al. (2020) em artigo publicado na revista *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* relatam o desenvolvimento de prótese ortopédica para um bezerro que teve o membro pelvino esquerdo amputado. Seu estudo, possui a característica de prótese para animais de grande porte, a qual ainda é pouco explorada, devido a questões relativas ao custo, adaptação e peso do animal. “No caso específico do bezerro foi desenvolvido a prótese utilizando a impressão 3D, que atualmente vêm se popularizando muito nesta e em outras áreas”.

3. Desafios da Modelagem e Impressão 3D: Criando e Imprimindo Protótipos

3.1. Softwares CAD

A modelagem de objetos 3D cada vez mais se torna parte de nosso dia a dia, esteja presente em filmes, desenhos animados ou até mesmo em objetos impressos em 3D. O processo de modelagem 3D consiste na criação de objetos a partir de formas geométricas básicas. Conforme AUTODESK (2020):

Modelagem 3D é o processo que usa software para criar uma representação matemática de um objeto ou forma tridimensional. O objeto criado é chamado de modelo 3D, e tais modelos são usados em vários setores. Os setores de cinema, televisão, videogames, arquitetura, construção, desenvolvimento de produtos, ciências e medicina usam modelos 3D para visualizar, simular e renderizar projetos gráficos.[AUTODESK, 2020]

Com o surgimento e popularidade da modelagem 3D a busca por softwares com especialidades em CAD (*computer aided design*) surgiu, com eles é possível desenvolver todo o layout do objeto. Basicamente estes softwares permitem que projetistas criem de forma realista modelos de objetos, e estes podem tanto ser utilizados na indústria de filmes através de animações, como também na indústria por meio da impressão 3D.

Atualmente existem diversos softwares CAD, sejam eles pagos ou gratuitos, todos com o mesmo propósito, entre os mais populares no mercado temos:

- **Blender** - O blender foi desenvolvido em 1993. Uma ferramenta mantida pela Blender Foundation na Dinamarca. Seus recursos permitem a criação de conteúdos em 2D e 3D, permitindo também o desenvolvimento de modelagens e animações complexas. Essas e outras características destacam o Blender entre os aplicativos gráficos Open Source 3D mais populares do mercado.(OLIVEIRA; SILVA, 2013)
- **SketchUp** - O SketchUp desenvolvido pela empresa At Last Software em 2000, depois vendido para a Google que manteve e lançou algumas atualizações, mas em 2012 foi vendido para a empresa Trimble que desde então vem dando suporte. É disponibilizado nas versões gratuita e paga. O SketchUp tem o propósito de criar modelos de objetos em 3D, muito utilizado por profissionais que desejam apresentar seus projetos de maneira mais realista, além de que ele também possui funções que auxiliam nos cálculos de orçamento de pintura e revestimento do projeto. (AMARAL, 2021)

3.2. Tipos de Cadeiras de Roda Para Animais

Os tipos e modelos de cadeiras de rodas existentes servem para animais que possuem algum tipo de dificuldade de locomoção, seja ela na parte frontal ou traseira. Na figura 1 é possível ver uma cadeira que tem como objetivo está auxiliando um cachorro com problema locomotor nos membros traseiros.

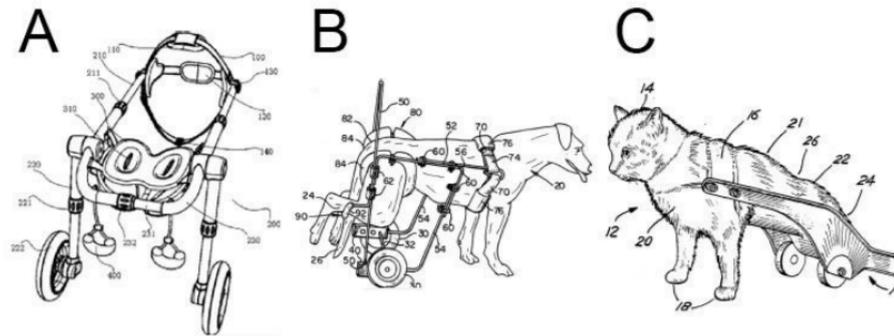
Figura 1. Cadeira de rodas - patas elevadas e a coluna reta



Fonte: Design Boom, 2011

Já na figura 2 são apresentados três modelos, representados pelas letras A, B e C. São modelos de cadeiras que são utilizados em cães e gatos.

Figura 2. Modelo de cadeiras patenteadas



Fonte: Nishimura, 2018

Esses tipos de cadeiras de rodas possibilitam uma maior mobilidade para os cães por terem uma estrutura capaz de mover para frente e para trás através das rodinhas. No exemplo da figura 3, o cãozinho Turbo.roo nasceu sem as patas frontais, a cadeira foi desenvolvida por Mark Deadrick.

Figura 3. Modelo de cadeira do cãozinho turbo.roo



Fonte: Design Boom, 2014

4. Metodologia

O presente trabalho baseou-se em uma pesquisa qualitativa e de caráter exploratório e experimental. Com adaptação de um modelo de cadeira de rodas já existente.

A primeira etapa do trabalho consistiu no levantamento de dados sobre os tipos de cadeiras de rodas e quais os tipos de problemas locomotores elas podem atender. Logo após seguimos em etapas específicas para a impressão 3D, elas consistem em basicamente 4 etapas:

1. Escaneamento tridimensional do animal, etapa crucial, para se ter uma maior precisão para construção da prótese 3D, pois é considerado a anatomia e a necessidade específica de cada animal deficiente ou lesionado.
2. Tendo feito esses escaneamento, a próxima etapa é a exportação do modelo para um software CAD, que no caso foi escolhido o Blender.
3. Com a modelagem pronta os passos seguintes são a escolha do filamento e ajustes e calibração da impressora. A impressora utilizada foi a Ender 5, um modelo de impressora que se destaca por sua facilidade de montagem, além de possuir uma alta taxa de precisão e boa velocidade.
4. Para o Filamento foi escolhido o PETG, por apresentar alta resistência química, mecânica e intermediária resistência térmica. No quadro abaixo estão as configurações feitas na impressora:

Abaixo no quadro 1 estão descritas os ajustes necessários na impressora 3D, estes utilizando a impressora Ender 5 e filamento PETG:

Quadro 1. Configurações para impressão das peças da cadeira

Configurações de impressão	
Quality	
Layer Height	0.16 mm
Shell	
Wall Thickness	1.6 mm
Wall Line Count	4
Top/Bottom Thickness	0.6 mm
Top Thickness	0.6 mm
Top Layers	6
Bottom Thickness	0.6 mm
Bottom Layers	6
Horizontal Expansion	0 mm
Infill	
Infill Density	20%
Infill Pattern	Grid
Material	

Printing Temperature	245 °C
Build Plate Temperature	75 °C
Speed	
Print Speed	55 mm/s
Cooling	
Enable Print Cooling	Sim
Fan Speed	20%
Support	
Generate Support	Sim
Support Placement	Touching Build Plate
Support Overhang Angle	49

Fonte do autor

Com o modelo pronto e impresso é realizada a análise das dificuldades, das melhorias que podem vir a ser realizadas.

5. Estudo de caso

5.1. Definição do Problema

Esta pesquisa tem o propósito de produzir uma cadeira de rodas para um pet utilizando a manufatura aditiva. Ao fim da pesquisa procura-se saber se é possível desenvolver cadeiras de rodas de baixo custo para animais com problemas de locomoção através da manufatura aditiva, bem como se sua precisão se adequa perfeitamente ao biotipo do animal.

Nesse cenário foi pensado a construção de uma cadeira de rodas para um cachorro da raça Yorkshire, que apresenta um problema de locomoção na parte frontal. Ao analisar esse cenário, foi feito uma pesquisa de cadeira de rodas para cachorros com este tipo de necessidade, a fim de encontrar modelos que pudessem servir para esse fim. O modelo da cadeira de rodas que mais se adequa às necessidades do cachorro, é um modelo encontrado no repositório Thingiverse, lá podemos encontrar alguns modelos que podem ser utilizados. A cadeira é composta por duas partes que foram impressas, rodas, tubos de alumínio e conectores, como pode ser visualizado na figura abaixo:

Figura 4. Modelo de cadeira de rodas



Fonte: MULTI RAP, 2015

O modelo encontrado serve para cachorros de grande porte pelo seu tamanho e dimensões, o que difere do cachorro da raça Yorkshire que tem um porte pequeno. Então foi necessário fazer uma nova modelagem utilizando o Blender. A nova modelagem visou a redução das dimensões para se adequar ao tamanho e dimensões adequadas para o Yorkshire. Essa remodelagem inclui o encaixe das duas peças, por ter seu tamanho modificado e contar com peças diferentes os encaixes foram realocados para se encaixarem corretamente.

O modelo do Multirap possui conectores e rodinhas específicas que não são vendidos no Brasil, e para serem compradas elevaria o custo da fabricação da peça como um todo. Para suprir essa demanda foi preciso readaptar o modelo e colocar rodinhas de bicicleta para fazer a substituição e tirar a necessidade desses conectores.

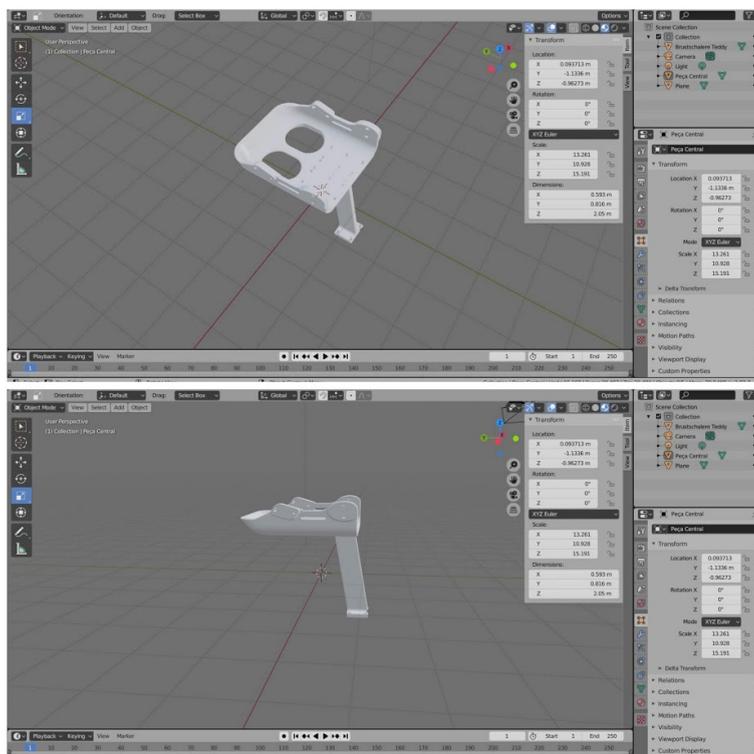
5.2. Resultados Obtidos

5.2.1 - Modelagem da cadeira de rodas no Blender

As partes impressas podem ser vistas na figura abaixo, no software de modelagem 3D, foi possível adequar as medidas para que fossem impressas as peças.

Na figura 5 temos a modelagem das peças da cadeira de rodas, onde temos uma peça que serve como apoio do corpo do cachorro e outra que serve como sustentação da outra. Alguns ajustes no tamanho tiveram que ser realizados, para que se adaptassem ao cachorro. Além destes ajustes tiveram também que ser adaptados os encaixes para se adequar na outra peça.

Figura 5: Modelagem das peças da cadeira



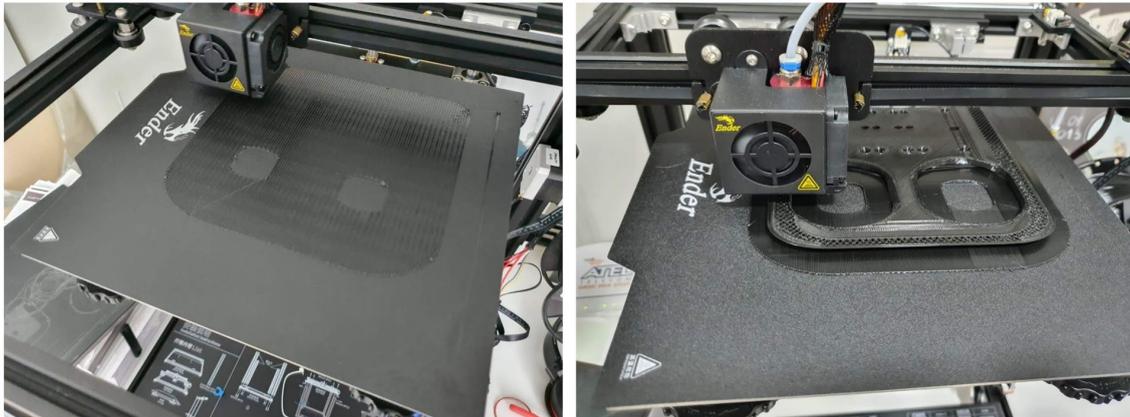
Fonte do autor

Com o suporte das outras duas rodinhas que serão colocadas, proporcionam o equilíbrio da cadeira como também auxilia na locomoção da mesma. Ainda sobre as adaptações, para esta peça de sustentação se encaixar na rodinha pequena a peça também precisou de ajustes em sua largura, devido a este ajuste os encaixes da outra peça tiveram que ser realocados, a altura dela foi adaptada para o tamanho do pet, a fim de proporcionar conforto e estabilidade.

5.2.2 - Cadeira de rodas

Abaixo na figura 6 podemos ver o processo de impressão da camada inicial da estrutura principal da cadeira de rodas. A duração para impressão da peça por completo foi de 20 horas e 7 minutos, o que é consideravelmente muito tempo e também foi uma das dificuldades encontradas. Esta peça de apoio possui as seguintes dimensões: 15 cm de largura, 17 cm de comprimento e 5 cm de altura. Para essa peça em específico foram utilizados 123 g do filamento PETG.

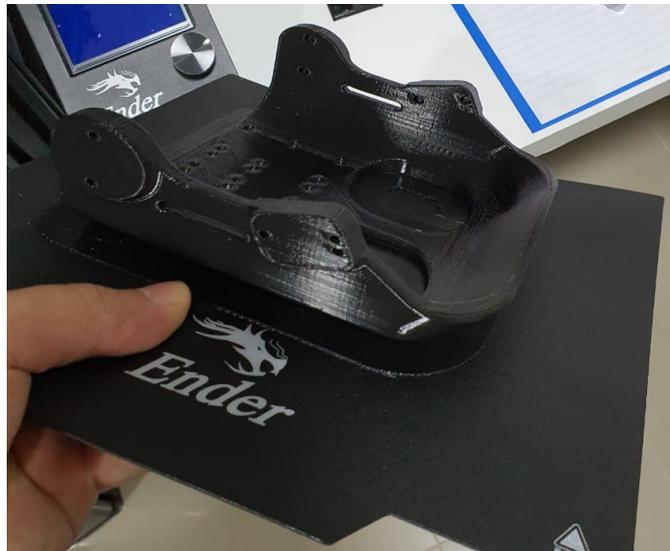
Figura 6. Impressão da peça de apoio do corpo do cachorro



Fonte do autor

A configuração da impressora também foi uma das dificuldades enfrentadas, por ser um processo de impressão de camadas, qualquer desvio ou imperfeição que possa tirar do nível a mesa, acaba interferindo diretamente no resultado final da impressão. Na figura 7, é possível ver o resultado após a impressão da peça:

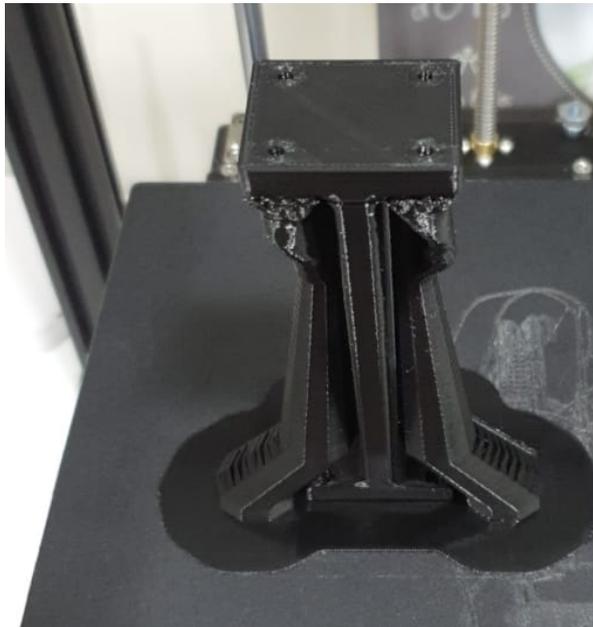
Figura 7. Peça de apoio do corpo do cachorro



Fonte do autor

A segunda peça impressa foi a de sustentação, sua impressão durou 10 horas e 47 minutos. Abaixo na figura 8 podemos conferir o resultado da impressão da peça. A mesma serve como ponto de suporte da peça principal, nela é integrada uma rodinha para auxiliar na locomoção da cadeira por completo. Para esta peça temos as seguintes dimensões: 3,9 cm de largura, 5,37 cm de comprimento e 13,5 cm de altura. A impressão precisou de 65 g de filamento PETG.

Figura 8. Impressão da peça de sustentação



Fonte do autor

Após a impressão das peças, montamos a cadeira de rodas e adaptamos as rodas utilizando rodinhas para bicicleta, chapas de alumínio e uma barra de ferro roscada para conectar as rodas com as peças impressas. Na figura 9 temos a cadeira de rodas montada. O custo para produção foi de 62,64 reais, descritos no quadro 2.

Figura 9. Cadeira de rodas



Fonte do autor

No quadro 2, temos o custo da cadeira em relação ao material utilizado, porém não foi levado em consideração o custo da energia elétrica gasta durante o processo de impressão de cada um das peças.

Quadro 2. Custo para a produção da cadeira

Material	Quantidade	Preço
Filamento	176 g	24,64
Rodinha central	1	10,00
Rodinhas de bicicleta	2	25,00
Parafusos	14	3,00
	Total	62,64 R\$

Fonte do autor

Depois de pronta testamos no cachorro para verificar se a versão final estava pronta para utilização, conforme apresentada na figura 10, foi possível ver que o tamanho da peça de apoio do corpo do cachorro ficou pequena e que seria necessário aumentar um pouco mais.

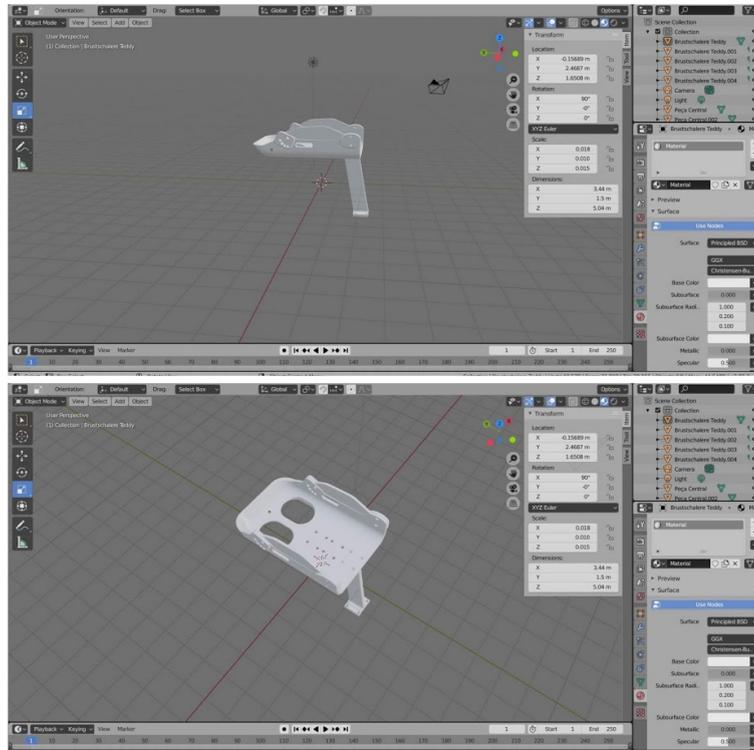
Figura 10. Cadeira de rodas



Fonte do autor

Analisando a necessidade de alteração, remodelamos o modelo para que contasse com essa nova melhoria, também verificamos a possibilidade de aumentar seu tamanho a fim de proporcionar um melhor encaixe do corpo na peça de apoio. As novas dimensões são: 17 cm de largura, 22 cm de comprimento e 7 cm de altura. A impressão desta peça utilizou 333 g de filamento. Conforme a figura 11 demonstra:

Figura 11. Remodelagem da peça de apoio do corpo do cachorro



Fonte do autor

A figura 12 tem a cadeira já impressa com suas novas melhorias tanto no tamanho e altura, bem como novas rodinhas. Nesta versão foi utilizada rodinhas de silicone, porque verificamos que com as rodinhas de bicicleta tínhamos menos suavidade ao movimentar a cadeira.

Figura 12. Cadeira de rodas segunda versão



Fonte do autor

No quadro 3 temos o novo custo da cadeira, contando com o aumento do filamento utilizado e também com o preço das rodinhas de silicone que foram utilizadas neste novo modelo. O custo da energia elétrica utilizada para a impressão da nova versão não foi levado em consideração.

Quadro 3. Custo para a produção da segunda versão da cadeira

Material	Quantidade	Preço
Filamento	398 g	46,62
Rodinha central	1	10,00
Rodinhas de silicone	2	40,00
Parafusos	14	3,00
	Total	99,62 R\$

Fonte do autor

6. Conclusão

Este trabalho apresentou uma das vertentes da indústria 4.0 que é a manufatura aditiva ou como popularmente é conhecida a impressão 3D, por meio dela é possível construir objetos customizados e personalizados para cada necessidade.

Através da impressão 3D foi possível desenvolver um modelo de cadeira de rodas para um cachorro da raça yorkshire, com as medidas adequadas para ele. O modelo foi adaptado para o porte do cachorro, os conectores e rodas que não são vendidas no Brasil, tiveram que ser substituídos por soluções mais viáveis para não comprometer a utilidade da cadeira bem como para não elevar o seu custo como produto final.

Em trabalhos futuros pretendemos analisar a adaptação da segunda versão da cadeira no cachorro e se necessário fazer ajustes para que a cadeira fique confortável para o pet. É possível realizar o estudo de novos filamentos e novos modelos de cadeira de rodas a fim de testar quais modelos podem ser utilizados para melhorar cada vez mais a adaptação do pet, como também reduzir custos e aumentar a resistência..

Referências

- ANDERSON, C. Makers A Nova Revolução Industrial. Elsevier Brasil, 2012.
- AMARAL, Leandro. Sketchup: Tudo o que você precisa saber. Disponível em: <https://arquitetoleandroamaral.com/o-que-e-sketchup/>. Acesso em: 21 jan. 2021.
- AUTODESK. O que é modelagem 3D? Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/3d-modeling-software>. Acesso em: 19 jan. 2021.

- COELHO, Pedro Miguel Nogueira. Rumo à Indústria 4.0. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.
- CORSO, Marcelo dos Santos dal. Desenvolvimento de prótese para membro anterior de um canino por meio de impressão 3D. 2019. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2019.
- DESIGN BOOM. Nir Shalom: Amigo Dog Wheelchair. 2011. Disponível em: <<https://www.designboom.com/design/nir-shalom-amigo-dog-wheelchair/>>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- DESIGN BOOM. TurboRoo the Two-legged Chihuahua Gets 3D-printed Wheelchair. 2014. Disponível em: <<https://www.designboom.com/technology/turbo-roo-chihuahua-3d-printedwheelchair-08-15-2014/>>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- FIA - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO (São Paulo). Impressão 3D: O que é, Como funciona e Exemplos de Aplicações. 2020. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/impressao-3d/>. Acesso em: 10 abr. 2021.
- GIOVANELLI, Carolina. Empresa disponibiliza próteses para cães com deficiência. A OrthoPets traz peças que servem para certos casos de amputação das patas ou deformidades. 2018. Disponível em: <https://vejasp.abril.com.br/blog/bichos/orthopets-protese-importadas-animais/>. Acesso em: 09 abr. 2021.
- IMPRENSA, 2 Pro - Assessoria de (ed.). Censo Pet: 139,3 milhões de animais de estimação no Brasil. 2019. Disponível em: <http://institutopetbrasil.com/imprensa/censo-pet-1393-milhoes-de-animais-de-estimacao-no-brasil/>. Acesso em: 09 abr. 2021.
- LIPSON, H.; KURMAN, M. Fabricated: The New World of 3D Printing. Indianápolis: John Wiley and Sons, Inc., 2013.
- MAEDA, Willian. Impressão 3D: o que é e como ela está revolucionando o mundo. 2018. Disponível em: <https://vulcanoej.com.br/2019/02/28/o-que-e-a-impressao-3d/#:~:text=A%20Impress%C3%A3o%203D%20%C3%A9%20um,partir%20de%20um%20arquivo%20digital..> Acesso em: 13 abr. 2021.
- MULTIRAP. Dog wheelchair improved for twolegged dogs (front legs). 2015. Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:1173757>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- NISHIMURA, Paula Lumi Goulart. Diretrizes para o Design de Dispositivo para Animais com Problemas de Locomoção com uso da Prototipagem Rápida. 2018. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2018.

- RODRIGUES, Vinícius Picanço et al. Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319451202_Manufatura_aditiva_estado_da_arte_e_framework_de_aplicacoes. Acesso em: 12 jan. 2021.
- SILVA, G. C. A. Análise Cinemática da Marcha de Cães da Raça Golden Retriever Saudáveis. 2006. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SILVA JUNIOR, Adecir Cardoso da et al. Utilização de prótese ortopédica em bezerro / Use of orthopedic prosthesis in calf. Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research, Goiás, v. 3, n. 4, p. 3357-3368, 20 set. 2020. BJAER - Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. <http://dx.doi.org/10.34188/bjaerv3n4-047>
- OLIVEIRA, Thiago H. B. de; SILVA, Gabriel de França Pereira e. Introdução a Modelagem 3D com Blender 3D. 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/17399404-Introducao-a-modelagem-3d-com-blender-3d.html>. Acesso em: 10 jan. 2021.